

I

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

Règlement n° 49 de la Commission économique pour l'Europe des Nations unies (CEE-ONU) — Prescriptions uniformes relatives à l'homologation des moteurs à allumage par compression (APC) et des moteurs fonctionnant au gaz naturel (GN), ainsi que des moteurs à allumage commandé fonctionnant au gaz de pétrole liquéfié (GPL) et des véhicules équipés de moteurs APC, de moteurs fonctionnant au gaz naturel et de moteurs à allumage commandé fonctionnant au gaz de pétrole liquéfié, en ce qui concerne les émissions de polluants par le moteur

Révision 3

Comprenant:

La série 01 d'amendements — Date d'entrée en vigueur: 14 mai 1990

La série 02 d'amendements — Date d'entrée en vigueur: 30 décembre 1992

Le rectificatif 1 à la série 02 d'amendements faisant l'objet de la notification dépositaire
C.N.232.1992.TREATIES 32 du 11 septembre 1992

Le rectificatif 2 à la série 02 d'amendements faisant l'objet de la notification dépositaire
C.N.353.1995.TREATIES-72 du 13 novembre 1995

Le rectificatif 1 à la révision 2 (Erratum — anglais seulement)

Le complément 1 à la série 02 d'amendements — Date d'entrée en vigueur: 18 mai 1996

Le complément 2 à la série 02 d'amendements — Date d'entrée en vigueur: 28 août 1996

Le rectificatif 1 au complément 1 à la série 02 d'amendements faisant l'objet de la notification dépositaire
C.N.426.1997.TREATIES-96 du 21 novembre 1997

Le rectificatif 2 au complément 1 à la série 02 d'amendements faisant l'objet de la notification dépositaire
C.N.272.1999.TREATIES-2 du 12 avril 1999

Le rectificatif 1 au complément 2 à la série 02 d'amendements faisant l'objet de la notification dépositaire
C.N.271.1999.TREATIES-1 du 12 avril 1999

Série 03 d'amendements — Date d'entrée en vigueur: 27 décembre 2001

Série 04 d'amendements — Date d'entrée en vigueur: 31 janvier 2003

1. DOMAINE D'APPLICATION

Le présent Règlement s'applique à l'émission de polluants gazeux et particulaires par les moteurs APC, les moteurs fonctionnant au gaz naturel (GN) et les moteurs à allumage commandé fonctionnant au gaz de pétrole liquéfié (GPL), qui servent à entraîner les véhicules automobiles ayant une vitesse nominale supérieure à 25 km/h et appartenant aux catégories ^{1/2/} M₁ de masse totale supérieure à 3,5 tonnes, M₂, M₃, N₁, N₂ et N₃.

2. DÉFINITIONS ET ABRÉVIATIONS

Aux fins du présent Règlement, on entend par:

- 2.1. "cycle d'essai", une séquence de points d'essai, dont chacun est défini par un régime et un couple, qui doit être exécutée avec le moteur en conditions stabilisées (essai ESC) ou en conditions transitoires (essais ETC et ELR);
- 2.2. "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 d'émissions de gaz polluants et de particules polluantes;
- 2.3. "moteur diesel", un moteur qui fonctionne selon le principe de l'allumage par compression;

"moteur à gaz", un moteur alimenté au gaz naturel (GN) ou au gaz de pétrole liquéfié (GPL);
- 2.4. "type de moteur", une catégorie de moteurs qui ne présentent pas entre eux de différences quant aux aspects essentiels tels que les caractéristiques principales du moteur définies à l'annexe 1 au présent Règlement;
- 2.5. "famille de moteurs", un groupe de moteurs défini par le constructeur qui, de par leurs caractéristiques de construction telles qu'elles sont énumérées à l'appendice 2 de l'annexe 1 au présent Règlement ont des caractéristiques similaires en matière d'émissions d'échappement; tous les membres d'une même famille doivent satisfaire aux valeurs limites d'émission applicables;
- 2.6. "moteur parent", un moteur sélectionné dans une famille de moteurs de telle manière que ses caractéristiques d'émissions soient représentatives de cette famille de moteurs;
- 2.7. "gaz polluants", le monoxyde de carbone, les hydrocarbures (sur la base d'un taux de CH_{1,85} pour le carburant diesel, de CH_{2,525} pour le GPL et de CH_{2,93} pour le gaz naturel (HCNM), et d'une molécule supposée de CH_{3O0,5} pour les moteurs diesel à

1/ Conformément à l'annexe 7 de la Résolution d'ensemble sur la construction des véhicules (R.E.3), (TRANS/WP.29/78/Rev.1/Amend.2).

2 Les moteurs utilisés par les véhicules à moteur des catégories N₁, N₂ et M₂ ne sont pas soumis aux prescriptions du présent Règlement à condition que ces véhicules soient homologués conformément au Règlement n° 83.

l'éthanol), les hydrocarbures non méthaniques (sur la base d'un taux de $\text{CH}_1,85$ pour le carburant diesel, de $\text{CH}_2,525$ pour le GPL et de $\text{CH}_2,93$ pour le gaz naturel), le méthane (sur la base d'un taux de CH_4 pour le gaz naturel) et les oxydes d'azote, ces derniers étant exprimés en équivalent en dioxyde d'azote (NO_2);

"particules polluantes", les matières recueillies sur un support filtre prescrit après passage de gaz d'échappement, au préalable dilués avec de l'air propre filtré de telle manière que leur température ne dépasse pas 325 K (52°C);

- 2.8. "fumées", les particules en suspension dans le flux de gaz d'échappement d'un moteur diesel qui absorbent, réfléchissent ou réfractent la lumière;
- 2.9. "puissance nette", la puissance en "kW CEE" mesurée au banc d'essai en bout du vilebrequin ou de l'organe équivalent, conformément à la méthode de mesure définie dans le Règlement n° 24;
- 2.10. "puissance maximale déclarée (P_{max})", la puissance maximale en kW CEE (puissance nette) déclarée par le constructeur dans sa demande d'homologation;
- 2.11. "taux de charge", la proportion du couple maximal disponible utilisée à un régime donné du moteur;
- 2.12. "cycle d'essai ESC", un cycle d'essai comportant 13 modes en conditions stabilisées, à appliquer conformément au paragraphe 5.2 du présent Règlement;
- 2.13. "cycle d'essai ELR", un cycle d'essai comportant une séquence de mises en charge à régime moteur constant, à appliquer conformément au paragraphe 5.2 du présent Règlement;
- 2.14. "cycle d'essai ETC", un cycle d'essai comportant 1 800 modes transitoires seconde par seconde à appliquer conformément au paragraphe 5.2 du présent Règlement;
- 2.15. "plage de régime d'utilisation du moteur", la plage de régime moteur la plus fréquemment utilisée lors du fonctionnement du moteur en conditions réelles, comprise entre le régime inférieur et le régime supérieur, comme défini dans l'annexe 4 au présent Règlement;
- 2.16. "régime inférieur (n_{inf})", le régime le plus bas du moteur où puissent être obtenus 50 % de la puissance maximale déclarée;
- 2.17. "régime supérieur (n_{sup})", le régime du moteur le plus élevé où puissent être obtenus 70 % de la puissance maximale déclarée;
- 2.18. "régimes A, B et C", les régimes d'essai, compris dans la plage des régimes d'utilisation du moteur, à appliquer pour les essais ESC et ELR, tels qu'ils sont décrits à l'appendice 1 de l'annexe 4 du présent Règlement;

- 2.19. "zone de contrôle", la zone comprise entre les régimes A et C et entre les taux de charge de 25 à 100 %;
- 2.20. "régime de référence (n_{ref})", la valeur de régime à 100 % à appliquer pour dénormaliser les valeurs de régime relatives à l'essai ETC tel qu'il est décrit à l'appendice 2 de l'annexe 4 du présent Règlement;
- 2.21. "opacimètre", un instrument destiné à mesurer l'opacité des particules de fumées selon le principe d'extinction de la lumière;
- 2.22. "gamme de gaz naturel", l'une des gammes H ou L définies dans la norme européenne EN 437 de novembre 1993;
- 2.23. "auto-adaptabilité", la fonction de tout dispositif du moteur permettant de maintenir constant le rapport air/carburant;
- 2.24. "recalage", un système de réglage fin d'un moteur à gaz naturel destiné à maintenir les performances (puissance, consommation de carburant) avec une autre gamme de gaz naturel;
- 2.25. "indice de Wobbe (W_{inf} ou W_{sup})", le rapport du pouvoir calorifique correspondant d'un gaz par unité de volume à la racine carrée de sa densité relative dans les mêmes conditions de référence:

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

- 2.26. "coefficient de recalage λ ($S\lambda$)", une expression qui décrit la souplesse de réglage 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 8 pour la détermination de $S\lambda$);
- 2.27. "EEV", un véhicule à émissions de polluants réduites (Environmentally Friendly Vehicle), à savoir un type de véhicule mu par un moteur qui satisfait aux valeurs limites facultatives d'émissions indiquées à la ligne C des tableaux figurant au paragraphe 5.2.1 du présent Règlement;
- 2.28. "dispositif d'invalidation", tout dispositif qui mesure, détecte ou réagit à des variables de marche (par exemple vitesse du véhicule, régime du moteur, vitesse enclenchée, température, pression d'admission ou tout autre paramètre) en vue d'actionner, de moduler, de retarder ou de désactiver le fonctionnement d'un composant ou d'une fonction du système antipollution de manière à en réduire l'efficacité dans des conditions normales d'utilisation du véhicule, à moins que l'usage d'un tel dispositif ne soit largement pris en compte dans les procédures d'essai de certification appliquées en matière d'émissions.

- 2.29. "dispositif de contrôle auxiliaire", tout système, toute fonction ou stratégie de contrôle installée sur un moteur ou un véhicule, utilisée pour protéger le moteur et/ou son équipement auxiliaire contre des conditions de marche susceptibles d'entraîner détériorations ou pannes, ou utilisée pour faciliter le démarrage du moteur. Un dispositif de contrôle auxiliaire peut également être une stratégie ou une mesure dont il a été démontré de façon satisfaisante qu'il ne s'agissait pas d'un dispositif d'invalidation
- 2.30. "stratégie irrationnelle de contrôle des émissions", toute stratégie ou tout dispositif qui, lorsque le véhicule fonctionne dans des conditions normales d'utilisation, réduit l'efficacité du système de contrôle des émissions à un niveau inférieur à celui anticipé par la procédure d'essai applicable en matière d'émissions.

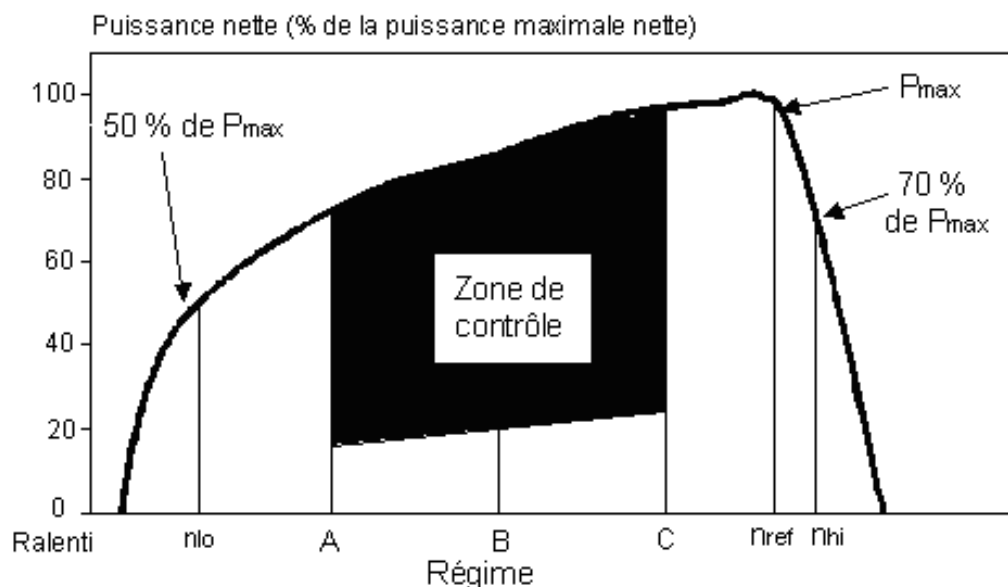


Figure 1: Paramètres relatifs aux cycles d'essai

2.31. Symboles et abréviations

2.31.1. Symboles des paramètres d'essai

<u>Symbole</u>	<u>Unité</u>	<u>Paramètre</u>
A_P	m^2	Aire de la section de la sonde de prélèvement isocinétique
A_T	m^2	Aire de la section du tuyau d'échappement
CE_E	-	Efficacité pour l'éthane
CE_M	-	Efficacité pour le méthane
$C1$	-	Hydrocarbures équivalents en carbone 1
conc	ppm / vol%	Indice désignant la concentration
D_0	m^3/s	Coordonnée à l'origine de la fonction d'étalonnage de la pompe volumétrique
DF	-	Facteur de dilution

<u>Symbole</u>	<u>Unité</u>	<u>Paramètre</u>
D	-	Constante de la fonction de Bessel
E	-	Constante de la fonction de Bessel
E _Z	g/kWh	Émissions interpolées de NO _x du point de contrôle
f _a	-	Facteur atmosphérique du laboratoire
f _c	s ⁻¹	Fréquence de coupure du filtre de Bessel
F _{FH}	-	Facteur spécifique du carburant pour le calcul de la concentration humide à partir de la concentration sèche
F _S	-	Facteur stœchiométrique
G _{AIRW}	kg/h	Débit-masse d'air à l'admission en conditions humides
G _{AIRD}	kg/h	Débit-masse d'air à l'admission en conditions sèches
G _{DILW}	kg/h	Débit-masse d'air de dilution en conditions humides
G _{EDFW}	kg/h	Débit-masse équivalent de gaz d'échappement dilués en conditions humides
G _{EXHW}	kg/h	Débit-masse de gaz d'échappement en conditions humides
G _{FUEL}	kg/h	Débit-masse de carburant
G _{TOTW}	kg/h	Débit-masse de gaz d'échappement dilués en conditions humides
H	MJ/m ³	Pouvoir calorifique
H _{REF}	g/kg	Valeur de référence d'humidité absolue (10,71 g/kg)
H _a	g/kg	Humidité absolue de l'air d'admission
H _d	g/kg	Humidité absolue de l'air de dilution
HTCRA	mol/mol	Rapport hydrogène/carbone
I	-	Indice désignant un mode individuel
K	-	Constante de Bessel
K	m ⁻¹	Coefficient d'absorption de la lumière
K _{H,D}	-	Facteur de correction d'humidité des NO _x pour moteurs diesel
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 des conditions sèches aux conditions humides pour l'air d'admission
K _{W,d}	-	Facteur de correction lors du passage des conditions sèches aux conditions humides pour l'air de dilution
K _{W,e}	-	Facteur de correction lors du passage des conditions sèches aux conditions humides pour les gaz d'échappement dilués
K _{W,r}	-	Facteur de correction lors du passage des conditions

<u>Symbole</u>	<u>Unité</u>	<u>Paramètre</u>
		sèches aux conditions humides pour les gaz d'échappement bruts
L	%	Pourcentage du couple maximal du moteur soumis à l'essai
L _a	m	Longueur effective du chemin optique
M		Pente de la fonction d'étalonnage de la pompe volumétrique
Mass	g/h ou g	Indice désignant le débit-masse d'émissions
M _{DIL}	kg	Masse de l'air de dilution traversant les filtres à particules
M _d	mg	Masse des particules collectées dans l'air de dilution
M _f	mg	Masse des particules collectées
M _{f,p}	mg	Masse des particules collectées sur le filtre primaire
M _{f,b}	mg	Masse des particules collectées sur le filtre secondaire
M _{SAM}	kg	Masse des gaz d'échappement dilués traversant les filtres à particules
M _{SEC}	kg	Masse de l'air de dilution secondaire
M _{TOTW}	kg	Masse totale de l'échantillon à volume constant sur la durée du cycle en conditions humides
M _{TOTW,i}	kg	Masse instantanée de l'échantillon à volume constant en conditions humides
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 moteur
n _p	s ⁻¹	Vitesse de la pompe volumétrique
n _{hi}	min ⁻¹	Régime supérieur
n _{lo}	min ⁻¹	Régime inférieur
n _{ref}	min ⁻¹	Régime de référence moteur pour l'essai ETC
p _a	kPa	Pression de vapeur saturante de l'air d'admission du moteur
p _A	kPa	Pression absolue
p _B	kPa	Pression atmosphérique totale
p _d	kPa	Pression de vapeur saturante de l'air de dilution
p _s	kPa	Pression atmosphérique sèche
p ₁	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 sur le banc
Ω	-	Constante de Bessel

<u>Symbole</u>	<u>Unité</u>	<u>Paramètre</u>
Q_s	m^3/s	Débit volumique de l'échantillon à volume constant
q	-	Taux de dilution
r	-	Rapport de l'aire de la section de la sonde isocinétique à celle du tuyau d'échappement
R_a	%	Humidité relative de l'air d'admission
R_d	%	Humidité relative de l'air de dilution
R_f	-	Taux de réponse du détecteur d'ionisation de flamme
ρ	kg/m^3	Masse volumique
S	kW	Étalonnage du dynamomètre
S_i	m^{-1}	Valeur instantanée des fumées
S_λ	-	Facteur de recalage λ
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 du filtre de Bessel
t_p	s	Temps de réponse physique
Δt	s	Intervalle de temps entre mesures de fumées successives (= 1/fréquence de prélèvement des échantillons)
Δt_i	s	Intervalle de temps pour le débit instantané du CFV
τ	%	Transmittance des fumées
V_0	m^3/rev	Débit volumique de la pompe volumétrique dans des conditions réelles
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
WF	-	Facteur de pondération
WF_E	-	Facteur de pondération effectif
X_0	m^3/rev	Fonction d'étalonnage du débit volumique de la pompe volumétrique
Y_i	m^{-1}	Moyenne de Bessel des fumées sur 1 s

2.31.2. 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
DOP	Di-octylphtalate
CO ₂	Dioxyde de carbone
HC	Hydrocarbures
NMHC	Hydrocarbures non méthaniques
NO _x	Oxydes d'azote
NO	Monoxyde d'azote
NO ₂	Dioxyde d'azote
PT	particules

2.31.3. Abréviations:

CFV	tube de venturi à écoulement critique
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
GC	chromatographe à gaz
HCLD	détecteur à chimiluminescence chauffé
HFID	détecteur d'ionisation de flamme chauffé
LPG	gaz de pétrole liquéfié
NDIR	analyseur non dispersif à absorption dans l'infrarouge
NG	gaz naturel
NMC	séparateur de méthane

3. DEMANDE D'HOMOLOGATION

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

3.1.1. La demande d'homologation d'un type de moteur en ce qui concerne le niveau d'émission de polluants gazeux et particulaires est présentée par le constructeur du moteur ou par son représentant dûment accrédité.

- 3.1.2. Elle doit être accompagnée des documents nécessaires en triple exemplaire et comporter au moins les caractéristiques essentielles du moteur comme indiqué dans l'annexe 1 du présent Règlement.
- 3.1.3. Un moteur conforme aux caractéristiques du "type de moteur" définies dans l'annexe 1 doit être présenté au service technique chargé de la conduite 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 type de véhicule en ce qui concerne les émissions de polluants gazeux et particulaires par son moteur est présentée par le constructeur du véhicule ou par son représentant dûment accrédité.
- 3.2.2. Elle doit être accompagnée des documents nécessaires en triple exemplaire et comporter au moins les informations suivantes:
- 3.2.2.1. Les caractéristiques essentielles du moteur comme indiqué dans l'annexe 1;
- 3.2.2.2. Une description des composants relatifs au moteur comme indiqué dans l'annexe 1;
- 3.2.2.3. Une copie de la communication d'homologation de type (annexe 2A) pour le type de moteur installé.
- 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 les émissions de polluants gazeux et de particules de son moteur ou de sa famille de moteurs diesel homologués, ou en ce qui concerne les émissions de polluants gazeux de son moteur ou de sa famille de moteurs à gaz homologués doit être soumise par le constructeur du véhicule ou son mandataire 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 ayant rapport avec le moteur portant sur les caractéristiques énumérées à l'annexe 1, dans la mesure où elles s'appliquent, et un exemplaire de la fiche d'homologation (annexe 2a) pour le moteur ou la famille de moteurs, selon le cas, en tant qu'entité technique séparée installée sur le type de véhicule.

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 en carburant diesel: si en application des paragraphes 3.1, 3.2 ou 3.3 du présent Règlement, le moteur ou le véhicule satisfait aux prescriptions des paragraphes 5, 6 et 7 ci-dessous avec le carburant de référence prescrit à l'annexe 5 de ce Règlement, l'homologation pour ce type de moteur ou de véhicule doit être accordée.
- 4.1.2. Dans le cas d'un moteur alimenté en gaz naturel, le moteur parent doit démontrer 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; par conséquent les carburants diffèrent sensiblement par leur pouvoir énergétique exprimé selon l'indice de Wobbe et leur facteur λ de recalage (S_λ). Les formules pour le calcul de l'indice de Wobbe et de S_λ sont données aux paragraphes 2.25 et 2.26. Les gaz naturels dont le facteur λ 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 GR (carburant 1) et G25 (carburant 2), tels qu'ils sont définis à l'annexe 6, 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 4.

- 4.1.2.1. À la demande du fabricant, le moteur peut être essayé avec un troisième carburant (carburant 3) si le facteur λ de recalage (S_λ) se situe entre 0,89 (c'est-à-dire la valeur inférieure de la gamme GR) et 1,19 (c'est-à-dire la valeur supérieure de la gamme G25), 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 6 pour chaque gamme. Les carburants sont GR (carburant 1) et G23 (carburant 3) pour la gamme de gaz H et G25 (carburant 2) et G23 (carburant 3) pour la gamme de 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 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 4.

- 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 λ de recalage (S_λ) se situe entre 0,89 (c'est-à-dire la valeur inférieure de la gamme GR) et 1,19 (c'est-à-dire la valeur supérieure de la gamme G25), 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.
- 4.1.4. 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 C_3/C_4 . 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 7, 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 4.

- 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 carburants

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

- 4.2.1. Homologation, en ce qui concerne les émissions de gaz 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 6 pour la gamme en question. Les carburants sont GR (carburant 1) et G23 (carburant 3) pour la gamme de gaz H et G25 (carburant 2) et G23 (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 4.

- 4.2.1.1. 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 ($S\lambda$) se situe entre 0,89 (c'est-à-dire la valeur inférieure de la gamme GR) et 1,19 (c'est-à-dire la valeur supérieure de la gamme G25), 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.
- 4.2.1.2. 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 GR et G25 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 7.

Entre les essais, un réglage fin du système d'alimentation est admis.

Celui-ci consiste en un ré-étalonnage 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 GR et G23 ou avec les carburants de référence G25 et G23, 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

	Paragraphe 4.1 Homol. universelle pour tout carburant	Nombre d'essais à exécuter	Calcul de "r"	Paragraphe 4.2 Homologation restreinte à une gamme de carburants	Nombre d'essais à exécuter	Calcul de "r"
Voir paragraphe 4.1.2: Moteur adapté à toute composition de carburant	GR (1) et G25 (2) À la demande du constructeur, le moteur peut être essayé avec un autre carburant du commerce (3), si $S_i = 0,89 - 1,19$	2 (max. 3)	$r = \frac{\text{carburant 2 (G25)}}{\text{carburant 1 (GR)}}$ <p>et, si essayé avec un autre carburant</p> $r_a = \frac{\text{carburant 2 (G25)}}{\text{carburant 3 (commercial)}}$ <p>et</p> $r_b = \frac{\text{carburant 1 (GR)}}{\text{carburant 3 (G 23 ou carburant commercial)}}$			Calcul de "r"
Voir paragraphe 4 .1.3: Moteur auto-adaptabl e avec commutateur	GR (1) et G23 (3) pour H et G25 (2) et G23 (3) pour L À la demande du constructeur, le moteur peut être essayé avec un carburant du commerce (3) au lieu de G23 si $S_i = 0,89 - 1,19$	2 pour la gamme H et 2 pour la gamme L à la position concernée du commutateur 4	$r_b = \frac{\text{carburant 1 (GR)}}{\text{carburant 3 (G23 ou carburant commercial)}}$ <p>et</p> $r_a = \frac{\text{carburant 2 (G25)}}{\text{carburant 3 (G23 ou carburant commercial)}}$			
Voir paragraphe 4 2.1: Moteur équipé pour fonctionner soit sur gamme de gaz H, soit sur gamme L				GR (1) et G23 (3) pour H ou G25 (2) et G23 (3) pour L À la demande du constructeur, le moteur peut être essayé avec un carburant du commerce (3) au lieu de G23 si $S_i = 0,89 - 1,19$	2 pour la gamme H ou 2 pour la gamme L 2	$r_b = \frac{\text{carburant 1 (GR)}}{\text{carburant 3 (G23 ou carb. commercial)}}$ <p>pour la gamme H</p> <p>ou</p> $r_a = \frac{\text{carburant 2 (G25)}}{\text{carburant 3 (G23 ou carb. commercial)}}$ <p>pour la gamme L</p>

<p>Voir paragraphe 4 .2.2: Moteur équipé pour fonctionner avec une composition donnée de carburant</p>				<p>GR (1) et G25 (2), réglage fin admis entre les essais</p> <p>À la demande du constructeur, le moteur peut être essaye avec GR (1) et G23 (3) pour H ou G25 (2) et G23 (3) pour L.</p>	<p>2 ou 2 pour la gamme H ou 2 pour la gamme L</p>	
--	--	--	--	--	--	--

HOMOLOGATION DE MOTEURS ALIMENTÉS AU GPL

	Paragraphe 4.1 Homol. universelle pour tout carburant	Nombre d'essais à exécuter	Calcul de "r"	Paragraphe 4.2 Homol. 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 paragraphe 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 soit au paragraphe 4.1, soit 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, l'autorité d'homologation peut décider de sélectionner un autre moteur, et, si nécessaire un moteur supplémentaire d'essai de référence, et l'essayer, 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 du Règlement.

4.4. Chaque homologation comporte l'attribution d'un numéro d'homologation dont les deux premiers chiffres (actuellement 04 correspondant à la série 04 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 pas 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'homologation 3/

3/ 1 pour l'Allemagne, 2 pour la France, 3 pour l'Italie, 4 pour les Pays-Bas, 5 pour la Suède, 6 pour la Belgique, 7 pour la Hongrie, 8 pour la République tchèque, 9 pour l'Espagne, 10 pour la Serbie-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, 25 pour la Croatie, 26 pour la Slovénie, 27 pour la Slovaquie, 28 pour le Belarus, 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 numéro CEE), 43 pour le Japon, 44 (libre), 45 pour l'Australie, 46 pour l'Ukraine, 47 pour l'Afrique

- 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 4.4.1.
- 4.6.3. d'un symbole supplémentaire placé après la lettre "R", qui doit indiquer le niveau de valeurs limites d'émissions pour lequel l'homologation a été accordée. Pour les homologations délivrées en conformité aux valeurs limites figurant à la ligne A des tableaux applicables du paragraphe 5.2.1, la lettre "R" doit être suivie du chiffre romain "I". Pour les homologations délivrées en conformité aux valeurs limites figurant à la ligne B1 des tableaux applicables du paragraphe 5.2.1, la lettre "R" doit être suivie du chiffre romain "II". Pour les homologations délivrées en conformité aux valeurs limites figurant à la ligne B2 des tableaux applicables au paragraphe 5.2.1, la lettre "R" doit être suivie du chiffre romain "III". Pour les homologations délivrées en conformité aux valeurs limites figurant à la ligne C des tableaux applicables du paragraphe 5.2.1, la lettre "R" doit être suivie du chiffre romain "IV".
- 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. Lt 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.

du Sud, 48 pour la Nouvelle-Zélande, 49 pour Chypre, 50 pour Malte et 51 pour la République de Corée. 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.

- 4.7. Si le véhicule ou le moteur est conforme à un type homologué conformément à 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 DU 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 DU GAZ NATUREL RÉPONDANT À LA SPÉCIFICATION...', ou 'UTILISER SEULEMENT AVEC DU GPL RÉPONDANT À LA SPÉCIFICATION...', selon le cas. Toutes les informations des tableaux applicables de l'annexe 6 ou de l'annexe 7 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, une notice explicative contenant toutes les informations mentionnées ci-dessus doit être placée de manière bien accessible 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 cette notice explicative seront déterminés par accord entre le constructeur et l'autorité d'homologation.

4.11.2. Durabilité

Les étiquettes doivent avoir une durabilité 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 telle manière qu'elles soient 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 de contrôle des émissions

5.1.1.1. Les éléments 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 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. Fonctions de l'équipement de contrôle des émissions
- 5.1.2.1. L'utilisation d'un dispositif d'invalidation et/ou d'une stratégie irrationnelle de contrôle des émissions est interdite
- 5.1.2.2. Un dispositif de contrôle auxiliaire peut être installé sur un moteur, ou sur un véhicule, à condition que ce dispositif:
- 5.1.2.2.1. opère uniquement en dehors des conditions spécifiées au paragraphe 5.1.2.4, ou
- 5.1.2.2.2. ne soit activé que temporairement dans les conditions spécifiées au paragraphe 5.1.2.4, à des fins telles que la protection du moteur, la protection du dispositif de contrôle d'admission d'air, la gestion des fumées, le démarrage à froid ou la mise en température, ou
- 5.1.2.2.3. ne soit activé que par des signaux embarqués à des fins telles que la sécurité de fonctionnement et des stratégies de "limp-home".
- 5.1.2.3. Un dispositif, une fonction, un système ou une mesure de contrôle du moteur opérant durant les conditions spécifiées à la section 5.1.2.4 et qui entraînent l'utilisation d'une stratégie de contrôle de moteur différente ou modifiée par rapport à la stratégie normalement utilisée durant les cycles d'essai d'émission applicable seront autorisés si, conformément aux exigences des sections 5.1.3 et/ou 5.1.4, il est intégralement démontré que la mesure ne réduit pas l'efficacité du système de contrôle des émissions. Dans tous les autres cas, de tels dispositifs seront considérés comme un dispositif d'invalidation.
- 5.1.2.4. Aux fins du paragraphe 5.1.2.2, les conditions d'utilisation définies en conditions stables et transitoires sont les suivantes:
- (i) une altitude n'excédant pas 1 000 mètres (ou pression atmosphérique équivalente de 90 kPa);
 - (ii) une température ambiante comprise dans la plage 283-303 K (10-30°C);
 - (iii) une température de liquide de refroidissement moteur comprise dans la fourchette 343-368 K (70-95° C).
- 5.1.3. Exigences spéciales relatives aux systèmes électroniques de contrôle d'émission
- 5.1.3.1. Prescriptions en matière de documentation
- Le fabricant fournit un dossier de documentation donnant accès à la conception de base du système et aux moyens par lesquels celui-ci contrôle ses variables, qu'il s'agisse d'un contrôle direct ou indirect.

La documentation se compose de deux parties:

- a) le dossier officiel de documentation fourni au service technique au moment de la présentation de la demande d'homologation, inclut une description complète du système. Cette documentation peut être concise à condition qu'elle puisse justifier que toutes les valeurs autorisées par une matrice obtenue à partir de la gamme de contrôle des "inputs" d'unité individuelle ont été identifiées. Cette information sera jointe à la documentation requise au paragraphe 3 du présent Règlement.
- b) des éléments supplémentaires indiquant les paramètres modifiés par tout dispositif de contrôle auxiliaire et les conditions limites dans lesquelles opère le dispositif. Ces éléments supplémentaires incluent une description de la logique de contrôle du système de carburation, les stratégies de réglage et points de commutation durant tous les modes de fonctionnement.

Ils contiennent également une justification de l'utilisation de tout dispositif de contrôle auxiliaire ainsi que des données matérielles et d'essais supplémentaires destinés à démontrer l'effet sur les émissions d'échappement de tout dispositif de contrôle auxiliaire installé sur le moteur ou le véhicule.

Cette information demeure strictement confidentielle et est conservée par le fabricant mais communiquée pour inspection au moment de l'homologation, ou à tout moment pendant la validité de celle-ci.

- 5.1.4. Pour vérifier si une stratégie ou mesure doit être considérée comme un dispositif d'invalidation ou une stratégie irrationnelle de contrôle d'émission d'après les définitions fournies aux paragraphes 2.28 et 2.30, l'organisme chargé de l'homologation et/ou le service technique peuvent exiger en outre un essai de mesure de 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 production.
- 5.1.4.1. Comme alternative aux prescriptions de l'appendice 4 à l'annexe 4 du présent Règlement, les émissions de NO_x au cours de l'essai ETC peuvent être échantillonnées en utilisant le gaz d'échappement brut en suivant les prescriptions techniques ISO FDIS 16183 du 15 septembre 2001.
- 5.1.4.2. En vérifiant si une stratégie ou mesure peut être considérée comme un dispositif d'invalidation ou une stratégie de contrôle d'émission irrationnelle d'après les définitions fournies aux paragraphes 2.28 et 2.30, une marge additionnelle de 10 % relative à la valeur limite appropriée de NO_x est acceptée.

5.2. Aux fins de l'homologation conformément aux valeurs limites de la ligne A des tableaux du paragraphe 5.2.1, les émissions doivent être déterminées dans le cadre d'essais ESC et ELR pour les moteurs diesel classiques y compris ceux munis d'un système d'injection électronique du carburant, d'un système de recyclage des gaz d'échappement et/ou d'un catalyseur d'oxydation. Les moteurs diesel équipés de systèmes évolués de traitement aval des gaz d'échappement, notamment de catalyseurs de NO_x et/ou de filtres à particules, doivent en outre subir l'essai ETC.

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 par l'essai ETC.

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

Les émissions de polluants gazeux et de particules du moteur soumis aux essais, lorsqu'il y a lieu, doivent être mesurées par la méthode décrite à l'annexe 4. L'appendice 4 de l'annexe 4 décrit les systèmes d'analyse recommandés pour les gaz polluants ainsi que les systèmes d'échantillonnage recommandés pour les particules. D'autres systèmes ou analyseurs peuvent être approuvés par le service technique s'il est démontré qu'ils donnent des résultats équivalents. Pour un laboratoire isolé, l'équivalence est définie de manière que les résultats des essais ne dépassent pas de $\pm 5\%$ les résultats des essais d'un des systèmes de référence qui y sont décrits. Pour les émissions de particules, seul le système de dilution en circuit principal est reconnu comme système de référence. 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 lors d'un essai interlaboratoires, tel qu'il est 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.

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 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 (NOx) 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 3000 min⁻¹.

Tableau 2 Valeurs limites - Essai ETC^(b)

Ligne	Masse de monoxyde de carbone (CO) g/kWh	Masse d'hydrocarbures non méthaniques (NMHC) g/kWh	Masse de méthane (CH ⁴) ^(c) g/kWh	Masse d'oxydes d'azote (NOx) g/kWh	Masse de particules (PT) ^(d) g/kWh
A (2000)	5,45	0,78	1,6	5,0	0,16 0,21 ^(a)
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 ayant une cylindrée unitaire de moins de 0,75 dm³ et un régime de puissance nominale de plus de 3000 min⁻¹.

(b) Les conditions de vérification de l'acceptabilité des essais ETC (voir le paragraphe 3.9 de l'appendice 2 de l'annexe 4) lors de la comparaison des émissions des moteurs à gaz avec

les valeurs limites applicables à la ligne A doivent être réexaminées et si nécessaire modifiées conformément à la procédure définie dans la Résolution d'ensemble R.E.3.

- (c) Pour les moteurs à gaz naturel seulement.
- (d) Ne s'applique pas aux moteurs à gaz au stade A ni aux stades B1 et B2.

5.2.2. Mesure des 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 4.6.2 et 4.6.3 de l'appendice 1 de l'annexe 4).

5.2.3.2. La valeur de fumées obtenue 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.

6. INSTALLATION SUR LE VÉHICULE

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

6.1.1. La dépression à l'admission ne devra pas dépasser celle spécifiée pour le moteur homologué dans l'annexe 2A.

6.1.2. La contre-pression à l'échappement ne devra pas dépasser celle spécifiée pour le moteur homologué dans l'annexe 2A.

6.1.3. La puissance absorbée par les auxiliaires nécessaires au fonctionnement du moteur ne doit pas dépasser celle 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, déterminée par le constructeur du moteur, se définit par des caractéristiques fondamentales qui sont communes aux moteurs de cette famille. Dans certains cas, il peut y avoir interactions entre les différents paramètres. Ces effets doivent aussi être pris en considération de manière que seuls des moteurs ayant des caractéristiques semblables en matière d'émissions soient inclus dans une même famille.

Pour pouvoir être considérés comme appartenant à la même famille, des moteurs doivent avoir en commun les paramètres fondamentaux énumérés ci-après:

7.1.1. Cycle:

2 temps

4 temps

7.1.2. Agent de refroidissement:

- air

- eau

- huile

7.1.3. Pour les moteurs à gaz et les moteurs à traitement aval des gaz d'échappement:

- 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:

- la plage totale de variation entre moteurs ne doit pas dépasser 15 %

7.1.5. Mode d'aspiration:

- atmosphérique

- suralimenté

- suralimenté avec refroidisseur intermédiaire

- 7.1.6. Type et conception de la chambre de combustion:
- chambre de précombustion
 - chambre de turbulence
 - chambre ouverte
- 7.1.7. Soupapes et conduits — configuration, dimension et nombre:
- dans la culasse
 - dans la paroi du cylindre
 - dans le carter moteur
- 7.1.8. Système d'injection de carburant (moteur diesel)
- pompe-tuyau-injecteur
 - pompe en ligne
 - pompe à distributeur
 - rampe haute pression
 - injecteur-pompe
- 7.1.9. Système d'alimentation en carburant (moteurs à gaz):
- mélangeur
 - système d'injection gazeuse (monopoint, multipoint)
 - système d'injection liquide (monopoint, multipoint)
- 7.1.10. Système d'allumage (moteurs à gaz)
- 7.1.11. Caractéristiques particulières:
- recyclage des gaz d'échappement
 - injection/émulsion d'eau
 - injection d'air secondaire
 - refroidissement de l'air de suralimentation
- 7.1.12. Traitement aval des gaz d'échappement
- catalyseur trifonctionnel
 - catalyseur d'oxydation
 - catalyseur de réduction
 - réacteur thermique
 - 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 course 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 course 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 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.

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:

le débit de carburant le plus élevé par course au régime de la puissance nominale déclarée;

l'avance à l'allumage la plus grande;

le taux le plus faible de recyclage des gaz d'échappement;

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.

8. CONFORMITÉ DE LA PRODUCTION

Les mesures pour garantir la conformité de la production doivent être conformes à celles énoncées à 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 du 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 n'est pas satisfaite de l'écart type de production indiqué 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 échantillon 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 4.
- 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 8.4.2.2, avec un maximum de 100 h. 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 8.4.2.2.1, celui-ci peut porter:

– soit sur tous les moteurs essayés,

ou

- sur le premier moteur essayé, auquel est affecté un coefficient d'évolution déterminé comme suit:
- les émissions de polluants sont mesurées à zéro heure et à "x" heures sur le premier moteur,

$$\frac{\text{Émissions "x" heures}}{\text{Émissions zéro heures}}$$

- le coefficient d'évolution des émissions entre l'heure zéro et l'heure "x" est calculé pour chaque polluant:

Ce coefficient peut être inférieur à un.

Les autres moteurs ne seront pas soumis au rodage, mais leurs émissions à zéro heure seront affectées de ce coefficient d'évolution.

Dans ce cas, les valeurs à retenir seront les suivantes:

- les valeurs à "x" heures pour le premier moteur,
- 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 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.

- 8.3.2.4. Pour les moteurs à gaz naturel, tous ces essais peuvent être effectués avec du carburant du commerce de la manière suivante:
- (i) dans le cas des moteurs portant le repère H, avec un carburant du commerce de la gamme H ($0,89 \leq S_{\lambda} \leq 1,00$);
 - (ii) dans le cas des moteurs portant le repère L, avec un carburant du commerce de la gamme L ($1,00 \leq S_{\lambda} \leq 1,19$);
 - (iii) dans le cas des moteurs portant le repère HL, avec un carburant du commerce dont le facteur de recalage S_{λ} se situe entre les valeurs extrêmes ($0,89 \leq S_{\lambda} \leq 1,19$).

À la demande du constructeur toutefois, les carburants de référence définis à l'annexe 6 peuvent être utilisés. Cela implique d'effectuer des essais comme il est prescrit au paragraphe 4 du présent Règlement.

- 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", "ra" ou "rb" définis dans les paragraphes 4.1.4, 4.1.5.1 et 4.2.1.2. Si r, ra ou rb 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 le cas des moteurs fonctionnant au gaz naturel et carburants A et B dans le cas des moteurs fonctionnant au 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.

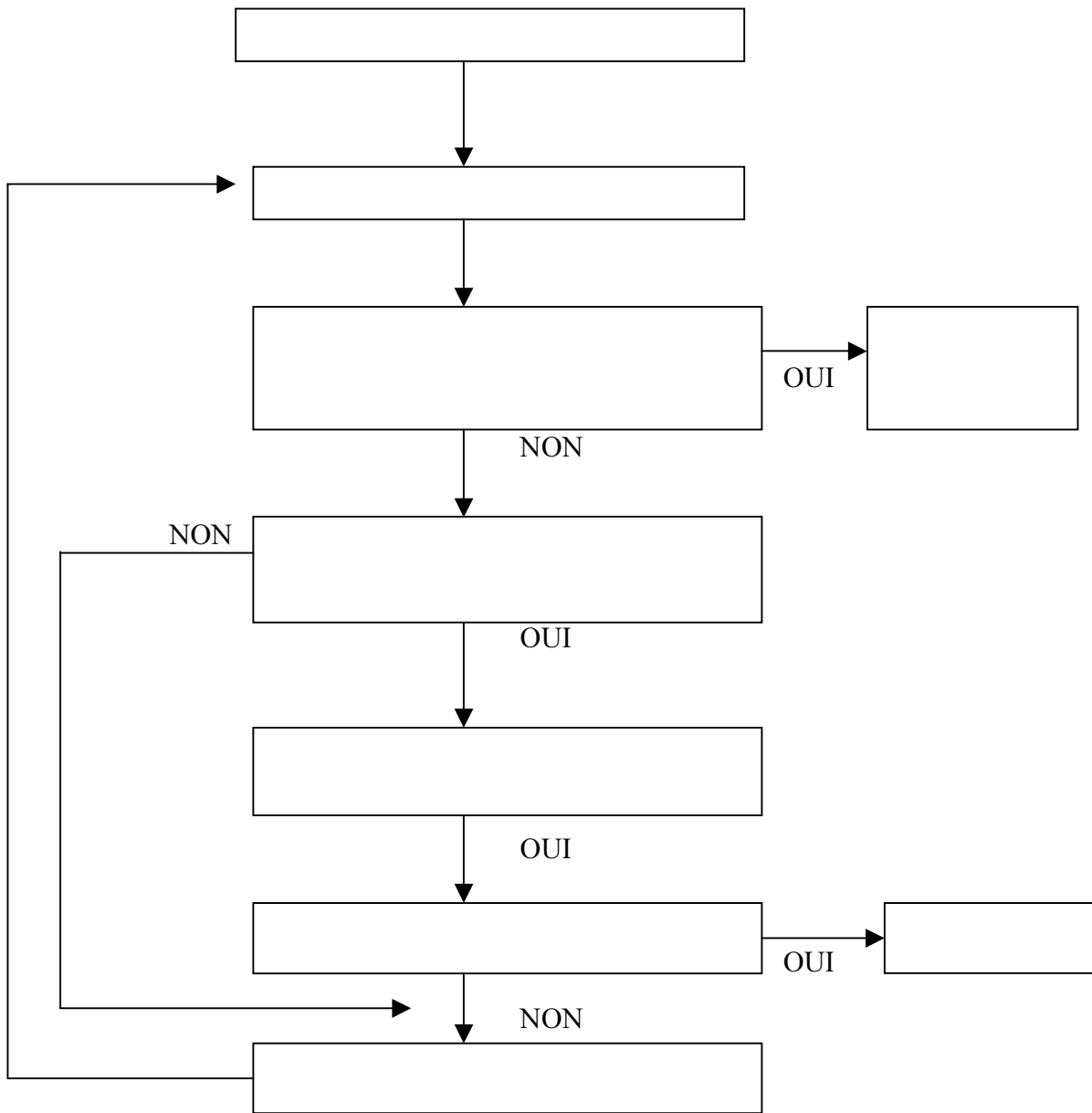


Figure 2: Diagramme logique des essais de conformité de la production

9. SANCTIONS POUR NON-CONFORMITÉ DE LA PRODUCTION

9.1. 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.

9.2. Au cas où une Partie contractante à l'Accord appliquant le présent Règlement retirerait une homologation qu'elle a précédemment accordée, elle en informera 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.

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

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

10.1.1. 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;

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

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

10.3. 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.

11. 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 en informera l'autorité qui a délivré l'homologation, laquelle à son tour, le notifiera 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.

12. DISPOSITIONS TRANSITOIRES

12.1. Généralités

12.1.1. À dater de l'entrée en vigueur de la série 04 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 04 d'amendements.

12.1.2. À dater de l'entrée en vigueur de la série 04 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 04 d'amendements.

Le moteur doit être soumis aux essais applicables décrits au paragraphe 5.2 du présent Règlement et doit, conformément au paragraphe 12.2.1, 12.2.2 et 12.2.3 ci-dessous, satisfaire aux valeurs limites d'émissions applicables, indiquées au paragraphe 5.2.1 du présent Règlement.

12.2. Nouvelles homologations de type

12.2.1. Sous réserve des dispositions du paragraphe 12.4.1, les Parties contractantes appliquant le présent Règlement, à dater de l'entrée en vigueur de la série 04 d'amendements au présent Règlement, ne doivent délivrer une homologation CEE pour un moteur que si celui-ci satisfait aux valeurs limites d'émissions applicables des lignes A, B1, B2 ou C des tableaux du paragraphe 5.2.1 du présent Règlement.

12.2.2. Sous réserve des dispositions du paragraphe 12.4.1, les Parties contractantes appliquant le présent Règlement, à compter du 1er octobre 2005, ne doivent délivrer une homologation CEE pour un moteur que si celui-ci satisfait aux valeurs limites d'émissions applicables des lignes B1, B2 ou C des tableaux du paragraphe 5.2.1 du présent Règlement.

12.2.3. Sous réserve des dispositions du paragraphe 12.4.1, les Parties contractantes appliquant le présent Règlement, à compter du 1er octobre 2008, ne doivent délivrer une homologation CEE pour un moteur que si celui-ci satisfait aux valeurs limites d'émissions applicables des lignes B2 ou C des tableaux du paragraphe 5.2.1 du présent Règlement.

12.3. Limite de validité des anciennes homologations de type

12.3.1. À l'exception des dispositions des paragraphes 12.3.2 et 12.3.3, à dater de l'entrée en vigueur de la série 04 d'amendements, les homologations de type délivrées conformément au présent Règlement modifié par la série 03 d'amendements cessent d'être valides, à moins que la Partie Contractante qui a délivré l'homologation n'informe les autres Parties Contractantes appliquant le présent Règlement que le type de moteur homologué satisfait aux dispositions du présent Règlement modifié par la série 04

d'amendements, telles qu'elles sont énoncées au paragraphe 12.2.1 ci-dessus.

12.3.2. Extension des homologations de type

12.3.2.1. Les paragraphes 12.3.2.2 et 12.3.2.3 ci-dessous ne sont applicables qu'aux moteurs nouveaux à allumage par compression et aux véhicules nouveaux propulsés par un moteur à allumage par compression qui ont été homologués conformément aux valeurs limites de la ligne A des tableaux du paragraphe 5.2.1 du présent Règlement.

12.3.2.2. Comme alternative aux paragraphes 5.1.3 et 5.1.4, le fabricant peut présenter au service technique les résultats d'un essai de mesure des NO_x en utilisant l'ETC sur le moteur conforme aux caractéristiques du moteur parent décrit à l'annexe 1, et compte tenu des dispositions des paragraphes 5.1.4.1 et 5.1.4.2. Le fabricant fournit également une déclaration écrite attestant que le moteur n'utilise pas de dispositif d'invalidation, ni de stratégie irrationnelle de contrôle d'émissions tels que définis au paragraphe 2 du présent Règlement.

12.3.2.3. Le constructeur fournit, en outre, une déclaration écrite attestant que les résultats de l'essai de mesure des NO_x et la déclaration relative au moteur parent, mentionnée au paragraphe 5.1.4, sont également valables pour tous les autres types de moteur appartenant à la famille de moteurs décrite à l'annexe 1.

12.3.3. Moteurs à gaz

À compter du 1er octobre 2003, les homologations de type délivrées à des moteurs à gaz conformément au présent Règlement, modifié par la série 03 d'amendements, cessent d'être valides, à moins que la Partie Contractante qui a délivré l'homologation n'informe les autres Parties Contractantes appliquant le présent Règlement que le type de moteur homologué satisfait aux dispositions du présent Règlement modifié par la série 04 d'amendements, telles qu'elles sont énoncées au paragraphe 12.2.1 ci-dessus.

12.3.4. À compter du 1er octobre 2006, les homologations de type délivrées en application du présent Règlement tel qu'il est modifié par la série 04 d'amendements cessent d'être valides, à moins que la Partie contractante qui a délivré l'homologation n'informe les autres Parties contractantes appliquant le présent Règlement que le type de moteur homologué satisfait aux dispositions du présent Règlement modifié par la série 04 d'amendements, telles qu'elles sont énoncées au paragraphe 12.2.2 ci-dessus.

12.3.5. À compter du 1er octobre 2009, les homologations de type délivrées en application du présent Règlement tel qu'il est modifié par la série 04 d'amendements cessent d'être valides, à moins que la Partie contractante qui a délivré l'homologation n'informe les autres Parties contractantes appliquant le présent Règlement que le type de moteur homologué satisfait aux dispositions du présent Règlement modifié par la série 04 d'amendements, telles qu'elles sont énoncées au paragraphe 12.2.3 ci-dessus.

12.4. Pièces de rechange pour véhicules en service

- 12.4.1. 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 04 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 de l'entrée en service du véhicule.

13. 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 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. 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. Ensuite:
 - si la statistique d'essai est supérieure au seuil de décision positive pour la taille de l'échantillon indiqué au tableau 3, une décision positive est prise pour le polluant considéré;
 - 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;

- 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.

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

Taille minimale de l'échantillon: 3

Nombre cumulé 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 donné 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

$$d_i = x_i - L$$

et

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

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

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 \overline{d}_n/V_n ; elle est utilisée pour déterminer si la série est acceptée ou refusée, comme suit:

Pour $m_0 \leq n \leq m$:

- la série est acceptée si $\overline{d}_n/V_n \leq A_n$
- la série est refusée si $\overline{d}_n/V_n \geq B_n$

– - la mesure est répétée si $A_n \leq \overline{d}_n / V_n \geq B_n$

6. Remarque:

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

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

$$V_n^2 = \left(1 - \frac{1}{n}\right) V_{n-1}^2 + \frac{(\overline{d}_n - d_n)^2}{n-1}$$

$$(n = 2, 3, \dots; \overline{d}_1 = d_1; V_1 = 0)$$

Tableau 4: Seuils d'acceptation et de refus pour le plan d'échantillonnage de l'appendice 2

Taille minimale de l'échantillon: 3

Nombre cumulé 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 accepté, 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' i ème moteur de l'échantillon,

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:
 - 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;
 - 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;
 - 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

Annexe 1CARACTÉRISTIQUES ESSENTIELLES DU MOTEUR (PARENT) ET RENSEIGNEMENTS
SUR LA CONDUITE DES ESSAIS ⁽¹⁾

1. DESCRIPTION DU MOTEUR

- 1.1. Constructeur:
- 1.2. Code constructeur du moteur
- 1.3. Cycle: quatre temps/deux temps ⁽²⁾
- 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 compression ⁽³⁾:
- 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 commandé ⁽²⁾
- 1.14. Carburant: diesel/GPL/GN-H/GN-L/GN-HL/éthanol ⁽¹⁾
- 1.15. Système de refroidissement
- 1.15.1. Par liquide
- 1.15.1.1. Nature du liquide:
- 1.15.1.2. Pompe(s) de circulation: oui/non ⁽²⁾
- 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/non ⁽²⁾
- 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: min.K, max. K
- 1.17. Dispositif de suralimentation: oui/non ⁽²⁾
- 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/non ⁽²⁾
- 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 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 kPa
Volume du système d'échappement: dm³

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/non ⁽²⁾
- 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):
- 2.2.2. Sonde à oxygène: oui/non ⁽²⁾
- 2.2.2.1. Marque(s):
- 2.2.2.2. Type:.....
- 2.2.2.3. Emplacement:.....
- 2.2.3. Injection d'air: oui/non ⁽²⁾
- 2.2.3.1. Type (pulsair, pompe à air, etc.)
- 2.2.4. Système de recyclage des gaz d'échappement: oui/non ⁽²⁾
- 2.2.4.1. Caractéristiques (débit, etc.):.....
- 2.2.5. Filtre à particules: oui/non ⁽²⁾
- 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:.....

2.2.6 . Autres systèmes: oui/non⁽²⁾

2.2.6.1. Description et mode de fonctionnement:.....

3. ALIMENTATION EN CARBURANT

3.1. Moteurs diesel

3.1.1. Pompe d'alimentation

Pression⁽³⁾: kPa ou diagramme caractéristique⁽²⁾:

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. Débit:mm³⁽³⁾ par course au régime moteur demin⁻¹ à pleine injection, ou diagramme caractéristique⁽²⁾⁽³⁾

.....
Indiquer la méthode utilisée: sur moteur/sur banc pour pompe⁽²⁾

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'injection⁽³⁾:.....

3.1.2.1.4.2. Calage statique de l'injection⁽³⁾:

3.1.2.2. Tuyauterie d'injection

3.1.2.2.1. Longueur:mm

3.1.2.2.2. Diamètre intérieur:mm

3.1.2.3. Injecteur(s)

3.1.2.3.1. Marque(s):

3.1.2.3.2. Type(s):.....

3.1.2.3.3. "Pression d'ouverture":kPa⁽³⁾
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 gaz⁽⁶⁾
- 3.2.1. Carburant: gaz naturel/GPL⁽²⁾
- 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 conformément au Règlement n°:
- 3.2.3. Système d'alimentation: par mélangeur/par injection gazeuse/par injection liquide/par injection directe⁽²⁾
- 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 conformément au Règlement n°
- 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 conformément au Règlement n°
- 3.2.5. Injection dans le collecteur d'admission

- 3.2.5.1. Injection: monopoint/multipoint ⁽²⁾
 - 3.2.5.2. Injection: continue / simultanée / séquentielle ⁽²⁾
 - 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 conformément au Règlement n°
 - 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 conformément au Règlement n°
 - 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 conformément au Règlement n°
- 3.2.6. Injection directe
 - 3.2.6.1. Pompe d'injection/régulateur de pression ⁽²⁾
 - 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 conformément au Règlement n°
 - 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 caractéristique ⁽³⁾:
 - 3.2.6.2.4. Numéro d'homologation conformément au Règlement n°
 - 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 d'homologations de moteurs délivrées pour plusieurs compositions de carburant données)

3.2.8.1.1. Composition du carburant:

méthane (CH ₄):	base:..... % mole	min..... % mole	max..... % mole
éthane (C ₂ H ₆):	base:..... % mole	min..... % mole	max..... % mole
propane (C ₃ H ₈):	base:..... % mole	min..... % mole	max..... % mole
butane (C ₄ H ₁₀):	base:..... % mole	min..... % mole	max..... % mole
C5/C5 +:	base:..... % mole	min..... % mole	max..... % mole
oxygène (O ₂):	base:..... % mole	min..... % mole	max..... % mole
gaz inerte (N ₂ , He, etc.):	base:..... % mole	min..... % mole	max..... % mole

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'homologations délivrées pour plusieurs compositions de carburant données)

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 réglage⁽²⁾:

5. SYSTÈME D'ALLUMAGE (MOTEURS À ALLUMAGE COMMANDÉ UNIQUEMENT)

5.1. Type de système d'allumage:

bobine commune – bougies/bobines individuelles – 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'allumage ⁽³⁾: 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.) selon les conditions de fonctionnement prescrites dans le Règlement n° 24.

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 si des auxiliaires nécessaires pour le fonctionnement du moteur ne sont pas montés sur celui-ci et/ou

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 inférieur	Régime supérieur	Régime A ⁽⁷⁾	Régime B ⁽⁷⁾	Régime C ⁽⁷⁾	Régime de Référence ⁽⁸⁾
P (a) Auxiliaires nécessaires pour le fonctionnement du moteur (puissance absorbée à soustraire de la puissance mesurée du moteur) voir point 6.1							
P (b) Auxiliaires non nécessaires pour le fonctionnement du moteur (puissance absorbée à ajouter à la puissance mesurée du moteur) voir point 6.2							

8. PERFORMANCES DU MOTEUR

8.1. Régimes moteur⁽⁹⁾Régime inférieur (n_{inf}):.....min⁻¹Régime supérieur (n_{sup}):.....min⁻¹

Pour les cycles ESC et ELR

Ralenti:min⁻¹Régime A:min⁻¹Régime B:min⁻¹Régime C:min⁻¹

Pour le cycle ETC

Régime de référence:min⁻¹

8.2. Puissance du moteur (mesurée conformément aux dispositions du Règlement n° 24) en kW

	Régime moteur				
	Ralenti	Régime A ⁽⁷⁾	Régime B ⁽⁷⁾	Régime C ⁽⁷⁾	Régime de Référence ⁽⁸⁾
P (m) Puissance mesurée sur le banc					
P (a) Puissance absorbée par les auxiliaires qui devraient être montés pour l'essai (point 6.1) - s'ils sont montés - 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 (point 6.2) - s'ils sont montés - s'ils ne sont pas montés	0	0	0	0	0
P (n) Puissance nette du moteur = P (m) – P (a) + P (b)					

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 peuvent 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 4.

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 4, en puissance nette ou en travail net sur le cycle, doit être soumise par le constructeur du moteur pour toute la zone de fonctionnement du cycle, et elle doit être approuvée par le service technique.

Notes:

- (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 les mentions inutiles.
 - (3) Spécifier les tolérances.
 - (6) Dans le cas de systèmes conçus différemment, fournir des informations équivalentes (aux fins du paragraphe 3.2).
 - (7) Essai ESC
 - (8) Essai ETC seulement.
 - (9) Indiquer les tolérances, celles-ci doivent être au maximum de $\pm 3 \%$ des valeurs déclarées par le constructeur.
-

Annexe 1 – Appendice 1

CARACTÉRISTIQUES DES ÉLÉMENTS DU VÉHICULE AYANT RAPPORT AVEC LE MOTEUR

1. Dépression du système d'admission à 100 % de charge, au régime nominal:kPa
2. Contre-pression du système d'échappement à 100 % de charge, au régime nominal: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

Auxiliaire	Puissance absorbée (kW) à divers régimes moteurs						
	Rale nti	Régime inférieur	Régime supérieur	Régime A ⁽¹⁾	Régime B ⁽¹⁾	Régime C ⁽¹⁾	Régime de Référence ⁽²⁾
P (a) Auxiliaires nécessaires pour le fonctionnement du moteur (puissance absorbée à soustraire de la puissance mesurée du moteur) voir point 6.1 de l'annexe 1							

(1) Essai ESC

(2) Essai ETC seulement.

Annexe 1 – Appendice 2

CARACTÉRISTIQUES ESSENTIELLES DE LA FAMILLE DE MOTEURS

1. PARAMÈTRES COMMUNS

- 1.1. Cycle:
- 1.2. Agent de refroidissement:
- 1.3. Nombre de cylindres⁽¹⁾
- 1.4. Cylindrée unitaire:
- 1.5. Mode d'aspiration:
- 1.6. Type et 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:
- refroidisseur intermédiaire⁽¹⁾:
 - recyclage des gaz d'échappement⁽¹⁾:
 - injection/émulsion d'eau⁽¹⁾:
 - injection d'air⁽¹⁾:
- 1.11. Traitement aval des gaz d'échappement⁽¹⁾:

Preuve d'un rapport identique (ou le plus bas pour le moteur parent) entre la capacité du système et le débit de carburant par course, 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})					
Débit de carburant par course (mm^3)					
Puissance nominale nette (kW)					
Régime de couple maximal (min^{-1})					
Débit de carburant par course (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 diesel:

2.2.1 Caractéristiques des moteurs appartenant à cette famille:

					Moteur parent
Type du moteur					
Nombre de cylindres					
Régime nominal (min ⁻¹)					
Débit de carburant par course (mm ³)					
Puissance nominale nette (kW)					
Régime de couple maximal (min ⁻¹)					
Débit de carburant par course (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 RGE					
Pompe à air: oui/non					
Débit réel de la pompe à air					

(1) Marquer "N/A" pour "non applicable".

Annexe 1 – Appendice 3

CARACTÉRISTIQUES ESSENTIELLES DU TYPE DE MOTEUR
DANS LA FAMILLE ⁽¹⁾

1. DESCRIPTION DU MOTEUR
 - 1.1. Constructeur:
 - 1.2. Code constructeur du moteur
 - 1.3. Cycle: quatre temps/deux temps ⁽²⁾
 - 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 compression ⁽³⁾:
 - 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 àmin⁻¹
 - 1.11. Régime moteur maximal autorisé:min⁻¹
 - 1.12. Couple maximal net:Nm àmin⁻¹
 - 1.13. Mode d'allumage: allumage par compression/allumage commandé ⁽²⁾
 - 1.14. Carburant: diesel/GPL/GN-H/GN-L/GN-HL/éthanol ⁽¹⁾
 - 1.15. Système de refroidissement
 - 1.15.1. Par liquide
 - 1.15.1.1. Nature du liquide:
 - 1.15.1.2. Pompe(s) de circulation: oui/non ⁽²⁾
 - 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/non ⁽²⁾
- 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: min.....K, max.....K
- 1.17. Dispositif de suralimentation: oui/non ⁽²⁾
- 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/non ⁽²⁾
- 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: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:kPa

Volume du système d'échappement:cm³

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/non ⁽²⁾
 - 2.2.1.1. Nombre de catalyseurs et d'éléments:
 - 2.2.1.2. Dimensions, forme et volume des convertisseurs catalytiques:
.....
 - 2.2.1.3. Type d'action catalytique:
 - 2.2.1.4. Charge totale en métaux précieux:
 - 2.2.1.5. Concentration relative:
 - 2.2.1.6. Substrat (structure et matériaux):
 - 2.2.1.7. Densité des canaux:
 - 2.2.1.8. Type d'enveloppe:
 - 2.2.1.9. Emplacement du ou des convertisseurs catalytiques (position et distance de référence le long de la ligne d'échappement):
.....
 - 2.2.2. Sonde à oxygène: oui/non ⁽²⁾
 - 2.2.2.1. Type:
 - 2.2.3. Injection d'air: oui/non ⁽²⁾
 - 2.2.3.1. Type (pulsair, pompe à air, etc.)
 - 2.2.4. Système de recyclage des gaz d'échappement: oui/non ⁽²⁾
 - 2.2.4.1. Caractéristiques (débit, etc.):
 - 2.2.5. Filtre à particules: oui/non ⁽²⁾
 - 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: ...

.....

2.2.6. Autres systèmes: oui/non ⁽²⁾

2.2.6.1. Description et mode de fonctionnement:

3. ALIMENTATION EN CARBURANT

3.1. Moteurs diesel

3.1.1. Pompe d'alimentation

Pression ⁽³⁾: kPa ou diagramme caractéristique ⁽²⁾:

.....

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. Débit: mm³ ⁽³⁾ par course au régime moteur de:min⁻¹ à pleine injection, ou diagramme caractéristique ⁽²⁾ ⁽³⁾:

.....

Indiquer la méthode utilisée: sur moteur/sur banc pour pompe ⁽²⁾

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'injection ⁽³⁾:

3.1.2.1.4.2. Calage statique de l'injection ⁽³⁾:

3.1.2.2. Tuyauterie d'injection

3.1.2.2.1. Longueur:mm

3.1.2.2.2. Diamètre intérieur:mm

3.1.2.3. Injecteur(s)

3.1.2.3.1. Marque(s):

3.1.2.3.2. Type(s):

3.1.2.3.3. "Pression d'ouverture":kPa ⁽³⁾

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 gaz
 - 3.2.1. Carburant: gaz naturel/GPL⁽²⁾
 - 3.2.2. Régulateur(s) de pression ou vapodétendeur(s)⁽²⁾
 - 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 directe⁽²⁾
 - 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/multipoint ⁽²⁾
- 3.2.5.2. Injection: continue/simultanée/séquentielle ⁽²⁾
- 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 pression ⁽²⁾
- 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 caractéristique ⁽³⁾:
.....
- 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 d'homologations de moteurs délivrées pour plusieurs compositions de carburant données)
- 3.2.8.1.1. Composition du carburant:

méthane (CH ₄):	base:..... % mole	min..... % mole	max..... % mole
éthane (C ₂ H ₆):	base:..... % mole	min..... % mole	max..... % mole
propane (C ₃ H ₈):	base:..... % mole	min..... % mole	max..... % mole
butane (C ₄ H ₁₀):	base:..... % mole	min..... % mole	max..... % mole
C5/C5 +:	base:..... % mole	min..... % mole	max..... % mole
oxygène (O ₂):	base:..... % mole	min..... % mole	max..... % mole
gaz inerte (N ₂ , He, etc.):	base:..... % mole	min..... % mole	max..... % mole

- 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'homologations délivrées pour plusieurs compositions de carburant données)

4. DIAGRAMME DE DISTRIBUTION
- 4.1. Levée maximale des soupapes et angles d'ouverture et de fermeture par rapport aux points morts, ou données équivalentes:
-
- 4.2. Points de calage et/ou jeux de réglage⁽²⁾:
-
5. SYSTÈME D'ALLUMAGE (MOTEURS À ALLUMAGE COMMANDÉ UNIQUEMENT)
- 5.1. Type de système d'allumage: bobine commune – bougies/bobines individuelles – 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):
- 5.2. Courbe d'avance à l'allumage/cartographie d'avance⁽²⁾⁽³⁾:
-
- 5.4. Calage de l'allumage⁽³⁾: 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):

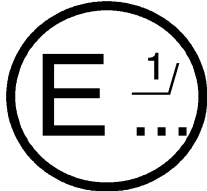
Notes

- (1) À présenter pour chaque moteur de la famille.
- (2) Biffer les mentions inutiles.
- (3) Spécifier les tolérances.
-

Annexe 2A

COMMUNICATION

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



Émanant de: Nom de l'administration:

.....

Objet: 2/ 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 (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), 2/ en tant qu'entité technique séparée en ce qui concerne l'émission de polluants en application du Règlement n° 49

Homologation n°

Extension n°

1. Marque de fabrique ou de commerce du véhicule:
2. Type du moteur:
3. Type de combustion: allumage par compression/allumage commandé 2/
- 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 autorisée à l'admission: kPa
7. Contre-pression maximale autorisée à l'échappement: kPa

8. Valeur maximale admissible de la puissance absorbée par l'équipement entraîné par le moteur:
Intermédiaire: kW; Nominal: kW
9. Restrictions à l'utilisation (s'il y a lieu):
10. Niveaux d'émission d'un type de moteur/d'un type de moteur parent:
- 10.1. Cycle d'essai ETC (s'il y a lieu):
CO:g/kWh
THC:g/kWh
NO_x:g/kWh
PT:g/kWh
- 10.2. Cycle d'essai ETC (s'il y a lieu):
Valeur d'opacité des fumées: .m⁻¹
- 10.3. Cycle d'essai ETC (s'il y a lieu):
CO:g/kWh
THC:g/kWh
NMHC:g/kWh
CH₄:g/kWh
NO_x:g/kWh
PT:g/kWh
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:

1 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 les mentions inutiles.

Annexe 2B

COMMUNICATION

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



Émanant de: Nom de l'administration:

.....

Objet: 2/ 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 l'émission de polluants par le moteur en application du Règlement n° 49.

Homologation n°.....

Extension n°.....

1. Marque de fabrique ou de commerce du véhicule:
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:
 Intermédiaire: kW; Nominal:..... kW
8. Marque et type du moteur:.....

9. Niveaux d'émission d'un type de moteur/d'un type de moteur parent:
- 9.1. Cycle d'essai ETC (s'il y a lieu):
CO:g/kWh
THC:g/kWh
NO_x:g/kWh
PT:g/kWh
- 9.2. Cycle d'essai ETC (s'il y a lieu):
Valeur d'opacité des fumées: .m⁻¹
- 9.3. Cycle d'essai ETC (s'il y a lieu):
CO:g/kWh
THC:g/kWh
NMHC:g/kWh
CH₄:g/kWh
NO_x:g/kWh
PT:g/kWh
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/moteur 2/:
15. Lieu:
16. Date:
17. Signature:
18. Sont annexées à la présente communication les pièces suivantes, qui portent le numéro d'homologation indiqué ci-dessus:

1 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 les mentions inutiles.

Annexe 3

EXEMPLES DE MARQUES D'HOMOLOGATION
(Voir le paragraphe 4.6. du présent Règlement)

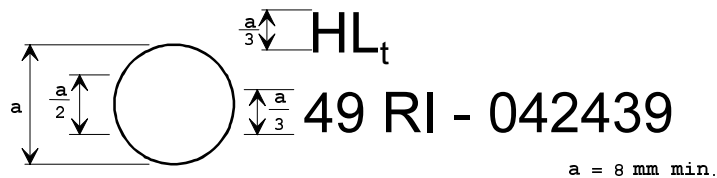
I. HOMOLOGATION "I" (Ligne A).
(Voir le paragraphe 4.6.3 du présent Règlement)

Modèle A

Moteurs homologués conformément aux valeurs limites d'émissions de la ligne A, alimentés au gazole ou au GPL.

Modèle B

Moteurs homologués conformément aux valeurs limites d'émissions de la ligne A, alimentés au gaz naturel. 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 042439. Elle indique également que l'homologation a été délivrée conformément aux prescriptions du Règlement n° 49 modifié par la série 04 d'amendements et aux valeurs limites spécifiées au paragraphe 5.2.1 du présent Règlement.

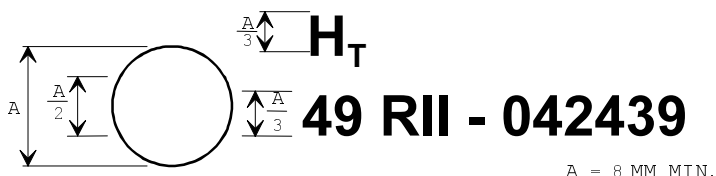
II. HOMOLOGATION "II" (Ligne B1).
(Voir le paragraphe 4.6.3 du présent Règlement)

Modèle C

Moteurs homologués conformément aux valeurs limites d'émissions de la ligne B1, alimentés au gazole ou au GPL.



Moteurs homologués conformément aux valeurs limites d'émissions de la ligne B1, alimentés au gaz naturel. 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.

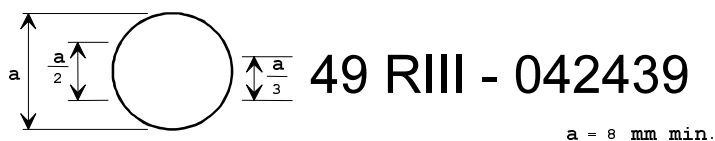


La marque d'homologation ci-dessus, apposée sur un moteur ou un véhicule, indique que ce type de moteur ou de véhicule a été homologué au Royaume Uni (E11) en application du Règlement n° 49, sous le numéro d'homologation 042439. Elle indique également que l'homologation a été délivrée conformément aux prescriptions du Règlement n° 49 modifié par la série 04 d'amendements et aux valeurs limites spécifiées au paragraphe 5.2.1 du présent Règlement.

- III. HOMOLOGATION "III" (Ligne B2).
(Voir le paragraphe 4.6.3 du présent Règlement)

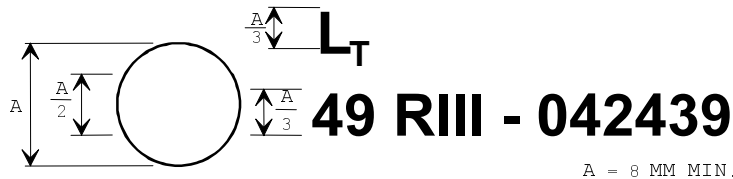
Modèle E

Moteurs homologués conformément aux valeurs limites d'émissions de la ligne B2, alimentés au gazole ou au GPL.



Modèle F

Moteurs homologués conformément aux valeurs limites d'émissions de la ligne B2, alimentés au gaz naturel. 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 042439. Elle indique également que l'homologation a été délivrée conformément aux prescriptions du Règlement n° 49 modifié par la série 04 d'amendements et aux valeurs limites spécifiées au paragraphe 5.2.1 du présent Règlement.

- IV. HOMOLOGATION "IV" (Ligne C).
(Voir le paragraphe 4.6.3 du présent Règlement)

Modèle G

Moteurs homologués conformément aux valeurs limites d'émissions de la ligne C, alimentés au gazole ou au GPL.



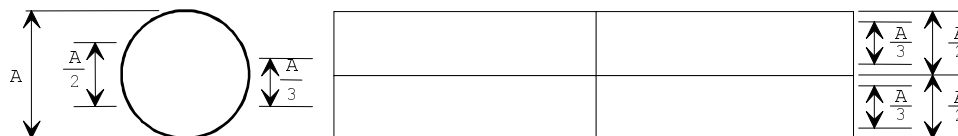
Modèle H

Moteurs homologués conformément aux valeurs limites d'émissions de la ligne C, alimentés au gaz naturel. 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 042439. Elle indique également que l'homologation a été délivrée conformément aux prescriptions du Règlement n° 49 modifié par la série 04 d'amendements et aux valeurs limites spécifiées au paragraphe 5.2.1 du présent Règlement.

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

Modèle I

La marque d'homologation ci-dessus, apposée sur un moteur ou sur un véhicule, indique que ce type de moteur ou de véhicule a été homologué au Royaume-Uni (E11) en application des Règlements n° 49 (niveau d'émission IV) et n° 24 1/. 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 04 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 4

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:

1.1.1. l'essai ESC (European Steady State Cycle) qui est un cycle à 13 modes en conditions stabilisées;

1.1.2. l'essai ELR (European Load Response Cycle), qui est constitué de mises en charge transitoires à différents régimes, qui font partie intégrante d'une même procédure d'essai, et sont exécutées consécutivement;

1.1.3. l'essai ETC (European Transient Cycle), qui se compose d'une séquence seconde par seconde de modes transitoires.

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

1.3. Principe de mesure

Les émissions à mesurer dans les gaz d'échappement du moteur incluent les composants 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, moteurs à gaz dans l'étape C seulement) et 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 pour déterminer en continu les quantités d'émissions des polluants d'échappement 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 avec de l'air ambiant conditionné. Un échantillon doit être prélevé sur toute la séquence d'essai, et les particules doivent être collectées sur des filtres appropriés. Les grammes de chaque polluant émis par kilowatt/heure (kWh) doivent être calculés 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^{1/} et les valeurs mesurées doivent être comparées aux valeurs calculées pour les modes du cycle d'essai adjacents aux points d'essai sélectionnés. La vérification des émissions en NO_x permet de s'assurer de 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 la teneur en fumée des gaz d'échappement d'un moteur, réchauffé au préalable, au moyen d'un opacimètre. L'essai consiste à soumettre le moteur, à régime constant, à des mises en charge 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 technique^{1/}, et la valeur obtenue doit être comparée aux valeurs des mises en charge précédentes. Le pic d'émission de fumées doit être déterminé au moyen d'un algorithme de calcul de la moyenne, décrit à l'appendice 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 fidèlement les conditions de fonctionnement en circulation routière des moteurs de poids lourds installés sur les camions et autobus, on détermine les teneurs des polluants mentionnés plus haut après dilution des gaz d'échappement totaux avec de l'air ambiant conditionné. En utilisant les signaux de retour du couple et du 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. 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. Pour les particules, un échantillon proportionnel doit être collecté sur des filtres appropriés. Le débit de gaz d'échappement dilués doit être déterminé sur la durée du cycle pour 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.

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

2. CONDITIONS D'ESSAI

2.1. Conditions moteur

2.1.1. La température absolue (T_a) de l'air d'admission à l'entrée du moteur exprimée en Kelvins, et la pression atmosphérique en conditions sèches (p_s) exprimée en kPa doivent être mesurées et le paramètre F doit être déterminé comme suit:

a) Pour les moteurs diesel:

moteurs à aspiration naturelle et moteurs à suralimentation mécanique:

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

moteurs à turbocompresseur avec ou sans refroidisseur intermédiaire:

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

b) Pour les moteurs à gaz:

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

2.1.2. Test de validité

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

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

2.2. Moteurs à refroidisseur de l'air de suralimentation

La température de l'air de suralimentation 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 de suralimentation telle qu'elle est indiquée au point 1.16.3 de l'appendice 1 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 de suralimentation 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'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 $\pm 40\ %$ 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 l'annexe 4, et aux paragraphes 2.2.1 et 2.3.1 (sections EP) de l'appendice 6 de l'annexe 4.

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 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 aux annexes 5, 6 ou 7.

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'appendice 1 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 $311 \text{ K} \pm 5 \text{ K}$ ($38 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$) 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 au cours du cycle d'essai doivent être représentatives des émissions en utilisation réelle. Si cette condition ne peut être réalisée au moyen d'un seul cycle d'essai (c'est le cas par exemple lorsqu'il est utilisé un filtre à particules à régénération périodique), on doit exécuter plusieurs cycles d'essai et calculer la moyenne des résultats d'essai ou leur appliquer une pondération. La procédure exacte doit être choisie en commun par le constructeur de moteurs et par le service technique, sur la base des règles de l'art.

Annexe 4 – 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 supérieur n_{sup} est le régime où sont atteints 70 % de la puissance maximale nette déclarée (P_n), déterminé selon le paragraphe 8.2 de l'appendice 1 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 inférieur 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'appendice 1 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:

$$\begin{aligned} \text{Régime A} &= n_{inf} + 25 \% (n_{sup} - n_{inf}) \\ \text{Régime B} &= n_{inf} + 50 \% (n_{sup} - n_{inf}) \\ \text{Régime C} &= n_{inf} + 75 \% (n_{sup} - n_{inf}) \end{aligned}$$

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° 24, 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 $\pm 3\%$ 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'appendice 1 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 sauf au ralenti doit être calculé au moyen de la formule suivante:

$$s = P(n) * \frac{L}{100}$$

si l'essai s'effectue en conditions nettes

$$s = P(n) * \frac{L}{100} + (P(a) - P(b))$$

si l'essai ne s'effectue pas en conditions nettes

où:

s = calibrage du dynamomètre (kW)

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

2. EXÉCUTION DE L'ESSAI ESC

À la demande du constructeur, il peut être exécuté un essai à blanc 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 (paire de filtres) doit être déposé dans une boîte de Petri fermée mais non scellée et placée dans une chambre de pesée pour une période de stabilisation. À la fin de cette période, chaque filtre (paire de filtres) doit être pesé et la tare enregistrée. Le filtre (paire de filtres) doit ensuite être stocké dans une boîte de Petri fermée ou dans un porte-filtre scellé jusqu'à son utilisation. Si le filtre (paire de filtres) n'est pas utilisé dans les huit heures suivant son retrait de la chambre de pesée, il doit être à nouveau conditionné et pesé avant utilisation.

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

Le système de dilution et le moteur doivent être mis en marche et fonctionner jusqu'à ce que toutes les températures et pressions se soient stabilisées, le moteur fonctionnant à la puissance maximale, conformément aux recommandations du constructeur et aux règles de l'art.

2.4. Mise en marche du système de collecte des particules

On met en marche le système de collecte des particules et on le fait fonctionner en dérivation. On peut déterminer la concentration ambiante de particules dans l'air de dilution en le faisant passer sur des filtres à particules. Si l'on utilise de l'air de dilution filtré, une mesure peut être exécutée 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'émissions doivent être mis à zéro et étalonnés.

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 minutes
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. Séquence d'essai

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 20 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

Une paire de filtres (filtre primaire et filtre secondaire, tels qu'ils sont prescrits à l'appendice 4 de l'annexe 4) doit être utilisée 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-masse 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 5.6 ci-dessous soit respecté.

La durée de prélèvement par mode doit être d'au moins 4 s 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 5 s 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 3 min avant le début des mesures. Trois mesures doivent être exécutées en différents points de la zone de contrôle, choisis par le Service technique^{1/}. La durée de chaque mesure doit être de deux minutes.

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

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 de l'annexe 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. Ce contrôle est considéré comme satisfaisant si la différence entre les résultats avant essai et après essai est de moins de 2 % de la valeur 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'instrument. En outre, il doit être tenu compte des dispositions du paragraphe 10 de la norme ISO 11614 lorsqu'elles s'appliquent.

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'instrument. 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 L_A, communiqué par le fabricant, lorsque l'instrument 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 %. Lorsqu'aucune lumière ne peut atteindre le récepteur, l'indicateur doit être réglé pour indiquer une opacité de 100,0 % ± 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 s + 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 4, 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 technique^{1/}. La séquence d'essai, exécutée avec le moteur d'essai sur un banc à dynamomètre, doit être conforme au schéma de la figure 3.

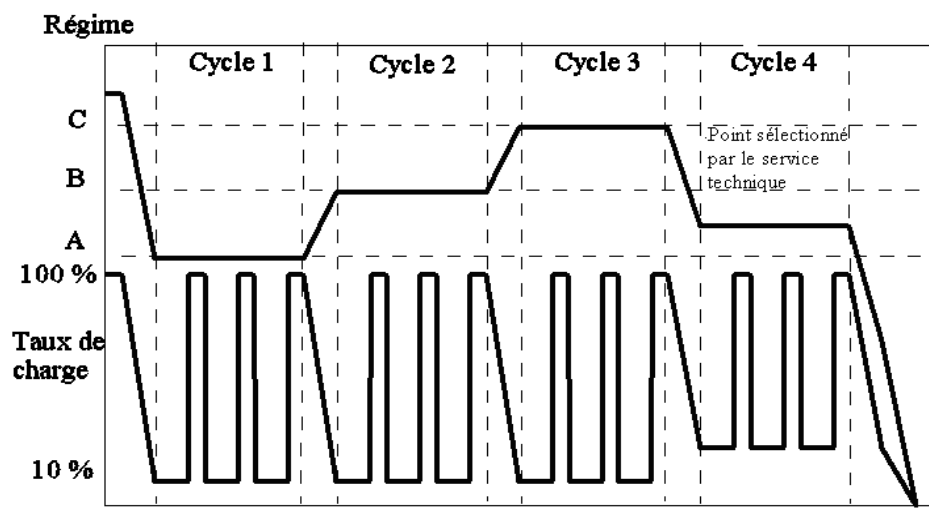


Figure 3: Cycle de l'essai ELR

- (a) a) Le moteur doit fonctionner au régime A et à un taux de charge de 10 % pendant 20 s ± 2 s. Le régime spécifié doit être maintenu à ± 20 min¹ et le couple spécifié à ± 2 % du couple maximal au régime d'essai.

^{1/}

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

- (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 $10 \text{ s} \pm 1 \text{ s}$. Le freinage du dynamomètre doit être appliqué pour maintenir le régime moteur à $\pm 150 \text{ min}^{-1}$ près pendant les 3 premières secondes puis à $\pm 20 \text{ min}^{-1}$ près 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 $20 \text{ s} \pm 2 \text{ s}$.
- (e) La séquence a) à c) doit être exécutée avec le moteur tournant au régime B.
- (f) Après 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 $20 \text{ s} \pm 2 \text{ s}$.
- (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 $20 \text{ s} \pm 2 \text{ s}$.
- (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 de 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 mis 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 Règlement.

4. CALCUL DES ÉMISSIONS DE GAZ POLLUANTS

4.1. Évaluation des données

Pour évaluer les émissions gazeuses, on doit calculer la moyenne des valeurs enregistrées sur les 30 dernières secondes de chaque mode et déterminer les concentrations moyennes (conc) de HC, de CO et de NO_x durant 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 seulement aux émissions de NO_x.

Le débit de gaz d'échappement G_{EXHW} ou le débit de gaz d'échappement dilués G_{TOTW}, s'il est utilisé, en option doivent être déterminés conformément au paragraphe 2.3 de l'appendice 4 de l'annexe 4.

4.2. 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.

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

pour les gaz d'échappement non dilués:

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

et

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

pour les gaz d'échappement dilués:

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

ou

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

Pour l'air de dilution:

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

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

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

$$K_{W1} = \frac{1,608 * H_d}{1000 + (1,608 * H_d)}$$

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

$$H_d = \frac{6,220 * R_d * p_d}{p_B - p_d * R_d * 10^{-2}}$$

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

où:

H_a, H_d = g d'eau par kg d'air sec

R_d, R_a = humidité relative de l'air de dilution/d'admission, en %

p_d, p_a = pression de vapeur saturante de l'air de dilution/d'admission, en kPa

p_B = pression barométrique totale, en kPa

4.3. Correction des émissions de NO_x pour l'humidité et 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 au moyen des facteurs de la formule suivante:

$$K_{H,D} = \frac{1}{1 + A * (H_a - 10,71) + B * (T_a - 298)}$$

où:

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

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

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

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

R_a = humidité relative de l'air d'admission, en %

p_a = pression de vapeur saturante de l'air d'admission, en kPa

p_B = pression barométrique totale, en kPa

4.4. Calcul des débits-masse d'émissions

Les débits-masse d'émissions (en g/h) doivent être calculés comme suit pour chaque mode, dans l'hypothèse d'une masse volumique des gaz d'échappement égale à 1,293 kg/m³ à 273 K (0 °C) et 101,3 kPa:

- (1) $\text{NO}_{x \text{ mass}} = 0,001587 * \text{NO}_{x \text{ conc}} * K_{H,D} * G_{EXHW}$
- (2) $\text{CO}_{\text{mass}} = 0,000966 * \text{CO}_{\text{conc}} * G_{EXHW}$
- (3) $\text{HC}_{\text{mass}} = 0,000479 * \text{HC}_{\text{conc}} * G_{EXHW}$

où $\text{NO}_{x \text{ conc}}$, CO_{conc} , HC_{conc} ^{1/} sont les concentrations moyennes (ppm) dans les gaz d'échappement bruts, déterminées conformément au paragraphe 4.1 ci-dessus.

S'il est décidé, en option, de déterminer les émissions gazeuses avec un système de dilution en circuit principal, les formules ci-après peuvent être appliquées:

- (1) $\text{NO}_{x \text{ mass}} = 0,001587 * \text{NO}_{x \text{ conc}} * K_{H,D} * G_{TOTW}$
- (2) $\text{CO}_{\text{mass}} = 0,000966 * \text{CO}_{\text{conc}} * G_{TOTW}$
- (3) $\text{HC}_{\text{mass}} = 0,000479 * \text{HC}_{\text{conc}} * G_{TOTW}$

où $\text{NO}_{x \text{ conc}}$, CO_{conc} , HC_{conc} ^{1/} sont les concentrations moyennes corrigées (pour tenir compte des concentrations ambiantes dans l'air de dilution) des gaz d'échappement dilués pour chaque mode, en ppm, déterminées conformément au paragraphe 4.3.1.1 de l'appendice 2 de l'annexe 4.

4.5. Calcul des émissions spécifiques

Les émissions (g/kWh) doivent être calculées comme suit pour tous les composants:

$$\overline{\text{NO}_x} = \frac{\sum \text{NO}_{x, \text{mass}} * \text{WF}_i}{\sum \text{P}(n)_i * \text{WF}_i}$$

$$\overline{\text{CO}} = \frac{\sum \text{CO}_{\text{mass}} * \text{WF}_i}{\sum \text{P}(n)_i * \text{WF}_i}$$

$$\overline{\text{HC}} = \frac{\sum \text{HC}_{\text{mass}} * \text{WF}_i}{\sum \text{P}(n)_i * \text{WF}_i}$$

Les facteurs de pondération (WF) appliqués dans le calcul ci-dessus sont déterminés conformément au paragraphe 2.7.1.

4.6. Calcul des valeurs dans la zone de contrôle

Pour les trois points de contrôle choisis conformément au paragraphe 2.7.6, les émissions de NO_x doivent être mesurées et calculées conformément au paragraphe 4.6.1, et déterminées par interpolation à partir des modes adjacents du cycle d'essai comme indiqué au paragraphe 4.6.2. Les valeurs mesurées sont alors comparées

^{1/} Sur la base de l'équivalent C1.

aux valeurs interpolées conformément au paragraphe 4.6.3.

4.6.1. Calcul des émissions spécifiques

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

$$\text{NO}_{x \text{ mass},Z} = 0,001587 * \text{NO}_{x \text{ conc},Z} * K_{H,D} * G_{EXHW}$$

$$\text{NO}_{x,Z} = \text{NO}_{x \text{ mass},Z} / P(n)_Z$$

4.6.2. Détermination 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 adjacents du cycle d'essai au point de contrôle Z choisi (voir la figure 4). Pour ces modes (R, S, T, U), les définitions suivantes sont applicables:

$$\text{Régime (R)} = \text{Régime (T)} = n_{RT}$$

$$\text{Régime (S)} = \text{Régime (U)} = n_{SU}$$

$$\text{Taux de charge (R)} = \text{Taux de charge (S)}$$

$$\text{Taux de charge (T)} = \text{Taux de charge (U)}.$$

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

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

et:

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

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

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

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

où:

$E_R, E_S, E_T, E_U =$ émissions spécifiques de NO_x, des modes adjacents, calculées conformément au paragraphe 4.6.1

$M_R, M_S, M_T, M_U =$ couples moteurs pour les modes adjacents.

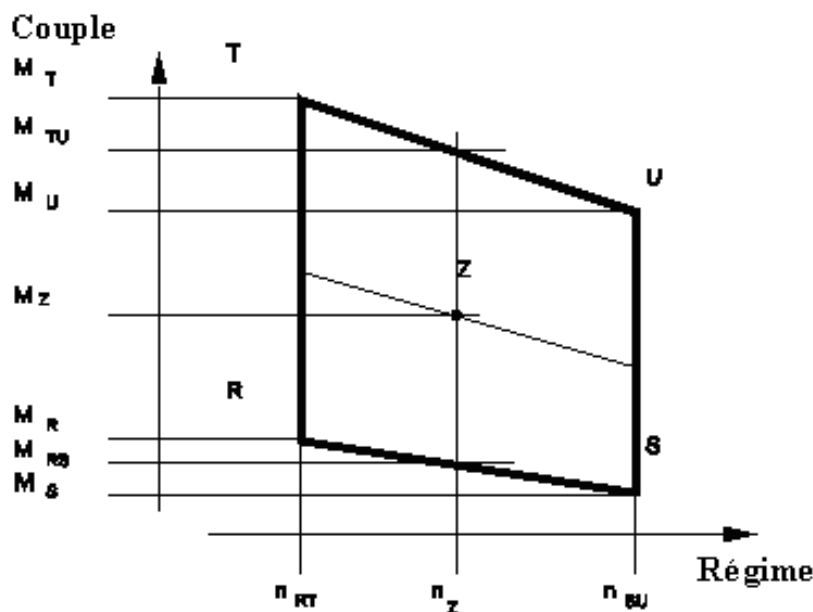


Figure 4: Interpolation des valeurs d'émissions de NO_x au point de contrôle

4.6.3. Comparaison des valeurs d'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:

$$\text{NO}_{x,\text{diff}} = 100 * (\text{NO}_{x,z} - E_z) / E_z$$

5. CALCUL DES ÉMISSIONS DE PARTICULES

5.1. Évaluation des données

Pour l'évaluation des émissions de particules, les masses totales (M_{SAM, i}) des gaz traversant les filtres doivent être enregistrées pour chaque mode.

Les filtres doivent être ramenés à la chambre de pesée et conditionnés pendant une durée d'au moins une heure et d'au plus 80 h, puis pesés. Le poids brut des filtres doit être enregistré et leur tare (voir le paragraphe 1 du présent appendice) soustraite de celui-ci. La masse de particules M_f est la somme des masses de particules retenues par les filtres primaire et secondaire.

Si une correction est nécessaire pour tenir compte des concentrations ambiantes dans l'air de dilution, la masse de l'air de dilution (M_{DIL}) traversant les filtres et la masse de particules correspondante (M_d) doivent être enregistrées. Si plusieurs mesures sont effectuées, le quotient M_d/M_{DIL} doit être déterminé pour chaque mesure et la valeur moyenne pour l'ensemble doit être calculée.

5.2. Système de dilution en circuit partiel

Les résultats d'essai définitifs enregistrés pour les émissions de particules doivent être déterminés comme suit. Étant donné que divers systèmes de réglage du taux de dilution peuvent être utilisés, différentes méthodes de calcul de G_{EDFW} peuvent être appliquées. Tous les calculs doivent se fonder sur les valeurs moyennes des modes individuels au cours de la période de prélèvement.

5.2.1. Systèmes isocinétiques

$$G_{EDFW,i} = G_{EXHW,i} * q_i$$

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

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

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

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

$$G_{EDFW,i} = G_{EXHW,i} * q_i$$

$$q_i = \frac{\text{conc}_{E,i} - \text{conc}_{A,i}}{\text{conc}_{D,1} - \text{conc}_{A,1}}$$

où:

concE = concentration du gaz témoin dans les gaz d'échappement bruts en conditions humides

concD = concentration du gaz témoin dans les gaz d'échappement dilués en conditions humides

concA = concentration du gaz témoin dans l'air de dilution en conditions humides

Les concentrations mesurées en conditions sèches doivent être converties en valeurs rapportées aux conditions humides conformément au paragraphe 4.2 du présent appendice.

5.2.3. Systèmes avec mesure du CO₂ et méthode du bilan carbone 1/

1/ La valeur obtenue est seulement valable pour le carburant de référence spécifié dans le Règlement.

$$G_{EDFW,i} = \frac{206,5 - G_{FUEL,i}}{CO_{2D,i} - CO_{2A,i}}$$

où:

CO_{2D} = concentration de CO_2 dans les gaz d'échappement dilués

CO_{2A} = concentration de CO_2 dans l'air de dilution

(concentrations en % vol. en conditions humides)

Cette équation repose sur l'estimation du bilan carbone (les atomes de carbone fournis au moteur sont émis sous forme de CO_2) et résulte des étapes suivantes:

$$G_{EDFW,i} = G_{EXHW,i} * q_i$$

$$q_i = \frac{206,5 * G_{FUEL,i}}{G_{EXW,i} * (CO_{2D,i} - CO_{2A,i})}$$

et

5.2.4. Systèmes avec mesure du débit

$$G_{EDFW,i} = G_{EXHW,i} * q_i$$

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

5.3. Système de dilution à flux total

Les résultats d'essai enregistrés pour les émissions de particules sont déterminés comme suit. Tous les calculs doivent se fonder sur les valeurs moyennes des modes individuels au cours de la période de prélèvement.

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

5.4. Calcul du débit-masse de particules

Le débit-masse de particules est calculé comme suit:

$$PT_{mass} = \frac{M_f}{M_{SAM}} * \frac{G_{EDFW}}{1000}$$

où:

$$\overline{G_{EDFW}} = \sum_{i=1}^{i=n} G_{EDFW,i} * WF_i$$

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

$i = 1, \dots, n$

valeur déterminée pendant le cycle d'essai par somme des valeurs moyennes des modes individuels au cours de la période de prélèvement.

Le débit-masse de particules peut être corrigé pour la concentration ambiante de particules dans l'air de dilution comme suit:

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

Si plusieurs mesures sont effectuées, (M_d/M_{DIL}) est remplacé par la valeur moyenne de (M_d/M_{DIL}) .

$DF_i = 13,4 / (\text{conc CO}_2 + (\text{conc CO} + \text{conc HC}) * 10^{-4})$ pour les modes individuels
ou

$DF_i = 13,4 / \text{conc CO}_2$ pour les modes individuels

5.5. Calcul des émissions spécifiques

Les émissions de particules doivent être calculées comme suit:

$$\overline{PT} = \frac{PT_{mass}}{\sum P(n)_i * WF_i}$$

5.6. Facteur de pondération effectif

Le facteur de pondération effectif $WF_{E,i}$ pour chaque mode est calculé comme suit:

$$WF_{E,i} = \frac{M_{SAM,i} * \overline{G_{EDFW}}}{M_{SAM} * G_{EDFW,i}}$$

La valeur des facteurs de pondération effectifs doit se situer à + 0,003 près (0,005 pour le

mode ralenti) des facteurs de pondération indiqués au paragraphe 2.7.1.

6. CALCUL DES VALEURS DE FUMÉES

6.1. Algorithme de Bessel

L'algorithme de Bessel doit être utilisé pour calculer les moyennes sur une seconde à partir des valeurs instantanées de fumées, converties conformément au paragraphe 6.3.1. L'algorithme représente un filtre passe-bas de deuxième ordre, et son emploi implique des calculs itératifs pour déterminer les coefficients. Ces coefficients dépendent du temps de réponse du système d'opacimètre et de la fréquence d'échantillonnage. Les opérations du paragraphe 6.1.1 doivent donc être répétées à tout changement du temps de réponse du système ou de la fréquence d'échantillonnage.

6.1.1. Calcul du temps de réponse du filtre et des constantes de Bessel

Le temps de réponse du filtre de Bessel à déterminer (t_f) dépend des temps de réponse physiques et électriques du système d'opacimètre, tels qu'ils sont mentionnés au paragraphe 5.2.4 de l'appendice 4 de l'annexe 4, et est calculé au moyen de l'équation suivante:

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

où:

t_p = temps de réponse physique, en s
 t_e = temps de réponse électrique, en s

Les calculs en vue de déterminer la fréquence de coupure du filtre (f_c) sont fondés sur un signal en échelon de 0 à 1 en $\leq 0,01$ s (voir l'annexe 8). Le temps de réponse est défini comme étant le temps entre l'instant où le signal de sortie du filtre de Bessel atteint 10 % (t_{10}) et celui où il atteint 90 % (t_{90}) de cette fonction échelon. Cette valeur doit être obtenue par itération sur f_c jusqu'à ce que l'on ait $t_{90} - t_{10} \approx t_f$. La première itération de f_c est donnée par la formule suivante:

$$f_c = \pi / (10 * t_f)$$

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

$$E = \frac{1}{1 + \Omega * \sqrt{3 * D} + D * \Omega^2}$$

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

où:

$$\begin{aligned}
 D &= 0,618034 \\
 \Delta t &= 1/\text{fréquence d'échantillonnage} \\
 \Omega &= 1 / [\tan(\pi * \Delta t * f_c)]
 \end{aligned}$$

6.1.2. Calcul de l'algorithme de Bessel

En utilisant les valeurs de E et de K, on calcule de la manière suivante la réponse moyenne de Bessel sur une seconde à un signal d'entrée en échelon de Si:

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

où:

$$\begin{aligned}
 S_{i-2} &= S_{i-1} = 0 \\
 S_i &= 1 \\
 Y_{i-2} &= Y_{i-1} = 0
 \end{aligned}$$

Les temps t_{10} et t_{90} sont obtenus par interpolation. L'écart de temps entre t_{90} et t_{10} définit 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 jusqu'à ce que le temps de réponse obtenu se situe à moins de 1 % du temps de réponse requis, selon la condition suivante:

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

6.2 Évaluation des données

Les valeurs de mesure des fumées doivent être échantillonnées à une fréquence minimale de 20 Hz.

6.3 Détermination des valeurs de fumées

6.3.1 Conversion des données

Étant donné que l'unité de base de mesure de tous les opacimètres est la transmittance, les valeurs de fumées mesurées en transmittance (τ) doivent être converties en coefficients d'absorption lumineuse (k) selon la relation suivante:

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

et: $N = 100 - \tau$

où:

k = coefficient d'absorption de la lumière, en m^{-1}

LA = longueur effective de trajet optique, comme indiquée par le fabricant de l'instrument, en m
 N = opacité, en %
 τ = transmittance, en %

La conversion doit être effectuée avant toute autre opération de traitement des données.

6.3.2 Calcul des valeurs de fumées en moyenne de Bessel

La fréquence correcte de coupure f_c est celle qui donne le temps de réponse requis du filtre t_f . Une fois cette fréquence déterminée par le processus itératif du paragraphe 6.1.1, on doit calculer les constantes E et K de l'algorithme de Bessel. L'algorithme de Bessel est alors appliqué à la trace instantanée des valeurs de fumées (valeur k) comme décrit au paragraphe 6.1.2:

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

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

Pour chaque mise en charge aux trois régimes A, B et C, la valeur maximale sur une seconde Y_{max} doit être sélectionnée parmi les valeurs individuelles Y_i de chaque trace de fumées.

6.3.3 Résultat final

Les valeurs de fumées moyennes (SV) pour chaque phase (régime d'essai) peuvent être calculées comme suit:

$$\text{régime A:} \quad SV_A = (Y_{max1,A} + Y_{max2,A} + Y_{max3,A}) / 3$$

$$\text{régime B:} \quad SV_B = (Y_{max1,B} + Y_{max2,B} + Y_{max3,B}) / 3$$

$$\text{régime C:} \quad SV_C = (Y_{max1,C} + Y_{max2,C} + Y_{max3,C}) / 3$$

où:

$Y_{max1}, Y_{max2}, Y_{max3}$ = valeur moyenne de Bessel maximale des fumées sur une seconde à chacune des trois mises en charge

La valeur finale est calculée comme suit:

$$SV = \frac{(0,43 * SV_A) + (0,56 * SV_B) + (0,01 * SV_C)}{1}$$

Annexe 4 – Appendice 2

CYCLE D'ESSAI ETC

1. RÉALISATION DE LA CARTOGRAPHIE DU MOTEUR

1.1. Détermination de la gamme de régime de la cartographie

Pour l'exécution de l'essai ETC dans la chambre d'essai, il faut établir la cartographie du moteur avant le cycle d'essai en vue de déterminer la courbe régime/couple. Le régime minimal et le régime maximal de cartographie sont définis comme suit:

régime minimal de cartographie = régime de ralenti

régime maximal de cartographie = $n_{hi} * 1,02$ ou régime où le couple à pleine charge tombe à zéro, la valeur la plus basse étant retenue.

1.2. Réalisation de la cartographie de la puissance du moteur

Le moteur doit être réchauffé par fonctionnement à sa puissance maximale pour stabiliser les paramètres moteurs conformément aux recommandations du constructeur et aux règles de l'art. Lorsque les conditions moteur sont stabilisées, la cartographie est exécutée comme suit:

Pour commencer le moteur doit fonctionner sans charge au régime de ralenti.

Ensuite le moteur doit fonctionner au réglage de pleine charge de la pompe à injection au régime minimal de cartographie.

On augmente alors le régime à un taux moyen de $8 \pm 1 \text{ min}^{-1}/\text{s}$ depuis le régime minimal jusqu'au régime maximal de cartographie. Les points régime/couple 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 mesures enregistrés conformément au paragraphe 1.2 doivent être reliés entre eux par interpolation linéaire entre points. La courbe de couple ainsi obtenue est la courbe de cartographie et sert à convertir les valeurs normalisées de couple du cycle moteur en valeurs effectives de couple pour le cycle d'essai, comme indiqué au paragraphe 2.

1.4. Autres techniques de cartographie

Si un constructeur estime que les techniques de cartographie décrites ci-dessus sont dangereuses pour le moteur ou ne sont pas représentatives pour un moteur donné, d'autres techniques de cartographie peuvent être appliquées. Ces autres techniques doivent

répondre à l'intention des procédures de cartographie spécifiées, à savoir déterminer le couple maximal disponible à tous les régimes moteurs atteints au cours des cycles d'essai. Toute technique de cartographie s'écartant des techniques spécifiées dans le présent paragraphe pour des raisons de sécurité du moteur ou de représentativité doit être approuvée par le service technique, ainsi que les motifs de son utilisation. En aucun cas toutefois la cartographie ne pourra être obtenue par des balayages descendants répétés en régime dans le cas des moteurs à régulateur ou à turbocompresseur.

1.5. Répétition des essais

Il n'est pas nécessaire d'établir une cartographie du moteur avant chaque cycle d'essai. Cette opération est nécessaire avant un cycle d'essai:

- si, sur la base d'arguments techniques, il est jugé qu'un délai excessif s'est écoulé depuis la dernière cartographie,

ou

- si des modifications physiques ou des changements de réglage ont été apportés au moteur, qui sont susceptibles d'affecter les performances de celui-ci.

2. ÉTABLISSEMENT 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 normalisées de couple et de régime doivent être converties en valeurs effectives, comme suit, pour obtenir le cycle de référence.

2.1. Régime effectif

Le régime doit être 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_{ref}) correspond aux valeurs de régime de 100 % spécifiées dans la fiche de programmation du dynamomètre à l'appendice 3. Il est défini comme suit (voir fig. 1 du Règlement):

$$n_{\text{ref}} = n_{\text{lo}} + 95 \% * (n_{\text{hi}} - n_{\text{lo}})$$

où n_{sup} et n_{inf} sont spécifiés conformément au paragraphe 2 du Règlement, ou déterminés conformément au paragraphe 1.1 de l'appendice 1 de l'annexe 4.

2.2. Couple effectif

Le couple est normalisé jusqu'au couple maximal au régime respectif. Les valeurs de couple du cycle de référence doivent être dénormalisées, au moyen de la courbe de cartographie déterminée conformément au paragraphe 1.3, comme suit:

$$\text{Couple effectif} = \frac{\% \text{ couple} * \text{couple max.}}{100}$$

pour le régime effectif respectif tel qu'il est déterminé au paragraphe 2.1.

Les valeurs de couple négatives du moteur lorsqu'il est entraîné ("m") doivent prendre, pour l'élaboration du cycle de référence, des valeurs dénormalisées déterminées selon l'une des méthodes ci-après:

- 40 % négatifs du couple positif disponible au point de régime associé;
- cartographie du couple négatif nécessaire pour entraîner le moteur entre le régime minimal et le régime maximal de cartographie;
- détermination du couple négatif nécessaire pour entraîner le moteur aux régimes de ralenti et de référence et interpolation linéaire entre ces deux points.

2.3. Exemple de procédure de dénormalisation

Supposons à titre d'exemple que l'on doive dénormaliser le point d'essai suivant:

% de régime = 43
% de couple = 82

Dans l'hypothèse où l'on a les valeurs suivantes:

régime de référence = 2200 min⁻¹
régime de ralenti = 600 min⁻¹

On obtient:

$$\text{régime effectif} = \frac{43 * (2200 - 600)}{100} + 600 = 1288 \text{ min}^{-1}$$

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

où le couple maximal observé sur la courbe de cartographie à $1\,288\text{ min}^{-1}$ est égal à 700 Nm.

3. EXÉCUTION DE L'ESSAI DE MESURE DES ÉMISSIONS

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

Les moteurs alimentés au gaz naturel et au GPL doivent être rodés au moyen de l'essai ETC. Le moteur doit fonctionner pendant au moins deux cycles ETC et jusqu'à ce que les émissions de CO mesurées sur un cycle ne dépassent pas de plus de 10 % les émissions de CO mesurées sur le cycle précédent.

3.1. Préparation des filtres de collecte (le cas échéant)

Une heure au moins avant l'essai, chaque filtre (paire de filtres) doit être déposé dans une boîte de Petri fermée mais non scellée et placée dans une chambre de pesée pour une période de stabilisation. À la fin de cette période, chaque filtre (paire de filtres) doit être pesé et la tare enregistrée. Le filtre (paire de filtres) doit ensuite être stocké dans une boîte de Petri fermée ou dans un porte-filtre scellé jusqu'à son utilisation. Si le filtre (paire de filtres) n'est pas utilisé dans les huit heures suivant son retrait de la chambre de pesée, il doit être à nouveau conditionné et pesé avant utilisation.

3.2. Installation de l'équipement de mesure

L'appareillage et les sondes de prélèvement doivent être installés conformément aux prescriptions. Le tuyau de sortie de l'échappement doit être raccordé au système de dilution en circuit principal.

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

Le système de dilution et le moteur doivent être mis en marche et fonctionner jusqu'à ce que toutes les températures et pressions se soient stabilisées, le moteur fonctionnant à la puissance maximale, conformément aux recommandations du constructeur et aux règles de l'art.

3.4. Mise en marche du système de collecte des particules (le cas échéant)

On met en marche le système de collecte des particules et on le fait fonctionner en dérivation. On peut déterminer la concentration ambiante de particules dans l'air de dilution en le faisant passer sur des filtres à particules. Si l'on utilise de l'air de dilution filtré, une mesure peut être exécutée 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.

3.5. Réglage du système de dilution en circuit principal

Le débit total de gaz d'échappement dilués doit être réglé de manière à éviter la condensation d'eau dans le système et à obtenir une température maximale au droit du filtre n'excédant pas 325 K (52 °C) (voir le paragraphe 2.3.1 (section DT) de l'appendice 6 de l'annexe 4).

3.6. Contrôle des analyseurs

Les analyseurs d'émissions doivent être 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 doit être démarré, après la phase de stabilisation, conformément à la procédure de démarrage recommandée par le constructeur dans le manuel d'utilisation, soit au moyen d'un démarreur de série, soit au moyen du dynamomètre. Il est aussi admis de commencer le cycle directement après la phase de préconditionnement du moteur, sans arrêt de celui-ci, alors qu'il tourne au ralenti.

3.8. Cycle d'essai

3.8.1. Séquence d'essai

La séquence d'essai commence moteur tournant au ralenti. L'essai est exécuté conformément au cycle de référence défini au paragraphe 2 du présent appendice. Les signaux de commande de régime et de couple du moteur doivent être émis à une fréquence au moins égale à 5 Hz (fréquence recommandée 10 Hz). Les signaux de rétroaction de régime et de couple doivent être enregistrés au moins une fois par seconde pendant le cycle d'essai; ils peuvent être filtrés par voie électronique.

3.8.2. Réponse des analyseurs

Au démarrage du moteur ou au début de la séquence d'essai si le cycle commence dès la fin du préconditionnement, l'équipement de mesure doit être mis en marche simultanément pour les opérations suivantes:

- collecte ou analyse de l'air de dilution;
- collecte ou analyse des gaz d'échappement dilués;
- mesure de la quantité de gaz d'échappement dilués (CVS) ainsi que des températures et pressions requises;
- enregistrement des données de rétroaction de régime et de couple du dynamomètre.

Les HC et les NO_x sont mesurés en continu dans le tunnel de dilution à une fréquence de 2 Hz. On détermine les concentrations moyennes en intégrant les signaux de l'analyseur sur la durée du cycle d'essai. Le temps de réponse du système ne doit pas être supérieur à 20 s, et il doit être coordonné si nécessaire avec les fluctuations du débit de l'échantillon à volume constant et avec les écarts du prélèvement ou du cycle d'essai. Les quantités de CO, de CO₂, de NMHC et de CH₄ doivent être déterminées par intégration ou par analyse des concentrations ou par analyse des concentrations dans le sac de prélèvement, recueillies pendant la durée du cycle. Les concentrations de polluants gazeux dans l'air de dilution sont déterminées par intégration ou par analyse de l'air de dilution collecté dans un sac de prélèvement. Toutes les autres valeurs doivent être enregistrées avec une fréquence minimale de 1 Hz.

3.8.3. Collecte des particules (si applicable)

Juste après le démarrage du moteur ou le début de la séquence si le cycle commence directement à la fin du préconditionnement, le système de collecte des particules doit être commuté du mode dérivation sur le mode collecte.

S'il n'existe pas de compensation du débit, la ou les pompes de prélèvement doivent être réglées de telle manière que le débit à travers la sonde de prélèvement des particules ou le tube de transfert soit maintenu à une valeur située à $\pm 5\%$ près du débit réglé. S'il existe une compensation du débit (commande proportionnelle du débit de l'échantillon), il doit être démontré que le rapport du débit du tunnel principal à celui de l'échantillon contenant les particules ne s'écarte pas de plus de $\pm 5\%$ de sa valeur réglée (à l'exception des 10 premières secondes de prélèvement).

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

Les valeurs moyennes de température et de pression aux compteurs 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, il n'est pas possible de maintenir le débit réglé pendant toute la durée du cycle (à $\pm 5\%$ près), l'essai doit être annulé. Il doit être recommencé avec un débit inférieur ou un filtre de plus grand diamètre.

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 cycle de conditionnement, et l'essai doit être répété. En cas de défaillance sur l'un des appareils d'essai requis au cours du cycle d'essai, l'essai est annulé.

3.8.5. Opérations après l'essai

À la fin de l'essai, la mesure du volume de gaz d'échappement dilués, la collecte de gaz dans les sacs et la pompe de prélèvement des particules doivent être arrêtées. Dans le cas d'un analyseur intégrateur, la procédure de prélèvement doit être poursuivie jusqu'à la fin des temps de réponse du système.

Les concentrations dans les sacs de collecte, s'ils sont utilisés, doivent être analysées dès que possible et en tout cas moins de 20 minutes après la fin du cycle d'essai.

Après l'essai de mesure des émissions, il doit être exécuté un nouveau contrôle des analyseurs avec un gaz de zéro et le même gaz d'étalonnage. Ce contrôle est considéré comme satisfaisant si la différence entre les résultats avant essai et après essai est de moins de 2 % de la valeur d'étalonnage.

Pour les moteurs diesel seulement, les filtres à particules doivent être ramenés à la chambre de pesée au plus tard une heure après l'achèvement de l'essai; ils doivent être conditionnés dans une boîte de Petri fermée mais non scellée pendant au moins une heure et au plus 80 heures avant la pesée.

3.9. Vérification du déroulement de l'essai

3.9.1. Recalage temporel des données

Afin de minimiser le biais résultant du décalage dans le temps entre les valeurs de rétroaction et celles du cycle de référence, toute la séquence des signaux de rétroaction de régime et de couple du moteur peut être avancée ou retardée par rapport à la séquence de référence de régime et de couple. Si les signaux de rétroaction sont décalés dans le temps, ceux de régime et de vitesse peuvent l'être de la même valeur dans le même sens.

3.9.2. Calcul du travail du cycle

Le travail effectif du cycle W_{act} (kWh) doit être calculé au moyen de chaque paire de données de rétroaction de régime et de couple enregistrées. Cette opération doit s'effectuer après toute opération éventuelle de recalage temporel des données. Le travail effectif du cycle W_{act} est utilisé à des fins de comparaison avec le travail du cycle de référence W_{ref} et pour la détermination des émissions spécifiques du moteur au frein (voir les paragraphes 4.4 et 5.2). La même méthode doit être utilisée pour intégrer la puissance de référence et la puissance effective du moteur. Lorsqu'il s'agit de déterminer des valeurs entre valeurs de référence ou valeurs mesurées adjacentes, on applique une interpolation linéaire.

Pour l'intégration du travail du cycle de référence et du travail effectif du cycle, toutes les valeurs de couple négatives doivent être mises à zéro et incluses. Si une intégration est effectuée à une fréquence inférieure à 5 Hz et si au cours d'un intervalle de temps donné la valeur de couple passe de positive à négative ou de négative à positive, la portion négative doit être calculée et ramenée à zéro. La portion positive peut être incluse dans la valeur intégrée.

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

3.9.3. Opérations statistiques de validation du cycle d'essai

Pour le régime, le couple et la puissance, on exécute des régressions linéaires des valeurs de rétroaction par rapport aux valeurs de référence. Cette opération doit s'effectuer après toute opération éventuelle de recalage temporel des données. On applique à cette fin la méthode des moindres carrés, l'équation de meilleur ajustement ayant la forme:

$$y = mx + b$$

où:

y = valeur de rétroaction (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 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 de rétroaction associées doivent être éliminées du calcul des statistiques de validation du couple et de la puissance sur le cycle. Pour qu'un essai soit jugé valable, il doit satisfaire aux critères du tableau 6.

Tableau 6: Tolérances de la droite de régression

	Régime	Temps	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 – 1,03	0,89 – 1,03 (0,83 – 1,03)
Coefficient de détermination, r ²	min. 0,9700 (min. (min 0,9500))	min. 0,8800 (min. 0,7500)	min. 0,9100 (min. (min 0,7500))
Ordonnée à l'origine de la droite de régression, b	± 50 min ⁻¹	± 20 Nm ou ±2 % (± 20 Nm ou ±3 %) du couple maximal, la valeur supérieure étant retenue	± 4 kW ou ± 2 % (± 4 kW ou ± 3 %) de la puissance maximale, la valeur supérieure étant retenue

Jusqu'au 1er octobre 2005, les chiffres entre parenthèses peuvent être utilisés pour l'essai d'homologation des moteurs à gaz.

Tableau 7: Suppressions de point admises dans les analyses de régression

Condition	Points supprimés
Pleine charge et valeur de rétroaction du couple ≠ valeur de référence du couple	Couple et/ou puissance
Marche à vide, non au ralenti, et valeur de rétroaction du couple > valeur de référence du couple	Couple et/ou puissance
Marche à vide/gaz fermés, point de ralenti et régime > régime de ralenti de référence	Régime et/ou puissance

4. CALCUL DES ÉMISSIONS DE GAZ POLLUANTS

4.1. Détermination du débit de gaz d'échappement dilués

Le débit total de gaz d'échappement dilués durant le cycle (kg/essai) doit être calculé à partir des valeurs de mesure obtenues durant le cycle et des données d'étalonnage correspondantes du débitmètre (V_0 pour PDP ou K_V pour CFV, comme indiqué au paragraphe 2 de l'appendice 5 de l'annexe 4). La formule suivante est utilisée, à condition que la température des gaz d'échappement dilués soit maintenue constante pendant le cycle par l'utilisation d'un échangeur de chaleur (± 6 K pour un système PDP-CVS, ± 11 K pour un système CFV-CVS, voir le paragraphe 2.3 de

l'appendice 6 de l'annexe 4).

Pour le système PDP-CVS:

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

où:

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

V_0 = volume de gaz pompé par tour dans les conditions d'essai, $\text{m}^3/\text{min}^{-1}$

N_P = nombre total de tours de la pompe par essai

p_B = pression atmosphérique dans la chambre d'essai, en kPa

p_1 = dépression (au-dessous de la valeur atmosphérique) à l'entrée de la pompe, kPa

T = température moyenne des gaz d'échappement dilués à l'entrée de la pompe, en K

Pour le système CFV-CVS:

$$M_{\text{TOTW}} = 1,293 * t * K_V * p_A / T^{0.5}$$

où:

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

t = durée du cycle, en s

K_V = coefficient d'étalonnage du débitmètre à venturi aux conditions normales

p_A = pression absolue à l'entrée du tube de venturi, en kPa

T = température à l'entrée du tube de venturi, en K

Si un système à compensation de débit est utilisé (c'est-à-dire 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:

$$M_{\text{TOTW},i} = 1,293 * V_0 * N_{P,i} * (p_B - p_1) * 273 / (101,3 \cong T)$$

où:

$M_{\text{TOTW},i}$ = masse instantanée de gaz d'échappement dilués en conditions humides, en kg

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

Pour le système CFV-CVS:

$$M_{\text{TOTW},i} = 1,293 * \Delta t_i * K_V * p_A / T^{0.5}$$

où:

$M_{TOTW,i}$ = masse instantanée de gaz d'échappement dilués en conditions humides, en kg
 Δt_i = intervalle de temps, en s

Si la masse totale de particules collectées (MSAM) et de gaz polluants dépasse de 0,5 % du débit total de l'échantillon à volume constant (MTOTW), le débit CVS doit être corrigé pour MSAM, ou le débit d'échantillons de particules doit être renvoyé dans le circuit CVS en amont du débitmètre (pompe volumétrique ou venturi).

4.2. Correction des émissions de NO_x pour l'humidité

Étant donné que les émissions de NO_x dépendent des conditions atmosphériques ambiantes, la concentration de NO_x doit être corrigée pour l'humidité de l'air ambiant à l'aide des facteurs de la formule ci-après:

a) Pour les moteurs diesel:

$$K_{H,D} = \frac{1}{1 - 0,0182 * (H_a - 10,71)}$$

b) Pour les moteurs à gaz:

$$K_{H,G} = \frac{1}{1 - 0,0329 * (H_a - 10,71)}$$

où:

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

où:

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

R_a = Humidité relative de l'air d'admission, en %

p_a = pression de vapeur saturante de l'air d'admission, en kPa

p_B = pression barométrique totale, en kPa

4.3. Calcul du débit-masse des émissions

4.3.1. Systèmes à débit-masse constant

Pour les systèmes à échangeur thermique, la masse de polluants (g/essai) doit être déterminée au moyen des équations suivantes:

- (1) masse NO_x = 0,001587 · NO_x conc · K_{H,D} · M_{TOTW} (moteurs diesel)
- (2) masse NO_x = 0,001587 · NO_x conc · K_{H,G} · M_{TOTW} (moteurs à gaz)
- (3) masse CO = 0,000966 · CO conc · M_{TOTW}
- (4) masse HC = 0,000479 · HC conc · M_{TOTW}' (moteurs diesel)
- (5) masse HC = 0,000502 · HC conc · M_{TOTW}' (moteurs fonctionnant au GPL)
- (6) masse HC = 0,000552 · HC conc · M_{TOTW}' (moteurs fonctionnant au GN)
- (7) masse NMHC = 0,000479 · NMHC conc · M_{TOTW}' (moteurs diesel)
- (8) masse NMHC = 0,000502 · NMHC conc · M_{TOTW}' (moteurs fonctionnant au GPL)
- (9) masse NMHC = 0,000516 · NMHC conc · M_{TOTW}' (moteurs fonctionnant au GN)
- (10) masse CH₄ = 0,000552 · CH₄ conc · M_{TOTW}' (moteurs fonctionnant au GN)

où:

NO_x conc, CO conc, HC conc^{9/}, NMHC conc, CH₄ conc = concentrations moyennes corrigées pour les concentrations ambiantes sur la durée du cycle, obtenues par intégration (obligatoire pour les NO_x et les HC) ou par mesure sur sacs de prélèvement, en ppm

M_{TOTW} = masse totale de gaz d'échappement dilués mesurée sur la durée du cycle conformément au paragraphe 4.1, en kg

$K_{H,D}$ = facteur de correction d'humidité pour les moteurs diesel, déterminé selon le paragraphe 4.2, à partir de la moyenne sur le cycle, de l'humidité de l'air d'admission

$K_{H,G}$ = facteur de correction d'humidité pour les moteurs diesel, déterminé selon le paragraphe 4.2, à partir de la moyenne sur le cycle, de l'humidité de l'air d'admission

Les concentrations mesurées en conditions sèches doivent être converties en valeurs rapportées aux conditions humides conformément au paragraphe 4.2 de l'appendice 1 de l'annexe 4.

La détermination de $NMHC_{conc}$ et $CH_{4,conc}$ dépend de la méthode appliquée (voir le paragraphe 3.3.4 de l'appendice 4 de l'annexe 4. Ces concentrations doivent être déterminées ainsi, en soustrayant CH_4 de HC pour la détermination de $NMHC_{conc}$:

a) Méthode par chromatographie en phase gazeuse

$$NMHC_{conc} = HC_{conc} - CH_{4,conc}$$

$$CH_{4,conc} = \text{valeur mesurée}$$

b) Méthode avec convertisseur d'hydrocarbures non méthaniques

$$NMHC_{conc} = \frac{HC(w/o \text{ Cutter}) \cdot (1 - CE_M) - HC(w/ \text{ Cutter})}{CE_E - CE_M}$$

$$CH_{4,conc} = \frac{HC(w/ \text{ Cutter}) - HC(w/o \text{ Cutter}) \cdot (1 - CE_E)}{CE_E - CE_M}$$

où:

HC (avec convertisseur) = concentration de HC lorsque le gaz de l'échantillon passe dans le convertisseur

HC (sans convertisseur) = concentration de HC lorsque le gaz de l'échantillon ne passe pas dans le convertisseur

CE_M = efficacité pour le méthane déterminée conformément au paragraphe 1.8.4.1 de l'appendice 5 de l'annexe 4

CE_E = efficacité pour le méthane déterminée conformément au paragraphe 1.8.4.2 de l'appendice 5 de l'annexe 4

4.3.1.1. Détermination des concentrations corrigées des concentrations ambiantes

La concentration ambiante moyenne des polluants gazeux dans l'air de dilution doit être déduite des concentrations mesurées pour obtenir les concentrations nettes de polluants. Les valeurs moyennes des concentrations ambiantes peuvent être déterminées par mesure dans un sac de prélèvement ou par mesure continue avec intégration. La formule suivante doit être appliquée:

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

où:

conc = concentration du polluant dans les gaz d'échappement dilués, corrigée de la concentration de ce polluant dans l'air de dilution, en ppm

conc_e = concentration du polluant mesurée dans les gaz d'échappement dilués, en ppm

conc_d = concentration du polluant mesurée dans l'air de dilution, en ppm

DF = facteur de dilution

Le facteur de dilution doit être calculé comme suit:

$$\text{DF} = \frac{F_s}{\text{CO}_{2,\text{conce}} + (\text{HC}_{\text{conce}} + \text{CO}_{\text{conce}}) \cdot 10^{-4}}$$

où:

CO_{2,conce} = concentration of CO₂ in the diluted exhaust gas, % vol

HC_{conce} = concentration de HC dans les gaz d'échappement dilués, en ppm C1

CO_{conce} = 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 aux conditions humides conformément au paragraphe 4.2 de l'appendice 1 de l'annexe 4.

Le facteur stœchiométrique se calcule comme suit:

$$F_s = 100 \cdot \frac{x}{x + \frac{y}{2} + 3,76 \cdot \left(x + \frac{y}{4}\right)}$$

où:

x, y = composition du carburant C_xH_y

Si la composition du carburant n'est pas connue, les facteurs stœchiométriques suivants peuvent être utilisés par défaut:

$$\begin{aligned} F_s \text{ (gazole)} &= 13,4 \\ F_s \text{ (GPL)} &= 11,6 \\ F_s \text{ (GN)} &= 9,5 \end{aligned}$$

4.3.2. Systèmes à compensation de débit

Pour les systèmes sans échangeur de chaleur, la masse des polluants (g/essai) doit être déterminée par calcul des émissions massiques instantanées et intégration des valeurs instantanées sur la durée du cycle. En outre, la correction pour concentrations ambiantes doit être appliquée directement à la valeur instantanée des concentrations. Les formules suivantes sont à appliquer:

$$(1) \text{ masse NO}_x = \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{NO}_{x_{\text{conce},i}} \times 0,001587 \times K_{\text{H,D}}) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{NO}_{x_{\text{concd}}} \times (1-1/\text{DF}) \times 0,001587 \times K_{\text{H,D}})$$

(moteurs diesel)

$$(2) \text{ masse NO}_x = \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{NO}_{x_{\text{conce},i}} \times 0,001587 \times K_{\text{H,G}}) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{NO}_{x_{\text{concd}}} \times (1-1/\text{DF}) \times 0,001587 \times K_{\text{H,G}})$$

(moteurs à gaz)

$$(3) \text{ masse CO} = \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{CO}_{\text{conce},i} \times 0,000966) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{CO}_{\text{concd}}} \times (1-1/\text{DF}) \times 0,000966)$$

$$(4) \text{ masse HC} = \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{HC}_{\text{conce},i} \times 0,000479) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{HC}_{\text{concd}}} \times (1-1/\text{DF}) \times 0,000479)$$

(moteurs diesel)

$$(5) \text{ masse HC} = \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{HC}_{\text{conce},i} \times 0,000502) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{HC}_{\text{concd}}} \times (1-1/\text{DF}) \times 0,000502)$$

(moteurs au GPL)

$$(6) \text{ masse HC} = \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{HC}_{\text{conce},i} \times 0,000552) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{HC}_{\text{concd}}} \times (1-1/\text{DF}) \times 0,000552)$$

(moteurs au GN)

$$(7) \text{ masse NMHC} = \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{NMHC}_{\text{conce},i} \times 0,000479) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{NMHC}_{\text{concd}} \times (1-1/\text{DF}) \times 0,000479)$$

(moteurs diesel)

$$(8) \text{ masse NMHC} = \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{NMHC}_{\text{conce},i} \times 0,000502) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{NMHC}_{\text{concd}} \times (1-1/\text{DF}) \times 0,000502)$$

(moteurs au GPL)

$$(9) \text{ masse NMHC} = \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{NMHC}_{\text{conce},i} \times 0,000516) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{NMHC}_{\text{concd}} \times (1-1/\text{DF}) \times 0,000516)$$

(moteurs au GN)

$$(10) \text{ masse CH}_4 = \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{CH}_4_{\text{conce},i} \times 0,000552) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{CH}_4_{\text{concd}} \times (1-1/\text{DF}) \times 0,000552)$$

(moteurs au gaz naturel)

où:

conce = concentration du polluant mesurée dans les gaz d'échappement dilués, en ppm

concd = concentration du polluant mesurée dans l'air de dilution, en ppm

$M_{\text{TOTW},i}$ = masse instantanée de gaz d'échappement dilués (voir le paragraphe 4.1), en kg

M_{TOTW} = masse totale de gaz d'échappement dilués sur la durée du cycle (voir le paragraphe 4.1), en kg

$K_{\text{H,D}}$ = facteur de correction d'humidité pour les moteurs diesel, déterminé selon le paragraphe 4.2, à partir de la moyenne sur le cycle, de l'humidité de l'air d'admission

$K_{\text{H,G}}$ = facteur de correction d'humidité pour les moteurs diesel, déterminé selon le paragraphe 4.2, à partir de la moyenne sur le cycle, de l'humidité de l'air d'admission

DF = facteur de dilution déterminé conformément au paragraphe 4.3.1.1.

4.4. Calcul des émissions spécifiques

Les émissions (g/kWh) doivent être calculées pour chaque composant, comme demandé aux paragraphes 5.2.1 et 5.2.2, pour la technologie moteur concernée, comme suit:

$$\overline{\text{NO}_x} = \text{NO}_{x_{\text{mass}}} / W_{\text{act}} \quad (\text{moteurs diesel et à gaz})$$

$$\overline{\text{CO}} = \text{CO}_{\text{mass}} / W_{\text{act}} \quad (\text{moteurs diesel et à gaz})$$

$$\overline{\text{HC}} = \text{HC}_{\text{mass}} / W_{\text{act}} \quad (\text{moteurs diesel et à gaz})$$

$$\overline{\text{NMHC}} = \text{NMHC}_{\text{mass}} / W_{\text{act}} \quad (\text{moteurs diesel et à gaz})$$

$$\overline{\text{CH}_4} = \text{CH}_{4\text{mass}} / W_{\text{act}} \quad (\text{moteurs au gaz naturel})$$

où:

W_{act} = travail du cycle effectif, déterminé conformément au paragraphe 3.9.2, en kWh.

5. CALCUL DES ÉMISSIONS DE PARTICULES (SI APPLICABLE)

5.1. Calcul du débit-masse

La masse de particules (g/essai) est calculée comme suit:

$$PT_{\text{mass}} = \frac{M_f}{M_{\text{SAM}}} * \frac{M_{\text{TOTW}}}{1000}$$

où:

M_f = masse de particules collectées au cours du cycle, en mg

M_{TOTW} = masse totale de gaz d'échappement dilués mesurée sur la durée du cycle conformément au paragraphe 4.1, en kg

M_{SAM} = masse totale de gaz d'échappement dilués prélevée dans le tunnel de dilution pour la collecte de particules, en kg

et

$M_f = M_{f,p} + M_{f,b}$, si ces valeurs sont pesées séparément, en mg

$M_{f,p}$ = masse de particules collectées sur le filtre primaire, en mg

$M_{f,b}$ = masse de particules collectées sur le filtre secondaire, en mg

Si un système de 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 traversant les filtres à particules.

$$M_{\text{SAM}} = M_{\text{TOT}} - M_{\text{SEC}}$$

où:

M_{TOT} = masse de gaz d'échappement doublement dilués traversant les filtres à particules, en kg

M_{SEC} = masse d'air de dilution secondaire, en kg

Si la concentration ambiante de particules dans l'air de dilution est déterminée conformément au paragraphe 3.4, la masse de particules peut être corrigée pour cette concentration ambiante. Dans ce cas, la masse de particules (g/essai) doit être calculée comme suit:

$$PT_{mass} = \left[\frac{M_f}{M_{SAM}} - \left(\frac{M_d}{M_{DIL}} * \left(1 - \frac{1}{DF} \right) \right) \right] * \frac{M_{TOTW}}{1000}$$

où:

M_f, M_{SAM}, M_{TOTW} = voir ci-dessus

M_{DIL} = masse d'air de dilution primaire prélevée par le système de collecte des particules dans l'air de dilution, en kg

M_d = masse des particules collectées d'origine ambiante dans l'air de dilution primaire, en mg

DF = facteur de dilution déterminé conformément au paragraphe 4.3.1.1.

5.2. Calcul des émissions spécifiques

Les émissions de particules (g/kWh) sont calculées comme suit:

$$\overline{PT} = PT_{mass} / W_{act}$$

où:

W_{act} = travail du cycle effectif, déterminé conformément au paragraphe 3.9.2, en kWh.

Annexe 4 – Appendice 3
FICHE DE PROGRAMMATION DU DYNAMOMÈTRE POUR L'ESSAI ETC

Temp s	Régime normalisé	Couple normalisé	Temps	Régime normalisé	Couple normalisé	Temps	Régime normalisé	Couple normalisé
s	%	%	s	%	%	s	%	%
1	0	0	52	0	0	103	0	0
2	0	0	53	0	0	104	0	0
3	0	0	54	0	0	105	0	0
4	0	0	55	0	0	106	0	0
5	0	0	56	0	0	107	0	0
6	0	0	57	0	0	108	11,6	14,8
7	0	0	58	0	0	109	0	0
8	0	0	59	0	0	110	27,2	74,8
9	0	0	60	0	0	111	17	76,9
10	0	0	61	0	0	112	36	78
11	0	0	62	25,5	11,1	113	59,7	86
12	0	0	63	28,5	20,9	114	80,8	17,9
13	0	0	64	32	73,9	115	49,7	0
14	0	0	65	4	82,3	116	65,6	86
15	0	0	66	34,5	80,4	117	78,6	72,2
16	0,1	1,5	67	64,1	86	118	64,9	"m"
17	23,1	21,5	68	58	0	119	44,3	"m"
18	12,6	28,5	69	50,3	83,4	120	51,4	83,4
19	21,8	71	70	66,4	99,1	121	58,1	97
20	19,7	76,8	71	81,4	99,6	122	69,3	99,3
21	54,6	80,9	72	88,7	73,4	123	72	20,8
22	71,3	4,9	73	52,5	0	124	72,1	"m"
23	55,9	18,1	74	46,4	58,5	125	65,3	"m"
24	72	85,4	75	48,6	90,9	126	64	"m"
25	86,7	61,8	76	55,2	99,4	127	59,7	"m"
26	51,7	0	77	62,3	99	128	52,8	"m"
27	53,4	48,9	78	68,4	91,5	129	45,9	"m"
28	34,2	87,6	79	74,5	73,7	130	38,7	"m"
29	45,5	92,7	80	38	0	131	32,4	"m"
30	54,6	99,5	81	41,8	89,6	132	27	"m"
31	64,5	96,8	82	47,1	99,2	133	21,7	"m"
32	71,7	85,4	83	52,5	99,8	134	19,1	0,4
33	79,4	54,8	84	56,9	80,8	135	34,7	14
34	89,7	99,4	85	58,3	11,8	136	16,4	48,6
35	57,4	0	86	56,2	"m"	137	0	11,2
36	59,7	30,6	87	52	"m"	138	1,2	2,1
37	90,1	"m"	88	43,3	"m"	139	30,1	19,3
38	82,9	"m"	89	36,1	"m"	140	30	73,9
39	51,3	"m"	90	27,6	"m"	141	54,4	74,4
40	28,5	"m"	91	21,1	"m"	142	77,2	55,6
41	29,3	"m"	92	8	0	143	58,1	0
42	26,7	"m"	93	0	0	144	45	82,1
43	20,4	"m"	94	0	0	145	68,7	98,1
44	14,1	0	95	0	0	146	85,7	67,2
45	6,5	0	96	0	0	147	60,2	0
46	0	0	97	0	0	148	59,4	98
47	0	0	98	0	0	149	72,7	99,6
48	0	0	99	0	0	150	79,9	45
49	0	0	100	0	0	151	44,3	0
50	0	0	101	0	0	152	41,5	84,4
51	0	0	102	0	0	153	56,2	98,2

Temps	Régime. normalisé	Couple. normalisé	Temps	Régime normalisé	Couple. normalisé	Temps	Régime. normalisé	Couple normalisé
s	%	%	s	%	%	s	%	%
154	65,7	99,1	205	0	0	256	51,7	17
155	74,4	84,7	206	0	0	257	56,2	78,7
156	54,4	0	207	0	0	258	59,5	94,7
157	47,9	89,7	208	0	0	259	65,5	99,1
158	54,5	99,5	209	0	0	260	71,2	99,5
159	62,7	96,8	210	0	0	261	76,6	99,9
160	62,3	0	211	0	0	262	79	0
161	46,2	54,2	212	0	0	263	52,9	97,5
162	44,3	83,2	213	0	0	264	53,1	99,7
163	48,2	13,3	214	0	0	265	59	99,1
164	51	"m"	215	0	0	266	62,2	99
165	50	"m"	216	0	0	267	65	99,1
166	49,2	"m"	217	0	0	268	69	83,1
167	49,3	"m"	218	0	0	269	69,9	28,4
168	49,9	"m"	219	0	0	270	70,6	12,5
169	51,6	"m"	220	0	0	271	68,9	8,4
170	49,7	"m"	221	0	0	272	69,8	9,1
171	48,5	"m"	222	0	0	273	69,6	7
172	50,3	72,5	223	0	0	274	65,7	"m"
173	51,1	84,5	224	0	0	275	67,1	"m"
174	54,6	64,8	225	21,2	62,7	276	66,7	"m"
175	56,6	76,5	226	30,8	75,1	277	65,6	"m"
176	58	"m"	227	5,9	82,7	278	64,5	"m"
177	53,6	"m"	228	34,6	80,3	279	62,9	"m"
178	40,8	"m"	229	59,9	87	280	59,3	"m"
179	32,9	"m"	230	84,3	86,2	281	54,1	"m"
180	26,3	"m"	231	68,7	"m"	282	51,3	"m"
181	20,9	"m"	232	43,6	"m"	283	47,9	"m"
182	10	0	233	41,5	85,4	284	43,6	"m"
183	0	0	234	49,9	94,3	285	39,4	"m"
184	0	0	235	60,8	99	286	34,7	"m"
185	0	0	236	70,2	99,4	287	29,8	"m"
186	0	0	237	81,1	92,4	288	20,9	73,4
187	0	0	238	49,2	0	289	36,9	"m"
188	0	0	239	56	86,2	290	35,5	"m"
189	0	0	240	56,2	99,3	291	20,9	"m"
190	0	0	241	61,7	99	292	49,7	11,9
191	0	0	242	69,2	99,3	293	42,5	"m"
192	0	0	243	74,1	99,8	294	32	"m"
193	0	0	244	72,4	8,4	295	23,6	"m"
194	0	0	245	71,3	0	296	19,1	0
195	0	0	246	71,2	9,1	297	15,7	73,5
196	0	0	247	67,1	"m"	298	25,1	76,8
197	0	0	248	65,5	"m"	299	34,5	81,4
198	0	0	249	64,4	"m"	300	44,1	87,4
199	0	0	250	62,9	25,6	301	52,8	98,6
200	0	0	251	62,2	35,6	302	63,6	99
201	0	0	252	62,9	24,4	303	73,6	99,7
202	0	0	253	58,8	"m"	304	62,2	"m"
203	0	0	254	56,9	"m"	305	29,2	"m"
204	0	0	255	54,5	"m"	306	46,4	22

Temps	Régime. normalisé	Couple. normalisé	Temps	Régime normalisé	Couple. normalisé	Temps	Régime. normalisé	Couple normalisé
s	%	%	s	%	%	s	%	%
307	47,3	13,8	358	72,6	99,6	409	56,3	72,3
308	47,2	12,5	359	82,4	99,5	410	59,7	99,1
309	47,9	11,5	360	88	99,4	411	62,3	99
310	47,8	35,5	361	46,4	0	412	67,9	99,2
311	49,2	83,3	362	53,4	95,2	413	69,5	99,3
312	52,7	96,4	363	58,4	99,2	414	73,1	99,7
313	57,4	99,2	364	61,5	99	415	77,7	99,8
314	61,8	99	365	64,8	99	416	79,7	99,7
315	66,4	60,9	366	68,1	99,2	417	82,5	99,5
316	65,8	"m"	367	73,4	99,7	418	85,3	99,4
317	59	"m"	368	73,3	29,8	419	86,6	99,4
318	50,7	"m"	369	73,5	14,6	420	89,4	99,4
319	41,8	"m"	370	68,3	0	421	62,2	0
320	34,7	"m"	371	45,4	49,9	422	52,7	96,4
321	28,7	"m"	372	47,2	75,7	423	50,2	99,8
322	25,2	"m"	373	44,5	9	424	49,3	99,6
323	43	24,8	374	47,8	10,3	425	52,2	99,8
324	38,7	0	375	46,8	15,9	426	51,3	100
325	48,1	31,9	376	46,9	12,7	427	51,3	100
326	40,3	61	377	46,8	8,9	428	51,1	100
327	42,4	52,1	378	46,1	6,2	429	51,1	100
328	46,4	47,7	379	46,1	"m"	430	51,8	99,9
329	46,9	30,7	380	45,5	"m"	431	51,3	100
330	46,1	23,1	381	44,7	"m"	432	51,1	100
331	45,7	23,2	382	43,8	"m"	433	51,3	100
332	45,5	31,9	383	41	"m"	434	52,3	99,8
333	46,4	73,6	384	41,1	6,4	435	52,9	99,7
334	51,3	60,7	385	38	6,3	436	53,8	99,6
335	51,3	51,1	386	35,9	0,3	437	51,7	99,9
336	53,2	46,8	387	33,5	0	438	53,5	99,6
337	53,9	50	388	53,1	48,9	439	52	99,8
338	53,4	52,1	389	48,3	"m"	440	51,7	99,9
339	53,8	45,7	390	49,9	"m"	441	53,2	99,7
340	50,6	22,1	391	48	"m"	442	54,2	99,5
341	47,8	26	392	45,3	"m"	443	55,2	99,4
342	41,6	17,8	393	41,6	3,1	444	53,8	99,6
343	38,7	29,8	394	44,3	79	445	53,1	99,7
344	35,9	71,6	395	44,3	89,5	446	55	99,4
345	34,6	47,3	396	43,4	98,8	447	57	99,2
346	34,8	80,3	397	44,3	98,9	448	61,5	99
347	35,9	87,2	398	43	98,8	449	59,4	5,7
348	38,8	90,8	399	42,2	98,8	450	59	0
349	41,5	94,7	400	42,7	98,8	451	57,3	59,8
350	47,1	99,2	401	45	99	452	64,1	99
351	53,1	99,7	402	43,6	98,9	453	70,9	90,5
352	46,4	0	403	42,2	98,8	454	58	0
353	42,5	0,7	404	44,8	99	455	41,5	59,8
354	43,6	58,6	405	43,4	98,8	456	44,1	92,6
355	47,1	87,5	406	45	99	457	46,8	99,2
356	54,1	99,5	407	42,2	54,3	458	47,2	99,3
357	62,9	99	408	61,2	31,9	459	51	100

Temps	Régime.	Couple.	Temps	Régime	Couple.	Temps	Régime.	Couple
s	normalis	normalis	s	normalisé	normalisé	s	normalisé	normalisé
	%	%		%	%		%	%
460	53,2	99,7	511	0	0	562	58,7	"m"
461	53,1	99,7	512	0	0	563	56	"m"
462	55,9	53,1	513	0	0	564	53,9	"m"
463	53,9	13,9	514	30,5	25,6	565	52,1	"m"
464	52,5	"m"	515	19,7	56,9	566	49,9	"m"
465	51,7	"m"	516	16,3	45,1	567	46,4	"m"
466	51,5	52,2	517	27,2	4,6	568	43,6	"m"
467	52,8	80	518	21,7	1,3	569	40,8	"m"
468	54,9	95	519	29,7	28,6	570	37,5	"m"
469	57,3	99,2	520	36,6	73,7	571	27,8	"m"
470	60,7	99,1	521	61,3	59,5	572	17,1	0,6
471	62,4	"m"	522	40,8	0	573	12,2	0,9
472	60,1	"m"	523	36,6	27,8	574	11,5	1,1
473	53,2	"m"	524	39,4	80,4	575	8,7	0,5
474	44	"m"	525	51,3	88,9	576	8	0,9
475	35,2	"m"	526	58,5	11,1	577	5,3	0,2
476	30,5	"m"	527	60,7	"m"	578	4	0
477	26,5	"m"	528	54,5	"m"	579	3,9	0
478	22,5	"m"	529	51,3	"m"	580	0	0
479	20,4	"m"	530	45,5	"m"	581	0	0
480	19,1	"m"	531	40,8	"m"	582	0	0
481	19,1	"m"	532	38,9	"m"	583	0	0
482	13,4	"m"	533	36,6	"m"	584	0	0
483	6,7	"m"	534	36,1	72,7	585	0	0
484	3,2	"m"	535	44,8	78,9	586	0	0
485	14,3	63,8	536	51,6	91,1	587	8,7	22,8
486	34,1	0	537	59,1	99,1	588	16,2	49,4
487	23,9	75,7	538	66	99,1	589	23,6	56
488	31,7	79,2	539	75,1	99,9	590	21,1	56,1
489	32,1	19,4	540	81	8	591	23,6	56
490	35,9	5,8	541	39,1	0	592	46,2	68,8
491	36,6	0,8	542	53,8	89,7	593	68,4	61,2
492	38,7	"m"	543	59,7	99,1	594	58,7	"m"
493	38,4	"m"	544	64,8	99	595	31,6	"m"
494	39,4	"m"	545	70,6	96,1	596	19,9	8,8
495	39,7	"m"	546	72,6	19,6	597	32,9	70,2
496	40,5	"m"	547	72	6,3	598	43	79
497	40,8	"m"	548	68,9	0,1	599	57,4	98,9
498	39,7	"m"	549	67,7	"m"	600	72,1	73,8
499	39,2	"m"	550	66,8	"m"	601	53	0
500	38,7	"m"	551	64,3	16,9	602	48,1	86
501	32,7	"m"	552	64,9	7	603	56,2	99
502	30,1	"m"	553	63,6	12,5	604	65,4	98,9
503	21,9	"m"	554	63	7,7	605	72,9	99,7
504	12,8	0	555	64,4	38,2	606	67,5	"m"
505	0	0	556	63	11,8	607	39	"m"
506	0	0	557	63,6	0	608	41,9	38,1
507	0	0	558	63,3	5	609	44,1	80,4
508	0	0	559	60,1	9,1	610	46,8	99,4
509	0	0	560	61	8,4	611	48,7	99,9
510	0	0	561	59,7	0,9	612	50,5	99,7

Temps	Régime. normalisé	Couple. normalisé	Temps	Régime normalisé	Couple. normalisé	Temps	Régime. normalisé	Couple normalisé
s	%	%	s	%	%	s	%	%
613	52,5	90,3	664	54	39,3	715	46,2	"m"
614	51	1,8	665	53,8	"m"	716	45,6	9,8
615	50	"m"	666	52	"m"	717	45,6	34,5
616	49,1	"m"	667	50,4	"m"	718	45,5	37,1
617	47	"m"	668	50,6	0	719	43,8	"m"
618	43,1	"m"	669	49,3	41,7	720	41,9	"m"
619	39,2	"m"	670	50	73,2	721	41,3	"m"
620	40,6	0,5	671	50,4	99,7	722	41,4	"m"
621	41,8	53,4	672	51,9	99,5	723	41,2	"m"
622	44,4	65,1	673	53,6	99,3	724	41,8	"m"
623	48,1	67,8	674	54,6	99,1	725	41,8	"m"
624	53,8	99,2	675	56	99	726	43,2	17,4
625	58,6	98,9	676	55,8	99	727	45	29
626	63,6	98,8	677	58,4	98,9	728	44,2	"m"
627	68,5	99,2	678	59,9	98,8	729	43,9	"m"
628	72,2	89,4	679	60,9	98,8	730	38	10,7
629	77,1	0	680	63	98,8	731	56,8	"m"
630	57,8	79,1	681	64,3	98,9	732	57,1	"m"
631	60,3	98,8	682	64,8	64	733	52	"m"
632	61,9	98,8	683	65,9	46,5	734	44,4	"m"
633	63,8	98,8	684	66,2	28,7	735	40,2	"m"
634	64,7	98,9	685	65,2	1,8	736	39,2	16,5
635	65,4	46,5	686	65	6,8	737	38,9	73,2
636	65,7	44,5	687	63,6	53,6	738	39,9	89,8
637	65,6	3,5	688	62,4	82,5	739	42,3	98,6
638	49,1	0	689	61,8	98,8	740	43,7	98,8
639	50,4	73,1	690	59,8	98,8	741	45,5	99,1
640	50,5	"m"	691	59,2	98,8	742	45,6	99,2
641	51	"m"	692	59,7	98,8	743	48,1	99,7
642	49,4	"m"	693	61,2	98,8	744	49	100
643	49,2	"m"	694	62,2	49,4	745	49,8	99,9
644	48,6	"m"	695	62,8	37,2	746	49,8	99,9
645	47,5	"m"	696	63,5	46,3	747	51,9	99,5
646	46,5	"m"	697	64,7	72,3	748	52,3	99,4
647	46	11,3	698	64,7	72,3	749	53,3	99,3
648	45,6	42,8	699	65,4	77,4	750	52,9	99,3
649	47,1	83	700	66,1	69,3	751	54,3	99,2
650	46,2	99,3	701	64,3	"m"	752	55,5	99,1
651	47,9	99,7	702	64,3	"m"	753	56,7	99
652	49,5	99,9	703	63	"m"	754	61,7	98,8
653	50,6	99,7	704	62,2	"m"	755	64,3	47,4
654	51	99,6	705	61,6	"m"	756	64,7	1,8
655	53	99,3	706	62,4	"m"	757	66,2	"m"
656	54,9	99,1	707	62,2	"m"	758	49,1	"m"
657	55,7	99	708	61	"m"	759	52,1	46
658	56	99	709	58,7	"m"	760	52,6	61
659	56,1	9,3	710	55,5	"m"	761	52,9	0
660	55,6	"m"	711	51,7	"m"	762	52,3	20,4
661	55,4	"m"	712	49,2	"m"	763	54,2	56,7
662	54,9	51,3	713	48,8	40,4	764	55,4	59,8
663	54,9	59,8	714	47,9	"m"	765	56,1	49,2

Temps	Régime. normalisé	Couple. normalisé	Temps	Régime normalisé	Couple. normalisé	Temps	Régime. normalisé	Couple normalisé
s	%	%	s	%	%	s	%	%
766	56,8	33,7	817	61,7	46,2	868	53	99,3
767	57,2	96	818	59,8	45,1	869	54,2	99,2
768	58,6	98,9	819	57,4	43,9	870	55,5	99,1
769	59,5	98,8	820	54,8	42,8	871	56,7	99
770	61,2	98,8	821	54,3	65,2	872	57,3	98,9
771	62,1	98,8	822	52,9	62,1	873	58	98,9
772	62,7	98,8	823	52,4	30,6	874	60,5	31,1
773	62,8	98,8	824	50,4	"m"	875	60,2	"m"
774	64	98,9	825	48,6	"m"	876	60,3	"m"
775	63,2	46,3	826	47,9	"m"	877	60,5	6,3
776	62,4	"m"	827	46,8	"m"	878	61,4	19,3
777	60,3	"m"	828	46,9	9,4	879	60,3	1,2
778	58,7	"m"	829	49,5	41,7	880	60,5	2,9
779	57,2	"m"	830	50,5	37,8	881	61,2	34,1
780	56,1	"m"	831	52,3	20,4	882	61,6	13,2
781	56	9,3	832	54,1	30,7	883	61,5	16,4
782	55,2	26,3	833	56,3	41,8	884	61,2	16,4
783	54,8	42,8	834	58,7	26,5	885	61,3	"m"
784	55,7	47,1	835	57,3	"m"	886	63,1	"m"
785	56,6	52,4	836	59	"m"	887	63,2	4,8
786	58	50,3	837	59,8	"m"	888	62,3	22,3
787	58,6	20,6	838	60,3	"m"	889	62	38,5
788	58,7	"m"	839	61,2	"m"	890	61,6	29,6
789	59,3	"m"	840	61,8	"m"	891	61,6	26,6
790	58,6	"m"	841	62,5	"m"	892	61,8	28,1
791	60,5	9,7	842	62,4	"m"	893	62	29,6
792	59,2	9,6	843	61,5	"m"	894	62	16,3
793	59,9	9,6	844	63,7	"m"	895	61,1	"m"
794	59,6	9,6	845	61,9	"m"	896	61,2	"m"
795	59,9	6,2	846	61,6	29,7	897	60,7	19,2
796	59,9	9,6	847	60,3	"m"	898	60,7	32,5
797	60,5	13,1	848	59,2	"m"	899	60,9	17,8
798	60,3	20,7	849	57,3	"m"	900	60,1	19,2
799	59,9	31	850	52,3	"m"	901	59,3	38,2
800	60,5	42	851	49,3	"m"	902	59,9	45
801	61,5	52,5	852	47,3	"m"	903	59,4	32,4
802	60,9	51,4	853	46,3	38,8	904	59,2	23,5
803	61,2	57,7	854	46,8	35,1	905	59,5	40,8
804	62,8	98,8	855	46,6	"m"	906	58,3	"m"
805	63,4	96,1	856	44,3	"m"	907	58,2	"m"
806	64,6	45,4	857	43,1	"m"	908	57,6	"m"
807	64,1	5	858	42,4	2,1	909	57,1	"m"
808	63	3,2	859	41,8	2,4	910	57	0,6
809	62,7	14,9	860	43,8	68,8	911	57	26,3
810	63,5	35,8	861	44,6	89,2	912	56,5	29,2
811	64,1	73,3	862	46	99,2	913	56,3	20,5
812	64,3	37,4	863	46,9	99,4	914	56,1	"m"
813	64,1	21	864	47,9	99,7	915	55,2	"m"
814	63,7	21	865	50,2	99,8	916	54,7	17,5
815	62,9	18	866	51,2	99,6	917	55,2	29,2
816	62,4	32,7	867	52,3	99,4	918	55,2	29,2

Temps	Régime. normalisé	Couple. normalisé	Temps	Régime normalisé	Couple. normalisé	Temps	Régime. normalisé	Couple normalisé
s	%	%	s	%	%	s	%	%
919	55,9	16	970	49,9	99,7	1021	49,4	"m"
920	55,9	26,3	971	49,6	99,6	1022	48,3	"m"
921	56,1	36,5	972	49,4	99,6	1023	49,4	"m"
922	55,8	19	973	49	99,5	1024	48,5	"m"
923	55,9	9,2	974	49,8	99,7	1025	48,7	"m"
924	55,8	21,9	975	50,9	100	1026	48,7	"m"
925	56,4	42,8	976	50,4	99,8	1027	49,1	"m"
926	56,4	38	977	49,8	99,7	1028	49	"m"
927	56,4	11	978	49,1	99,5	1029	49,8	"m"
928	56,4	35,1	979	50,4	99,8	1030	48,7	"m"
929	54	7,3	980	49,8	99,7	1031	48,5	"m"
930	53,4	5,4	981	49,3	99,5	1032	49,3	31,3
931	52,3	27,6	982	49,1	99,5	1033	49,7	45,3
932	52,1	32	983	49,9	99,7	1034	48,3	44,5
933	52,3	33,4	984	49,1	99,5	1035	49,8	61
934	52,2	34,9	985	50,4	99,8	1036	49,4	64,3
935	52,8	60,1	986	50,9	100	1037	49,8	64,4
936	53,7	69,7	987	51,4	99,9	1038	50,5	65,6
937	54	70,7	988	51,5	99,9	1039	50,3	64,5
938	55,1	71,7	989	52,2	99,7	1040	51,2	82,9
939	55,2	46	990	52,8	74,1	1041	50,5	86
940	54,7	12,6	991	53,3	46	1042	50,6	89
941	52,5	0	992	53,6	36,4	1043	50,4	81,4
942	51,8	24,7	993	53,4	33,5	1044	49,9	49,9
943	51,4	43,9	994	53,9	58,9	1045	49,1	20,1
944	50,9	71,1	995	55,2	73,8	1046	47,9	24
945	51,2	76,8	996	55,8	52,4	1047	48,1	36,2
946	50,3	87,5	997	55,7	9,2	1048	47,5	34,5
947	50,2	99,8	998	55,8	2,2	1049	46,9	30,3
948	50,9	100	999	56,4	33,6	1050	47,7	53,5
949	49,9	99,7	1000	55,4	"m"	1051	46,9	61,6
950	50,9	100	1001	55,2	"m"	1052	46,5	73,6
951	49,8	99,7	1002	55,8	26,3	1053	48	84,6
952	50,4	99,8	1003	55,8	23,3	1054	47,2	87,7
953	50,4	99,8	1004	56,4	50,2	1055	48,7	80
954	49,7	99,7	1005	57,6	68,3	1056	48,7	50,4
955	51	100	1006	58,8	90,2	1057	47,8	38,6
956	50,3	99,8	1007	59,9	98,9	1058	48,8	63,1
957	50,2	99,8	1008	62,3	98,8	1059	47,4	5
958	49,9	99,7	1009	63,1	74,4	1060	47,3	47,4
959	50,9	100	1010	63,7	49,4	1061	47,3	49,8
960	50	99,7	1011	63,3	9,8	1062	46,9	23,9
961	50,2	99,8	1012	48	0	1063	46,7	44,6
962	50,2	99,8	1013	47,9	73,5	1064	46,8	65,2
963	49,9	99,7	1014	49,9	99,7	1065	46,9	60,4
964	50,4	99,8	1015	49,9	48,8	1066	46,7	61,5
965	50,2	99,8	1016	49,6	2,3	1067	45,5	"m"
966	50,3	99,8	1017	49,9	"m"	1068	45,5	"m"
967	49,9	99,7	1018	49,3	"m"	1069	44,2	"m"
968	51,1	100	1019	49,7	47,5	1070	43	"m"
969	50,6	99,9	1020	49,1	"m"	1071	42,5	"m"

Temps	Régime. normalisé	Couple. normalisé	Temps	Régime normalisé	Couple. normalisé	Temps	Régime. normalisé	Couple normalisé
s	%	%	s	%	%	s	%	%
1072	41	"m"	1123	55	"m"	1174	56,9	"m"
1073	39,9	"m"	1124	53,7	"m"	1175	56,4	4
1074	39,9	38,2	1125	52,1	"m"	1176	57	23,4
1075	40,1	48,1	1126	51,1	"m"	1177	56,4	41,7
1076	39,9	48	1127	49,7	25,8	1178	57	49,2
1077	39,4	59,3	1128	49,1	46,1	1179	57,7	56,6
1078	43,8	19,8	1129	48,7	46,9	1180	58,6	56,6
1079	52,9	0	1130	48,2	46,7	1181	58,9	64
1080	52,8	88,9	1131	48	70	1182	59,4	68,2
1081	53,4	99,5	1132	48	70	1183	58,8	71,4
1082	54,7	99,3	1133	47,2	67,6	1184	60,1	71,3
1083	56,3	99,1	1134	47,3	67,6	1185	60,6	79,1
1084	57,5	99	1135	46,6	74,7	1186	60,7	83,3
1085	59	98,9	1136	47,4	13	1187	60,7	77,1
1086	59,8	98,9	1137	46,3	"m"	1188	60	73,5
1087	60,1	98,9	1138	45,4	"m"	1189	60,2	55,5
1088	61,8	48,3	1139	45,5	24,8	1190	59,7	54,4
1089	61,8	55,6	1140	44,8	73,8	1191	59,8	73,3
1090	61,7	59,8	1141	46,6	99	1192	59,8	77,9
1091	62	55,6	1142	46,3	98,9	1193	59,8	73,9
1092	62,3	29,6	1143	48,5	99,4	1194	60	76,5
1093	62	19,3	1144	49,9	99,7	1195	59,5	82,3
1094	61,3	7,9	1145	49,1	99,5	1196	59,9	82,8
1095	61,1	19,2	1146	49,1	99,5	1197	59,8	65,8
1096	61,2	43	1147	51	100	1198	59	48,6
1097	61,1	59,7	1148	51,5	99,9	1199	58,9	62,2
1098	61,1	98,8	1149	50,9	100	1200	59,1	70,4
1099	61,3	98,8	1150	51,6	99,9	1201	58,9	62,1
1100	61,3	26,6	1151	52,1	99,7	1202	58,4	67,4
1101	60,4	"m"	1152	50,9	100	1203	58,7	58,9
1102	58,8	"m"	1153	52,2	99,7	1204	58,3	57,7
1103	57,7	"m"	1154	51,5	98,3	1205	57,5	57,8
1104	56	"m"	1155	51,5	47,2	1206	57,2	57,6
1105	54,7	"m"	1156	50,8	78,4	1207	57,1	42,6
1106	53,3	"m"	1157	50,3	83	1208	57	70,1
1107	52,6	23,2	1158	50,3	31,7	1209	56,4	59,6
1108	53,4	84,2	1159	49,3	31,3	1210	56,7	39
1109	53,9	99,4	1160	48,8	21,5	1211	55,9	68,1
1110	54,9	99,3	1161	47,8	59,4	1212	56,3	79,1
1111	55,8	99,2	1162	48,1	77,1	1213	56,7	89,7
1112	57,1	99	1163	48,4	87,6	1214	56	89,4
1113	56,5	99,1	1164	49,6	87,5	1215	56	93,1
1114	58,9	98,9	1165	51	81,4	1216	56,4	93,1
1115	58,7	98,9	1166	51,6	66,7	1217	56,7	94,4
1116	59,8	98,9	1167	53,3	63,2	1218	56,9	94,8
1117	61	98,8	1168	55,2	62	1219	57	94,1
1118	60,7	19,2	1169	55,7	43,9	1220	57,7	94,3
1119	59,4	"m"	1170	56,4	30,7	1221	57,5	93,7
1120	57,9	"m"	1171	56,8	23,4	1222	58,4	93,2
1121	57,6	"m"	1172	57	"m"	1223	58,7	93,2
1122	56,3	"m"	1173	57,6	"m"	1224	58,2	93,7

Temps	Régime. normalisé	Couple. normalisé	Temps	Régime normalisé	Couple. normalisé	Temps	Régime. normalisé	Couple normalisé
s	%	%	s	%	%	s	%	%
1225	58,5	93,1	1276	60,6	5,5	1327	63,1	20,3
1226	58,8	86,2	1277	61	14,3	1328	61,8	19,1
1227	59	72,9	1278	61	12	1329	61,6	17,1
1228	58,2	59,9	1279	61,3	34,2	1330	61	0
1229	57,6	8,5	1280	61,2	17,1	1331	61,2	22
1230	57,1	47,6	1281	61,5	15,7	1332	60,8	40,3
1231	57,2	74,4	1282	61	9,5	1333	61,1	34,3
1232	57	79,1	1283	61,1	9,2	1334	60,7	16,1
1233	56,7	67,2	1284	60,5	4,3	1335	60,6	16,6
1234	56,8	69,1	1285	60,2	7,8	1336	60,5	18,5
1235	56,9	71,3	1286	60,2	5,9	1337	60,6	29,8
1236	57	77,3	1287	60,2	5,3	1338	60,9	19,5
1237	57,4	78,2	1288	59,9	4,6	1339	60,9	22,3
1238	57,3	70,6	1289	59,4	21,5	1340	61,4	35,8
1239	57,7	64	1290	59,6	15,8	1341	61,3	42,9
1240	57,5	55,6	1291	59,3	10,1	1342	61,5	31
1241	58,6	49,6	1292	58,9	9,4	1343	61,3	19,2
1242	58,2	41,1	1293	58,8	9	1344	61	9,3
1243	58,8	40,6	1294	58,9	35,4	1345	60,8	44,2
1244	58,3	21,1	1295	58,9	30,7	1346	60,9	55,3
1245	58,7	24,9	1296	58,9	25,9	1347	61,2	56
1246	59,1	24,8	1297	58,7	22,9	1348	60,9	60,1
1247	58,6	"m"	1298	58,7	24,4	1349	60,7	59,1
1248	58,8	"m"	1299	59,3	61	1350	60,9	56,8
1249	58,8	"m"	1300	60,1	56	1351	60,7	58,1
1250	58,7	"m"	1301	60,5	50,6	1352	59,6	78,4
1251	59,1	"m"	1302	59,5	16,2	1353	59,6	84,6
1252	59,1	"m"	1303	59,7	50	1354	59,4	66,6
1253	59,4	"m"	1304	59,7	31,4	1355	59,3	75,5
1254	60,6	2,6	1305	60,1	43,1	1356	58,9	49,6
1255	59,6	"m"	1306	60,8	38,4	1357	59,1	75,8
1256	60,1	"m"	1307	60,9	40,2	1358	59	77,6
1257	60,6	"m"	1308	61,3	49,7	1359	59	67,8
1258	59,6	4,1	1309	61,8	45,9	1360	59	56,7
1259	60,7	7,1	1310	62	45,9	1361	58,8	54,2
1260	60,5	"m"	1311	62,2	45,8	1362	58,9	59,6
1261	59,7	"m"	1312	62,6	46,8	1363	58,9	60,8
1262	59,6	"m"	1313	62,7	44,3	1364	59,3	56,1
1263	59,8	"m"	1314	62,9	44,4	1365	58,9	48,5
1264	59,6	4,9	1315	63,1	43,7	1366	59,3	42,9
1265	60,1	5,9	1316	63,5	46,1	1367	59,4	41,4
1266	59,9	6,1	1317	63,6	40,7	1368	59,6	38,9
1267	59,7	"m"	1318	64,3	49,5	1369	59,4	32,9
1268	59,6	"m"	1319	63,7	27	1370	59,3	30,6
1269	59,7	22	1320	63,8	15	1371	59,4	30
1270	59,8	10,3	1321	63,6	18,7	1372	59,4	25,3
1271	59,9	10	1322	63,4	8,4	1373	58,8	18,6
1272	60,6	6,2	1323	63,2	8,7	1374	59,1	18
1273	60,5	7,3	1324	63,3	21,6	1375	58,5	10,6
1274	60,2	14,8	1325	62,9	19,7	1376	58,8	10,5
1275	60,6	8,2	1326	63	22,1	1377	58,5	8,2

Temps	Régime.	Couple.	Temps	Régime	Couple.	Temps	Régime.	Couple
s	normalisé	normalisé	s	normalisé	normalisé	s	normalisé	normalisé
	%	%		%	%		%	%
1378	58,7	13,7	1429	62,3	37,4	1480	60,1	4,7
1379	59,1	7,8	1430	62,3	35,7	1481	59,9	0
1380	59,1	6	1431	62,8	34,4	1482	60,4	36,2
1381	59,1	6	1432	62,8	31,5	1483	60,7	32,5
1382	59,4	13,1	1433	62,9	31,7	1484	59,9	3,1
1383	59,7	22,3	1434	62,9	29,9	1485	59,7	"m"
1384	60,7	10,5	1435	62,8	29,4	1486	59,5	"m"
1385	59,8	9,8	1436	62,7	28,7	1487	59,2	"m"
1386	60,2	8,8	1437	61,5	14,7	1488	58,8	0,6
1387	59,9	8,7	1438	61,9	17,2	1489	58,7	"m"
1388	61	9,1	1439	61,5	6,1	1490	58,7	"m"
1389	60,6	28,2	1440	61	9,9	1491	57,9	"m"
1390	60,6	22	1441	60,9	4,8	1492	58,2	"m"
1391	59,6	23,2	1442	60,6	11,1	1493	57,6	"m"
1392	59,6	19	1443	60,3	6,9	1494	58,3	9,5
1393	60,6	38,4	1444	60,8	7	1495	57,2	6
1394	59,8	41,6	1445	60,2	9,2	1496	57,4	27,3
1395	60	47,3	1446	60,5	21,7	1497	58,3	59,9
1396	60,5	55,4	1447	60,2	22,4	1498	58,3	7,3
1397	60,9	58,7	1448	60,7	31,6	1499	58,8	21,7
1398	61,3	37,9	1449	60,9	28,9	1500	58,8	38,9
1399	61,2	38,3	1450	59,6	21,7	1501	59,4	26,2
1400	61,4	58,7	1451	60,2	18	1502	59,1	25,5
1401	61,3	51,3	1452	59,5	16,7	1503	59,1	26
1402	61,4	71,1	1453	59,8	15,7	1504	59	39,1
1403	61,1	51	1454	59,6	15,7	1505	59,5	52,3
1404	61,5	56,6	1455	59,3	15,7	1506	59,4	31
1405	61	60,6	1456	59	7,5	1507	59,4	27
1406	61,1	75,4	1457	58,8	7,1	1508	59,4	29,8
1407	61,4	69,4	1458	58,7	16,5	1509	59,4	23,1
1408	61,6	69,9	1459	59,2	50,7	1510	58,9	16
1409	61,7	59,6	1460	59,7	60,2	1511	59	31,5
1410	61,8	54,8	1461	60,4	44	1512	58,8	25,9
1411	61,6	53,6	1462	60,2	35,3	1513	58,9	40,2
1412	61,3	53,5	1463	60,4	17,1	1514	58,8	28,4
1413	61,3	52,9	1464	59,9	13,5	1515	58,9	38,9
1414	61,2	54,1	1465	59,9	12,8	1516	59,1	35,3
1415	61,3	53,2	1466	59,6	14,8	1517	58,8	30,3
1416	61,2	52,2	1467	59,4	15,9	1518	59	19
1417	61,2	52,3	1468	59,4	22	1519	58,7	3
1418	61	48	1469	60,4	38,4	1520	57,9	0
1419	60,9	41,5	1470	59,5	38,8	1521	58	2,4
1420	61	32,2	1471	59,3	31,9	1522	57,1	"m"
1421	60,7	22	1472	60,9	40,8	1523	56,7	"m"
1422	60,7	23,3	1473	60,7	39	1524	56,7	5,3
1423	60,8	38,8	1474	60,9	30,1	1525	56,6	2,1
1424	61	40,7	1475	61	29,3	1526	56,8	"m"
1425	61	30,6	1476	60,6	28,4	1527	56,3	"m"
1426	61,3	62,6	1477	60,9	36,3	1528	56,3	"m"
1427	61,7	55,9	1478	60,8	30,5	1529	56	"m"
1428	62,3	43,4	1479	60,7	26,7	1530	56,7	"m"

Temps	Régime.	Couple.	Temps	Régime	Couple.	Temps	Régime.	Couple
s	normalisé	normalisé	s	normalisé	normalisé	s	normalisé	normalisé
	%	%		%	%		%	%
1531	56,6	3,8	1582	59,9	73,6	1633	62,5	31
1532	56,9	"m"	1583	59,8	74,1	1634	62,3	31,3
1533	56,9	"m"	1584	59,6	84,6	1635	62,6	31,7
1534	57,4	"m"	1585	59,4	76,1	1636	62,3	22,8
1535	57,4	"m"	1586	60,1	76,9	1637	62,7	12,6
1536	58,3	13,9	1587	59,5	84,6	1638	62,2	15,2
1537	58,5	"m"	1588	59,8	77,5	1639	61,9	32,6
1538	59,1	"m"	1589	60,6	67,9	1640	62,5	23,1
1539	59,4	"m"	1590	59,3	47,3	1641	61,7	19,4
1540	59,6	"m"	1591	59,3	43,1	1642	61,7	10,8
1541	59,5	"m"	1592	59,4	38,3	1643	61,6	10,2
1542	59,6	0,5	1593	58,7	38,2	1644	61,4	"m"
1543	59,3	9,2	1594	58,8	39,2	1645	60,8	"m"
1544	59,4	11,2	1595	59,1	67,9	1646	60,7	"m"
1545	59,1	26,8	1596	59,7	60,5	1647	61	12,4
1546	59	11,7	1597	59,5	32,9	1648	60,4	5,3
1547	58,8	6,4	1598	59,6	20	1649	61	13,1
1548	58,7	5	1599	59,6	34,4	1650	60,7	29,6
1549	57,5	"m"	1600	59,4	23,9	1651	60,5	28,9
1550	57,4	"m"	1601	59,6	15,7	1652	60,8	27,1
1551	57,1	1,1	1602	59,9	41	1653	61,2	27,3
1552	57,1	0	1603	60,5	26,3	1654	60,9	20,6
1553	57	4,5	1604	59,6	14	1655	61,1	13,9
1554	57,1	3,7	1605	59,7	21,2	1656	60,7	13,4
1555	57,3	3,3	1606	60,9	19,6	1657	61,3	26,1
1556	57,3	16,8	1607	60,1	34,3	1658	60,9	23,7
1557	58,2	29,3	1608	59,9	27	1659	61,4	32,1
1558	58,7	12,5	1609	60,8	25,6	1660	61,7	33,5
1559	58,3	12,2	1610	60,6	26,3	1661	61,8	34,1
1560	58,6	12,7	1611	60,9	26,1	1662	61,7	17
1561	59	13,6	1612	61,1	38	1663	61,7	2,5
1562	59,8	21,9	1613	61,2	31,6	1664	61,5	5,9
1563	59,3	20,9	1614	61,4	30,6	1665	61,3	14,9
1564	59,7	19,2	1615	61,7	29,6	1666	61,5	17,2
1565	60,1	15,9	1616	61,5	28,8	1667	61,1	"m"
1566	60,7	16,7	1617	61,7	27,8	1668	61,4	"m"
1567	60,7	18,1	1618	62,2	20,3	1669	61,4	8,8
1568	60,7	40,6	1619	61,4	19,6	1670	61,3	8,8
1569	60,7	59,7	1620	61,8	19,7	1671	61	18
1570	61,1	66,8	1621	61,8	18,7	1672	61,5	13
1571	61,1	58,8	1622	61,6	17,7	1673	61	3,7
1572	60,8	64,7	1623	61,7	8,7	1674	60,9	3,1
1573	60,1	63,6	1624	61,7	1,4	1675	60,9	4,7
1574	60,7	83,2	1625	61,7	5,9	1676	60,6	4,1
1575	60,4	82,2	1626	61,2	8,1	1677	60,6	6,7
1576	60	80,5	1627	61,9	45,8	1678	60,6	12,8
1577	59,9	78,7	1628	61,4	31,5	1679	60,7	11,9
1578	60,8	67,9	1629	61,7	22,3	1680	60,6	12,4
1579	60,4	57,7	1630	62,4	21,7	1681	60,1	12,4
1580	60,2	60,6	1631	62,8	21,9	1682	60,5	12
1581	59,6	72,7	1632	62,2	22,2	1683	60,4	11,8

Temps	Régime. normalisé	Couple. normalisé	Temps	Régime normalisé	Couple. normalisé	Temps	Régime. normalisé	Couple normalisé
s	%	%	s	%	%	s	%	%
1684	59,9	12,4	1735	61,1	25,6	1786	0	0
1685	59,6	12,4	1736	61	14,6	1787	0	0
1686	59,6	9,1	1737	61	10,4	1788	0	0
1687	59,9	0	1738	60,6	"m"	1789	0	0
1688	59,9	20,4	1739	60,9	"m"	1790	0	0
1689	59,8	4,4	1740	60,8	4,8	1791	0	0
1690	59,4	3,1	1741	59,9	"m"	1792	0	0
1691	59,5	26,3	1742	59,8	"m"	1793	0	0
1692	59,6	20,1	1743	59,1	"m"	1794	0	0
1693	59,4	35	1744	58,8	"m"	1795	0	0
1694	60,9	22,1	1745	58,8	"m"	1796	0	0
1695	60,5	12,2	1746	58,2	"m"	1797	0	0
1696	60,1	11	1747	58,5	14,3	1798	0	0
1697	60,1	8,2	1748	57,5	4,4	1799	0	0
1698	60,5	6,7	1749	57,9	0	1800	0	0
1699	60	5,1	1750	57,8	20,9			
1700	60	5,1	1751	58,3	9,2			
1701	60	9	1752	57,8	8,2			
1702	60,1	5,7	1753	57,5	15,3			
1703	59,9	8,5	1754	58,4	38			
1704	59,4	6	1755	58,1	15,4			
1705	59,5	5,5	1756	58,8	11,8			
1706	59,5	14,2	1757	58,3	8,1			
1707	59,5	6,2	1758	58,3	5,5			
1708	59,4	10,3	1759	59	4,1			
1709	59,6	13,8	1760	58,2	4,9			
1710	59,5	13,9	1761	57,9	10,1			
1711	60,1	18,9	1762	58,5	7,5			
1712	59,4	13,1	1763	57,4	7			
1713	59,8	5,4	1764	58,2	6,7			
1714	59,9	2,9	1765	58,2	6,6			
1715	60,1	7,1	1766	57,3	17,3			
1716	59,6	12	1767	58	11,4			
1717	59,6	4,9	1768	57,5	47,4			
1718	59,4	22,7	1769	57,4	28,8			
1719	59,6	22	1770	58,8	24,3			
1720	60,1	17,4	1771	57,7	25,5			
1721	60,2	16,6	1772	58,4	35,5			
1722	59,4	28,6	1773	58,4	29,3			
1723	60,3	22,4	1774	59	33,8			
1724	59,9	20	1775	59	18,7			
1725	60,2	18,6	1776	58,8	9,8			
1726	60,3	11,9	1777	58,8	23,9			
1727	60,4	11,6	1778	59,1	48,2			
1728	60,6	10,6	1779	59,4	37,2			
1729	60,8	16	1780	59,6	29,1			
1730	60,9	17	1781	50	25			
1731	60,9	16,1	1782	40	20			
1732	60,7	11,4	1783	30	15			
1733	60,9	11,3	1784	20	10			
1734	61,1	11,2	1785	10	5			

"m" = moteur entraîné par le banc

La programmation du dynamomètre pour l'essai ETC est représentée graphiquement à la figure 5.

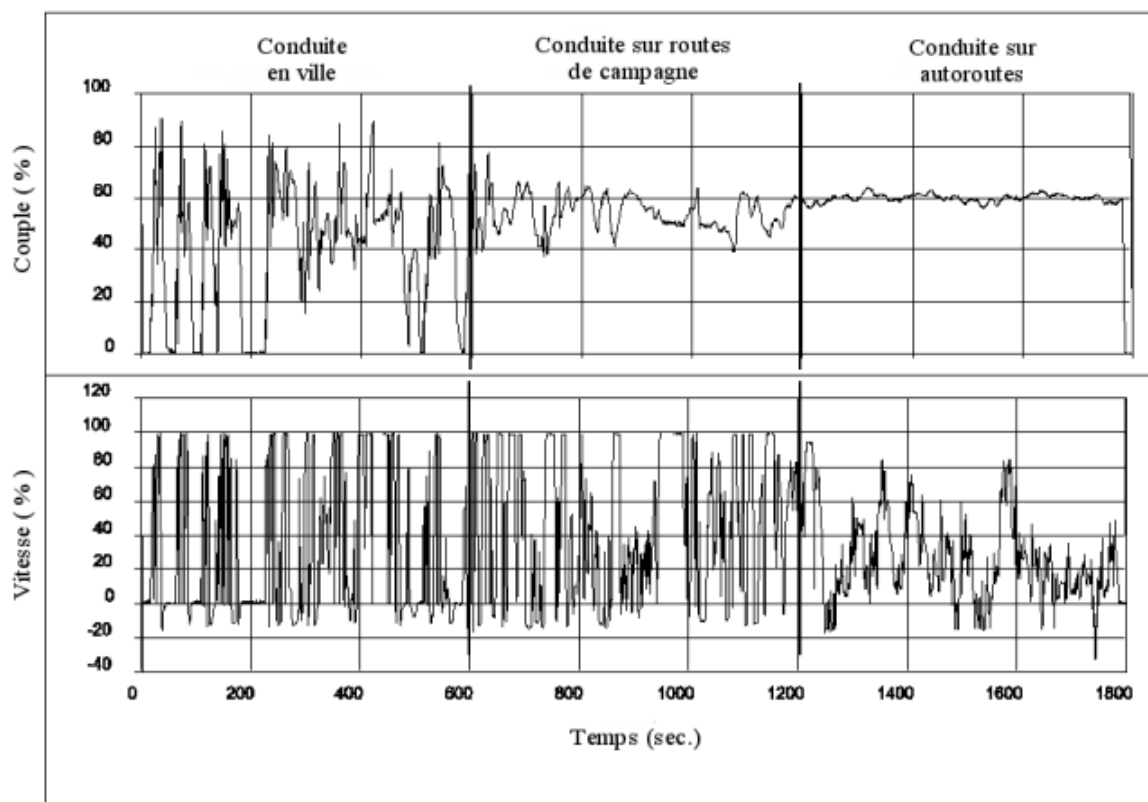


Figure 5: Programmation du dynamomètre pour l'essai ETC

Annexe 4 – Appendice 4

PROCÉDURES DE MESURE ET DE PRÉLÈVEMENT

1. INTRODUCTION

Les composants 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 6 de l'annexe 4. Les paragraphes respectifs de cet appendice décrivent les systèmes d'analyse recommandés pour les émissions gazeuses (paragraphe 1), les systèmes de dilution et de prélèvement des particules recommandés (paragraphe 2) et les opacimètres recommandés pour la mesure des fumées (paragraphe 3).

Pour l'essai ESC, les éléments constitutifs des gaz sont mesurés dans les gaz d'échappement bruts. Facultativement, ils peuvent être mesurés dans les gaz d'échappement dilués si un système de dilution en flux principal est utilisé pour la mesure des particules. Les particules peuvent être mesurées soit avec un système de dilution en dérivation, soit avec un système de dilution en circuit principal.

Pour l'essai ETC, le système de dilution en circuit principal devrait en principe être utilisé pour la détermination des émissions gazeuses et de particules, et il constitue le système de référence. Toutefois, un système de dilution en dérivation peut être accepté par le service technique, si son équivalence du point de vue du paragraphe 6.2 du Règlement est démontrée et si une description détaillée des procédures d'évaluation et de calcul des résultats est soumise à ce service.

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 $\pm 2\%$ de la valeur de mesure. Le système de mesure du couple doit avoir une précision de $\pm 3\%$ de la valeur de mesure dans la plage $> 20\%$ de la pleine échelle, et une précision de $\pm 0,6\%$ de la pleine échelle dans la plage $\leq 20\%$.

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 8.

Tableau 8: Précision des instruments de mesure

Instrument de mesure	Précision
Consommation de carburant	± 2 % de la valeur maximale du moteur
Consommation d'air	± 2 % de la valeur maximale du moteur
Températures < 600 K (327 °C)	± 2 K en valeur absolue
Températures ≥ 600 K (327 °C)	± 1 % de la valeur enregistrée
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 enregistrée

2.3. Débit de gaz d'échappement

Pour le calcul des émissions dans les gaz d'échappement bruts, il est nécessaire de connaître le débit de gaz d'échappement (voir le paragraphe 4.4 de l'appendice 1). Ce débit peut être déterminé par l'une des méthodes suivantes:

Mesure directe du débit de gaz d'échappement à l'aide d'un débitmètre à venturi ou d'un système de mesure équivalent;

Mesure du débit d'air et du débit de carburant par des appareils appropriés et calcul du débit de gaz d'échappement au moyen de l'équation suivante:

$$G_{\text{EXHW}} = G_{\text{AIRW}} + G_{\text{FUEL}} \quad (\text{masse des gaz d'échappement en conditions humides})$$

La précision de la détermination du débit de gaz d'échappement doit être de ± 2,5 % de la valeur mesurée.

2.4. Débit de gaz d'échappement dilué

Pour calculer les émissions dans les gaz d'échappement dilués lors de l'utilisation d'un système de dilution en circuit principal (obligatoire pour l'essai ETC), il est nécessaire de connaître le débit de gaz d'échappement dilués (voir le paragraphe 4.3 de l'appendice 2). Le débit-masse total de gaz d'échappement dilués (G_{TOTW}) ou la masse totale de gaz d'échappement dilués sur la durée du cycle (M_{TOTW}) doivent être mesurés avec une pompe volumétrique (PDP) ou un venturi à écoulement critique (CFV) (par. 2.3.1 de l'appendice 6 de l'annexe 4). La précision de mesure doit être de ± 2 % de la valeur indiquée; elle doit être déterminée conformément aux dispositions du paragraphe 2.4 de l'appendice 5 de l'annexe 4.

3. DÉTERMINATION DE LA QUANTITÉ DE POLLUANTS GAZEUX

3.1. Caractéristiques générales des analyseurs

Les analyseurs doivent avoir une plage de mesure adaptée à la précision exigée pour la mesure des concentrations des composants gazeux des gaz d'échappement (paragraphe 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 précision 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 précision des courbes d'étalonnage déterminées conformément au paragraphe 1.5.5.2 de l'appendice 5 de l'annexe 4.

Les caractéristiques de compatibilité électromagnétique de l'équipement doivent aussi être telles que les erreurs additionnelles soient minimales.

3.1.1. Erreur de mesure

L'erreur de mesure totale, y compris la sensibilité transversale à d'autres gaz (voir paragraphe 1.9 de l'appendice 5 de l'annexe 4), ne doit pas dépasser ± 5 % de la valeur mesurée ou $\pm 3,5$ % de la pleine échelle, le chiffre le plus faible étant retenu. Pour les concentrations inférieures à 100 ppm, l'erreur de mesure ne doit pas dépasser ± 4 ppm.

3.1.2. Répétabilité

La répétabilité, définie comme étant égale à 2,5 fois l'écart type de 10 réponses successives à un gaz donné d'étalonnage ou de réglage d'échelle, ne doit pas dépasser ± 1 % de la concentration à fond d'échelle pour chaque gamme utilisée au-dessus de 155 ppm (ou ppm C) ou ± 2 % de chaque gamme utilisée au-dessous de 155 ppm (ou ppm C).

3.1.3. Bruit

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

3.1.4. Dérive du zéro

La dérive du zéro sur une durée d'une heure doit être inférieure à 2 % de la pleine échelle sur la plus basse gamme utilisée. La réponse au zéro est définie comme étant la réponse

moyenne, y compris le bruit, à un gaz de mise à zéro durant un intervalle de 30 s.

3.1.5 Dérive d'étalonnage

La dérive d'étalonnage sur une durée d'une heure doit être inférieure à 2 % de la pleine échelle sur la plus basse gamme utilisée. La valeur d'échelle est définie comme étant la différence entre la réponse d'étalonnage et la réponse du zéro. La réponse d'étalonnage est définie comme étant la réponse moyenne, y compris le bruit, à un gaz d'étalonnage durant un intervalle de 30 s.

3.2. Séchage des gaz

Le dispositif de séchage des gaz facultatif 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 6 de l'annexe 4. 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 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 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 du gaz à $463 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$ ($190 \text{ °C} \pm 10 \text{ °C}$). Pour les moteurs à gaz naturel, l'analyseur d'hydrocarbure peut être un analyseur à ionisation de flamme non chauffé (FID) selon la méthode appliquée (voir le paragraphe 1.3 de l'appendice 6 de l'annexe 4).

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 à l'aide 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 à l'aide 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'oxyde 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 l'annexe 4) donne un résultat satisfaisant.

3.4. Prélèvement des émissions de gaz

3.4.1. Gaz d'échappement bruts (essai ESC seulement)

Les sondes de prélèvement des émissions de gaz, dans toute 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-masse 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 (obligatoire pour l'essai ETC, facultatif pour l'essai ESC)

Le tuyau d'échappement situé entre le moteur et le système de dilution en circuit principal doit satisfaire aux dispositions du paragraphe 2.3.1 (section EP) de l'appendice 6 de l'annexe 4.

Les sondes de prélèvement des émissions de gaz 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 des particules.

Pour l'essai ETC le prélèvement peut normalement s'effectuer de deux manières:

- les polluants peuvent être prélevés dans un sac de collecte pendant toute la durée du cycle et mesurés à la fin de l'essai;
- 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. MESURE DES PARTICULES

La mesure des particules nécessite l'utilisation d'un système de dilution. Cette dilution peut être obtenue au moyen d'un système de dilution en dérivation (essai ESC seulement) ou d'un système de dilution en circuit principal (obligatoire pour l'essai ETC). Le débit nominal du système de dilution doit être suffisant pour éviter toute condensation d'eau dans les systèmes de dilution et de prélèvement et maintenir la température des gaz d'échappement dilués à une valeur inférieure ou égale à 325 K (52 °C) immédiatement en amont des porte-filtres. Une déshumidification de l'air de dilution avant l'entrée dans le système de dilution est admise; celle-ci est particulièrement utile si l'humidité de l'air de dilution est élevée. La température de l'air de dilution doit être égale à 298 K ± 5 K (25 °C ± 5 °C). Si la température ambiante est inférieure à 293 K (20 °C), il est recommandé de préchauffer l'air de dilution au-delà de la limite supérieure de température de 303 K (30 °C). Toutefois, la température de l'air de dilution ne doit pas dépasser 325 K (52 °C) juste avant le point d'introduction des gaz d'échappement dans le tunnel de dilution.

Le système de dilution en dérivation doit être conçu pour diviser le flux de gaz d'échappement en deux fractions, dont la plus petite est diluée avec de l'air et soumise ensuite aux opérations de mesure des particules. À cette fin, il est capital que le taux de dilution soit déterminé avec beaucoup de précision. Différentes méthodes de division des flux peuvent être appliquées; le type de division adopté détermine dans une large mesure le matériel et les procédures de prélèvement à utiliser (paragraphe 2.2 de l'appendice 6 de l'annexe 4). La sonde de prélèvement des particules doit être placée à proximité immédiate de la sonde de prélèvement des émissions de gaz, et l'installation doit être conforme aux dispositions du paragraphe 3.4.1.

Le matériel nécessaire pour déterminer la masse de particules comprend un système de prélèvement des particules, de filtres de collecte, d'une microbalance et d'une chambre de pesée à température et humidité réglées.

Pour le prélèvement des particules, la méthode du filtre unique, qui utilise une paire de filtres (voir le paragraphe 4.1.3) pour toute la durée du cycle d'essai doit être appliquée. Pour l'essai ESC, on doit contrôler avec une grande attention les durées de prélèvement et les débits durant la phase de prélèvement de l'essai.

4.1. Filtres de collecte des particules

4.1.1. Spécification des filtres

Des filtres en fibre de verre imprégnés d'un hydrocarbure fluoré ou des filtres à membrane faits d'un hydrocarbure fluoré doivent être utilisés. Quel que soit le type, le filtre doit avoir un coefficient de rétention des DOP (di-octylphthalates) de 0,3 μm d'au moins 95 % à une vitesse d'entrée de 35 à 80 cm/s.

4.1.2. Dimension des filtres

Les filtres à particule doivent avoir un diamètre minimal de 47 mm (diamètre utile 37 mm). Des filtres de plus grand diamètre sont admis (voir le paragraphe 4.1.5).

4.1.3. Filtre primaire et filtre secondaire

Les gaz d'échappement dilués doivent traverser une paire de filtres montés en série (un filtre primaire et un filtre secondaire) pendant la séquence d'essai. Le filtre secondaire doit être placé à moins de 100 mm en aval du filtre primaire mais ne doit pas être en contact avec celui-ci. Les filtres peuvent être pesés séparément ou ensemble, auquel cas ils sont placés face à face côté dépôt.

4.1.4. Vitesse d'entrée dans le filtre

La vitesse d'entrée dans le filtre doit être comprise entre 35 et 80 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.

4.1.5. Charge des filtres

La charge minimale recommandée pour les filtres doit être de 0,5 mg pour une surface utile de 1 075 mm². Les valeurs recommandées pour les dimensions de filtres les plus courantes sont indiquées au tableau 9.

Tableau 9: Charge recommandée pour les filtres

Diamètre du filtre (mm)	Diamètre utile recommandé (mm)	Minimum recommandé
47	37	0,5
70	60	1,3
90	80	2,3
110	100	3,6

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 $295 \text{ K} \pm 3 \text{ K}$ ($22 \text{ °C} \pm 3 \text{ °C}$) 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 $282,5 \text{ K} \pm 3 \text{ K}$ ($9,5 \text{ °C} \pm 3 \text{ °C}$) 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 30 min. La chambre de pesée devrait en tout cas satisfaire aux conditions prescrites avant toute entrée de personnel dans la chambre. Au moins deux filtres ou paires de filtres de référence inutilisés doivent être pesés, de préférence en même temps que le filtre (ou la paire de filtres) 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 (ou des paires de filtres de référence) change entre les pesées des filtres de collecte de plus de $\pm 5 \%$ ($\pm 7,5 \%$ pour la paire de filtres respectivement) de la charge minimale recommandée du filtre (paragraphe 4.1.5), 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 (paire de filtres) de référence satisfont aux critères énoncés, le constructeur du moteur peut à discrétion accepter la pesée des filtres de collecte ou arrêter 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 de tous les filtres doit avoir une précision (écart-type) de $20 \mu\text{g}$ et une résolution de $10 \mu\text{g}$ (un chiffre = $10 \mu\text{g}$). Pour les filtres ayant un diamètre inférieur à 70 mm, la précision et la résolution doivent être de

2 µg et 1 µg, respectivement.

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 ou par un autre moyen également efficace.

4.3. Conditions supplémentaires s'appliquant à la mesure des particules

Tous les éléments du système de dilution et du système de prélèvement compris entre le tuyau d'échappement et le porte-filtres qui entrent en contact avec les gaz d'échappement bruts et les gaz dilués doivent être conçus pour minimiser les dépôts ou l'altération des particules. Ils doivent être réalisés en matériaux électriquement conducteurs qui ne réagissent pas avec les composants des gaz d'échappement, et ils doivent être mis à la masse électriquement pour prévenir les effets électrostatiques.

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 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:

- un opacimètre qui doit répondre aux caractéristiques énoncées au paragraphe 3 de l'appendice 6 de l'annexe 4;
- une unité de traitement des données capable d'exécuter les fonctions décrites au paragraphe 6 de l'appendice 1 de l'annexe 4;
- une imprimante et/ou une unité de mémoire électronique permettant d'enregistrer et d'extraire les valeurs de fumées déterminées comme indiqué au paragraphe 6.3 de l'appendice 1 de l'annexe 4.

5.2. Conditions particulières

5.2.1. Linéarité

La linéarité doit être de $\pm 2 \%$ 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 $\pm 1 \%$ de la valeur d'opacité.

5.2.3. Modes et gammes de mesure de l'opacimètre

Sur le mode opacité, la gamme affichée doit être de zéro 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 affichée doit être de zéro à 30 m^{-1} , et la lisibilité $0,01 \text{ m}^{-1}$.

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 la sensibilité 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 l'utilisation. Ils doivent être manipulés le moins souvent possible et lorsque cela est nécessaire, avec précaution, pour éviter de les rayer ou de les salir.

Annexe 4 – Appendice 5

PROCÉDURE D'ÉTALONNAGE

1. ÉTALONNAGE DES ANALYSEURS

1.1. Introduction

Chaque analyseur doit être étalonné aussi souvent que nécessaire de manière à satisfaire aux conditions de précision énoncées dans le présent Règlement. La méthode d'étalonnage à appliquer est décrite dans ce paragraphe pour les analyseurs visés au paragraphe 3 de l'appendice 4 et au paragraphe 1 de l'appendice 6 de l'annexe 4.

1.2. Gaz d'étalonnage

Pour tous les gaz d'étalonnage, la durée de conservation doit être respectée. La date limite d'utilisation déclarée par le fabricant doit être enregistrée.

1.2.1. Gaz purs

Le degré de pureté requis pour les gaz est défini par les limites de contamination 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 $\geq 99,5$ % vol O₂)

Mélange hydrogène-hélium

(40 % \pm 2 % d'hydrogène, le reste étant de l'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 18-21 % 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 le paragraphe 1.2.1);

CO et azote purifié;

NO_x et azote purifié (la quantité de NO₂ contenue dans 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 dans un gaz d'étalonnage et un gaz de réglage d'échelle doit être conforme à la valeur nominale à ± 2 % près. Toutes les concentrations relatives au gaz d'étalonnage doivent être données en volume (% volume ou ppm volume).

Les gaz utilisés pour l'étalonnage et pour le réglage d'échelle peuvent aussi être obtenus à l'aide d'un mélangeur de gaz par dilution avec du N₂ purifié ou avec de l'air synthétique purifié. La précision du mélangeur doit être telle que la concentration des gaz d'étalonnage dilués puisse être déterminée à ± 2 % près.

1.3. Procédure d'utilisation des analyseurs et du système de prélèvement

La procédure d'utilisation des analyseurs doit être conforme aux instructions concernant le démarrage et le fonctionnement données par le fabricant de l'instrument.

Les conditions minimales formulées aux paragraphes 1.4 à 1.9 doivent aussi être prises en compte.

1.4. Essai d'étanchéité

Il doit être exécuté un essai d'étanchéité. À cette fin, la sonde doit être déconnectée du système d'échappement et son extrémité doit être obstruée. La pompe de l'analyseur est alors mise en marche. Après une période initiale de stabilisation, tous les débitmètres devraient afficher zéro. Dans le cas contraire, les lignes de prélèvement doivent être contrôlées et le défaut corrigé.

Le taux de fuite maximal admissible côté dépression est de 0,5 % du débit en utilisation réelle pour la portion du système contrôlée. Les débits de l'analyseur et les débits de dérivation peuvent servir à évaluer les débits en utilisation réelle.

Une autre méthode de contrôle consiste à introduire une variation soudaine de la concentration à l'entrée de la ligne de prélèvement par passage du gaz de mise à zéro au gaz de réglage d'échelle. Si après un laps de temps suffisant la valeur indiquée est inférieure à la concentration introduite dans le système, cela indique un problème

d'étalonnage ou de fuite.

1.5. Procédure d'étalonnage

1.5.1. Instruments

Les instruments doivent être étalonnés et les courbes d'étalonnage vérifiées par rapport à des gaz étalons. Les mêmes débits de gaz doivent être utilisés que lors du prélèvement des gaz d'échappement.

1.5.2. Temps de mise en température

Le temps de mise en température doit être conforme aux recommandations du fabricant. Si aucun temps n'est spécifié, il est recommandé d'observer une période minimale de deux heures pour la mise en température des analyseurs.

1.5.3. Analyseurs NDIR et HFID

L'analyseur NDIR doit être réglé si nécessaire, et la flamme de l'analyseur HFID doit être optimisée (paragraphe 1.8.1).

1.5.4. Étalonnage

Chaque gamme normalement utilisée doit être étalonnée.

Les analyseurs de CO, de CO₂, de NO_x et de HC doivent être mis à zéro avec de l'air synthétique (ou de l'azote) purifié.

Les gaz d'étalonnage appropriés doivent ensuite être introduits dans l'analyseur; les valeurs enregistrées et la courbe d'étalonnage établie conformément au paragraphe 1.5.5.

Le réglage du zéro doit être vérifié à nouveau et, si nécessaire, la procédure d'étalonnage doit être répétée.

1.5.5. Traçage de la courbe d'étalonnage

1.5.5.1. Règles générales

La courbe d'étalonnage de l'analyseur doit être tracée à partir d'au moins cinq points d'étalonnage (zéro exclu) espacés aussi uniformément que possible. La concentration nominale la plus élevée doit être égale ou supérieure à 90 % de la pleine échelle.

La courbe d'étalonnage est calculée par la méthode des moindres carrés. Si le polynôme résultant est d'un degré supérieur à 3, le nombre de points d'étalonnage doit être au moins égal au degré de ce polynôme plus 2.

La courbe d'étalonnage ne doit pas s'écarter de plus de $\pm 2\%$ de la valeur nominale de chaque point d'étalonnage et de $\pm 1\%$ de la pleine échelle au zéro.

D'après la courbe et les points d'étalonnage, il est possible de vérifier que l'étalonnage a été exécuté correctement. Les différents paramètres caractéristiques de l'analyseur doivent être notés, notamment:

- l'échelle;
- la sensibilité;
- la date de l'étalonnage.

1.5.5.2. Étalonnage au-dessous de 15 % de la pleine échelle

La courbe d'étalonnage de l'analyseur doit être tracée sur au moins quatre points d'étalonnage additionnels (zéro exclu) également espacés, situés en dessous de 15 % de la pleine échelle.

La courbe d'étalonnage est calculée par la méthode des moindres carrés.

La courbe d'étalonnage ne doit pas s'écarter de plus de $\pm 4\%$ de la valeur nominale de chaque point d'étalonnage et de $\pm 1\%$ de la pleine échelle au zéro.

1.5.5.3. Autres méthodes

D'autres méthodes peuvent être appliquées s'il peut être démontré qu'elles offrent une précision équivalente (contrôle par ordinateur, changement électronique de gamme, etc.).

1.6. Vérification de l'étalonnage

Chaque gamme normalement utilisée doit être vérifiée avant toute analyse selon la procédure suivante.

L'étalonnage est vérifié avec un gaz de mise à zéro et un gaz de réglage d'échelle dont la valeur nominale est supérieure à 80 % de la pleine échelle de cette gamme.

Si, pour les deux points considérés, la valeur affichée ne s'écarte pas de la valeur de référence déclarée de plus de $\pm 4\%$ de la pleine échelle, les paramètres de réglage peuvent être modifiés. Dans le cas contraire, une nouvelle courbe doit être établie conformément au paragraphe 1.5.5.

1.7. Essai d'efficacité du convertisseur de NO_x

L'efficacité du convertisseur utilisé pour convertir NO₂ en NO doit être vérifiée comme indiqué aux paragraphes 1.7.1 à 1.7.8 (fig. 6).

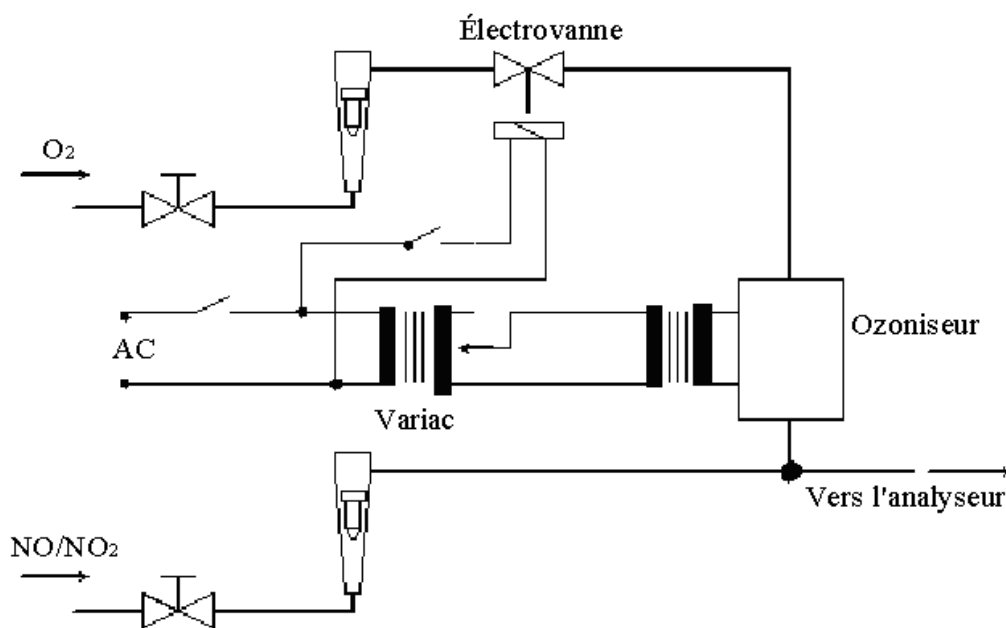


Figure 6: Schéma du système de contrôle de l'efficacité du convertisseur de NO₂

1.7.1. Montage d'essai

L'efficacité du convertisseur peut être vérifiée au moyen du montage d'essai décrit à la figure 6 (voir aussi le paragraphe 3.3.5 de l'appendice 4 de l'annexe 4), utilisant un ozoniseur, et selon la procédure ci-après.

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 se calcule comme suit:

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

où:

- a = concentration de NO_x conformément au paragraphe 1.7.6
- b = concentration de NO_x conformément au paragraphe 1.7.7
- c = concentration de NO conformément au paragraphe 1.7.4
- d = concentration de NO conformément au paragraphe 1.7.5

1.7.4. Addition d'oxygène

De l'oxygène ou de l'air de mise à zéro est ajouté en continu au débit de gaz par un raccord en T jusqu'à ce que la concentration indiquée soit inférieure de 20 % approximativement à la concentration d'étalonnage spécifiée au 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 indiquée d doit être enregistrée (l'analyseur est sur le mode NO).

1.7.6. Mode NO_x

L'analyseur est alors commuté sur le mode NO_x, de telle manière que le mélange de gaz (constitué de NO, NO₂, O₂ et N₂) traverse maintenant le convertisseur. La concentration c indiquée doit être enregistrée. (L'analyseur est 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 mentionnés au paragraphe 1.7.6 traverse le convertisseur et parvient au détecteur. La concentration b indiquée doit être enregistrée. (L'analyseur est 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 ± 5 % de la valeur mesurée conformément au paragraphe 1.7.2 (l'analyseur est sur le mode NO).

1.7.9. Intervalle d'essai

L'efficacité du convertisseur doit être vérifiée avant tout étalonnage de l'analyseur de NO_x.

1.7.10. Efficacité minimale prescrite

L'efficacité du convertisseur ne doit pas être inférieure à 90 %, mais une efficacité supérieure, de l'ordre de 95 %, est très souhaitable.

Note: Si, lorsque l'analyseur est réglé sur la gamme 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 doit utiliser la gamme la plus élevée qui permette d'obtenir cette réduction.

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 gamme 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 doit être 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 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 24 heures à une température de $298 \text{ K} \pm 5 \text{ K}$ ($25^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$).

Les gaz d'essai à utiliser et les plages de facteurs de réponse recommandées sont les suivants:

méthane et air synthétique purifié $1,00 \leq R_f \leq 1,15$ (moteurs diesel et au GPL)

méthane et air synthétique purifié $1,00 \leq R_f \leq 1,07$ (moteurs au GN)

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

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

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 d'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 mole % près 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 d'hydrocarbures non méthaniques 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 NMHC, les deux efficacités doivent être déterminées et servir de base au calcul du débit-masse d'émissions de NMHC (voir le paragraphe 4.3 de l'appendice 2 de l'annexe 4).

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; on enregistre les deux concentrations mesurées. L'efficacité doit être déterminée comme suit:

$$CE_M = 1 - \frac{\text{conc}_w}{\text{conc}_{w/o}}$$

où:

conc_w = concentration de HC lorsque le CH_4 passe par le convertisseur

$\text{conc}_{w/o}$ = 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; on enregistre les deux concentrations. L'efficacité doit être déterminée comme suit:

$$CE_E = 1 - \frac{\text{conc}_w}{\text{conc}_{w/o}}$$

où:

conc_w = concentration de HC lorsque le C_2H_6 passe par le convertisseur

$\text{conc}_{w/o}$ = concentration de HC lorsque le 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 d'interaction de 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 d'étalonnage CO₂ ayant une concentration de 80 à 100 % de la pleine échelle de la gamme 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 gammes égales ou supérieures à 300 ppm et 3 ppm pour les gammes inférieures à 300 ppm.

1.9.2. Contrôle des effets d'extinction pour les analyseurs de NO_x

Les deux gaz entrant en considération 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:

$$\% \text{ extinction} = \left[1 - \left(\frac{C * A}{(D * A) - (D * B)} \right) \right] * 100$$

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. Le calcul de l'effet d'extinction par l'eau doit 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) (De) doit être calculée comme suit:

$$De = D \cdot (1 - H/100)$$

Pour les gaz d'échappement des moteurs diesel, la concentration maximale de vapeur d'eau dans les gaz d'échappement (Hm, 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:

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

Le coefficient d'extinction par l'eau, qui ne doit pas être supérieur à 3 %, doit être calculé comme suit:

$$\% \text{ extinction} = 100 \cdot ((De - C)/De) \cdot (Hm/H)$$

où:

De	= concentration escomptée de NO dilué en ppm
C	= concentration de NO dilué en ppm
Hm	= 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. Généralités

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 (6 réglages minimum) doit être calculé conformément à la méthode prescrite par le fabricant à partir des données d'étalonnage, en m³/min normaux. Le débit d'air doit ensuite être converti en débit de la pompe (V_0) en m³/tr aux valeurs mesurées de pression et de température absolues à l'entrée de la pompe, comme suit:

$$V_0 = \frac{Q_s}{n} * \frac{T}{273} * \frac{101,3}{P_A}$$

où:

Q_s = débit d'air aux conditions normales (101,3 kPa, 273 K), en m³/s

T = température à l'entrée de la pompe, en K

p_A = 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:

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

où:

Δp_p = différence de pression entre l'entrée et la sortie de la pompe, en kPa

p_A = pression absolue de sortie de la pompe, en kPa

On doit ensuite exécuter un ajustement linéaire par les moindres carrés, en vue d'établir l'équation d'étalonnage, comme suit:

$$V_0 = D_0 - m * (X_0)$$

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 $\pm 0,5$ % 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 (paragraphe 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, selon l'équation ci-dessous:

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

où:

K_v = coefficient d'étalonnage

p_A = pression absolue à l'entrée du tube de venturi, en kPa

T = température à l'entrée du tube de venturi, en K

2.3.1. Analyse des données

Le débit d'air (Q_s) à chaque réglage du réducteur de débit (8 réglages minimum) doit être calculé conformément à la méthode prescrite par le fabricant à partir des données d'étalonnage, en m^3/min normaux. Le coefficient d'étalonnage doit être calculé comme suit à partir des données d'étalonnage pour chaque réglage:

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

où:

Q_s = débit d'air aux conditions normales (101,3 kPa, 273 K), en m^3/s

T = température à l'entrée du tube de venturi, en K

p_A = 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 8 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. Vérification du système complet

Pour déterminer la précision 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 4 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.

2.4.1. 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 de gaz pur (monoxyde de carbone ou propane). Si la pression d'entrée est suffisamment élevée, le débit, qui est réglé à l'aide de l'ajutage à écoulement 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. L'échantillon de gaz est analysé par les moyens habituels (sac de prélèvement ou mesure par intégration), et la masse de gaz doit être calculée. La masse ainsi obtenue ne doit pas s'écarter de plus de ± 3 % de la masse connue de gaz injecté.

2.4.2. 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 5 à 10 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 et du propane. La quantité de gaz pur introduite dans le système est déterminée par pesée différentielle. L'échantillon de gaz est analysé par les moyens habituels (sac de prélèvement ou mesure par

intégration), et la masse de gaz doit être calculée. La masse ainsi obtenue ne doit pas s'écarter de plus de $\pm 3 \%$ de la masse connue de gaz injecté.

3. ÉTALONNAGE DU SYSTÈME DE MESURE DES PARTICULES

3.1. Introduction

Chaque élément de l'appareillage doit être étalonné aussi souvent que nécessaire pour satisfaire aux conditions en matière de précision énoncées dans le présent Règlement. La méthode d'étalonnage appliquée est décrite dans la présente section pour les éléments visés au paragraphe 4 de l'appendice 4 de l'annexe 4 et au paragraphe 2 de l'appendice 6 de l'annexe 4.

3.2. Mesure du débit

L'étalonnage des débitmètres de gaz ou des instruments de mesure du débit doit être conforme à des normes internationales et/ou nationales. L'erreur maximale de la valeur mesurée doit être de $\pm 2 \%$ de la valeur relevée.

Si le débit de gaz est déterminé par mesure différentielle, l'erreur maximale sur la différence doit être telle que la précision de G_{EDF} soit de l'ordre de $\pm 4 \%$ (voir aussi le paragraphe 2.2.1, point EGA, de l'appendice 6 de l'annexe 4). On peut la déterminer en prenant la valeur moyenne quadratique des erreurs de chaque instrument.

3.3. 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 corrigées conformément aux dispositions du paragraphe 2.2.1, point EP, de l'appendice 6 de l'annexe 4, s'il y a lieu.

3.4. 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 précision 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 6 de l'annexe 4.

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. Si l'opacimètre est équipé d'un système de purge par air pour prévenir l'encrassement par les suies de l'optique de l'appareil, ce système doit aussi être mis en fonction et réglé conformément aux recommandations du fabricant.

4.2.2. Détermination de la linéarité de réponse

La linéarité de l'opacimètre doit être vérifiée sur le mode opacité conformément aux recommandations du fabricant. Des filtres neutres ayant une transmittance connue, et satisfaisant aux conditions énoncées au paragraphe 5.2.5 de l'appendice 4 de l'annexe 4, doivent être introduits dans l'opacimètre, et les valeurs correspondantes doivent être enregistrées. Les filtres neutres 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 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.

Annexe 4 – Appendice 6

SYSTÈME D'ANALYSE ET DE PRÉLÈVEMENT

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 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.

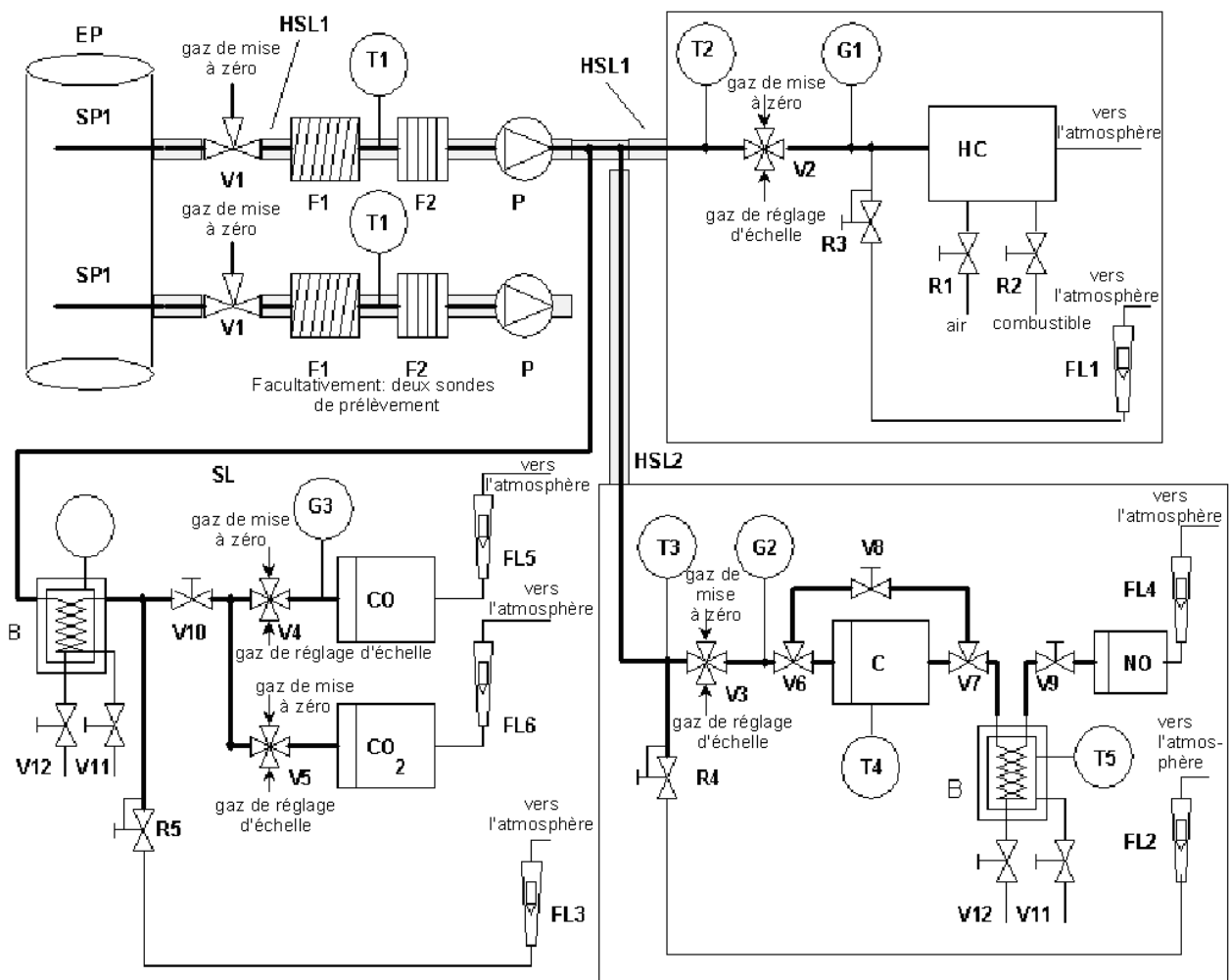


Figure 7 - Schéma de principe du système d'analyse des gaz d'échappement bruts pour la mesure du CO, du CO₂, des NO_x et des HC, essai ESC seulement

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.

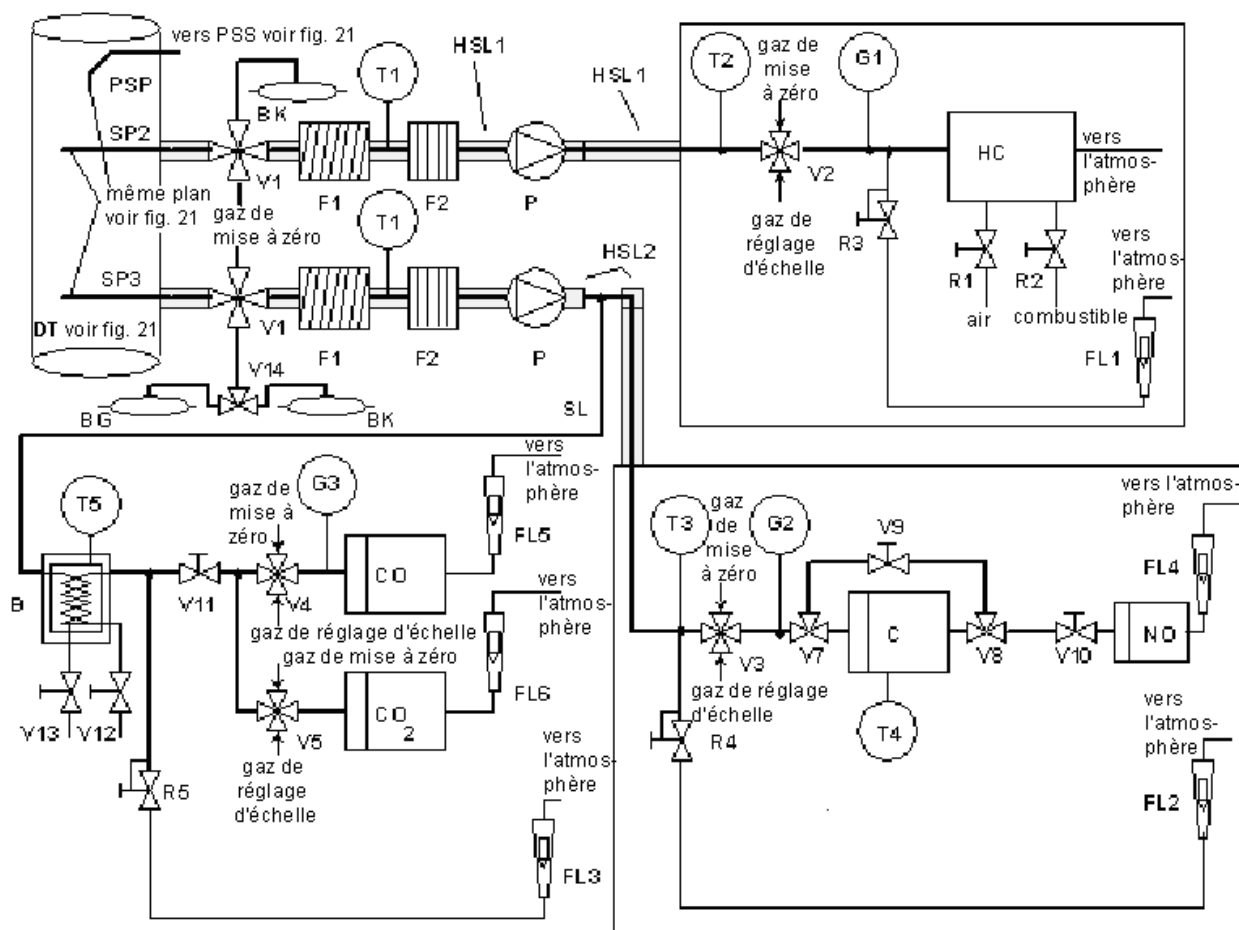


Figure 8 - Schéma de principe du système d'analyse des gaz d'échappement dilués pour la mesure du CO, du CO₂, des NO_x et des HC (essai ETC, optionnel pour l'essai ESC)

1.2.1. Éléments des figures 7 et 8

EP Tuyau d'échappement

SP1 Sonde de prélèvement des gaz d'échappement (fig. 7 seulement)

L'utilisation d'une sonde droite à bout fermé et à trous multiples en acier inoxydable 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:

- doit former la première section, de longueur comprise entre 254 mm et 762 mm, de la ligne de prélèvement chauffée HSL1;
- doit avoir un diamètre intérieur minimal de 5 mm;
- doit être installée dans le tunnel de dilution DT (voir paragraphe 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);
- doit être suffisamment éloignée (radialement) des autres sondes et de la paroi du tunnel pour ne pas subir d'effet de pulsation ou de turbulence;
- doit être chauffée de manière à ce que la température du courant de gaz soit portée à $463 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$ ($190 \text{ °C} \pm 10 \text{ °C}$) 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:

- doit être située dans le même plan que SP2;
- doit être suffisamment éloignée (radialement) des autres sondes et de la paroi du tunnel pour ne pas subir d'effet de pulsation ou de turbulence;
- 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:

- doit avoir un diamètre intérieur de 5 mm au minimum et de 13,5 mm au maximum;
- doit être faite en acier inoxydable ou en PTFE.
- doit être maintenue à une température de paroi de $463 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$ ($190 \text{ °C} \pm 10 \text{ °C}$), mesurée au droit de chaque section chauffée à réglage séparé, pour une température des gaz d'échappement à la sonde de prélèvement égale ou inférieure à 463 K (190 °C);
- 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 supérieure à 463 K (190 °C);
- doit maintenir une température des gaz de $463 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$ ($190 \text{ °C} \pm 10 \text{ °C}$) 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:

- doit être maintenue à une température de paroi de 328 K à 473 K (55 °C 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;
- doit être faite en acier inoxydable ou en PTFE.

SL Ligne de prélèvement pour le CO et le CO_2

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 (facultatif; fig. 8 seulement)

Destiné au prélèvement pour la mesure des concentrations ambiantes.

BG Sac de prélèvement (facultatif; fig. 8, CO et CO_2 seulement)

Destiné au prélèvement de l'échantillon proprement dit.

F1 Préfiltre chauffé (facultatif)

Il doit être maintenu à la même température que HSL1.

F2 Filtre chauffé

Il est destiné à extraire les particules solides éventuellement présentes dans l'échantillon de gaz avant l'entrée dans l'analyseur. Il doit être maintenu 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 à 453 K-473 K (180 °C-200 °C).

CO, CO₂ Analyseurs NDIR pour la mesure du monoxyde de carbone et du dioxyde de carbone (facultatif 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 K - 473 K (55 °C — 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 à condenser l'eau pour l'extraire de l'échantillon de gaz d'échappement. Le bain doit être maintenu à une température de 273 K — 277 K (0 °C - 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 l'annexe 4. 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 Électrovanne

Permettant de contourner le convertisseur NO₂ — NO.

V8 Robinet à pointeau

Permettant d'équilibrer le débit entre le convertisseur 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 l'annexe 4.

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 30 s. Pour la détermination des NMHC, on doit soustraire la concentration de CH_4 de la concentration d'hydrocarbures totaux (voir le paragraphe 4.3.1 de l'appendice 2 de l'annexe 4).

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.

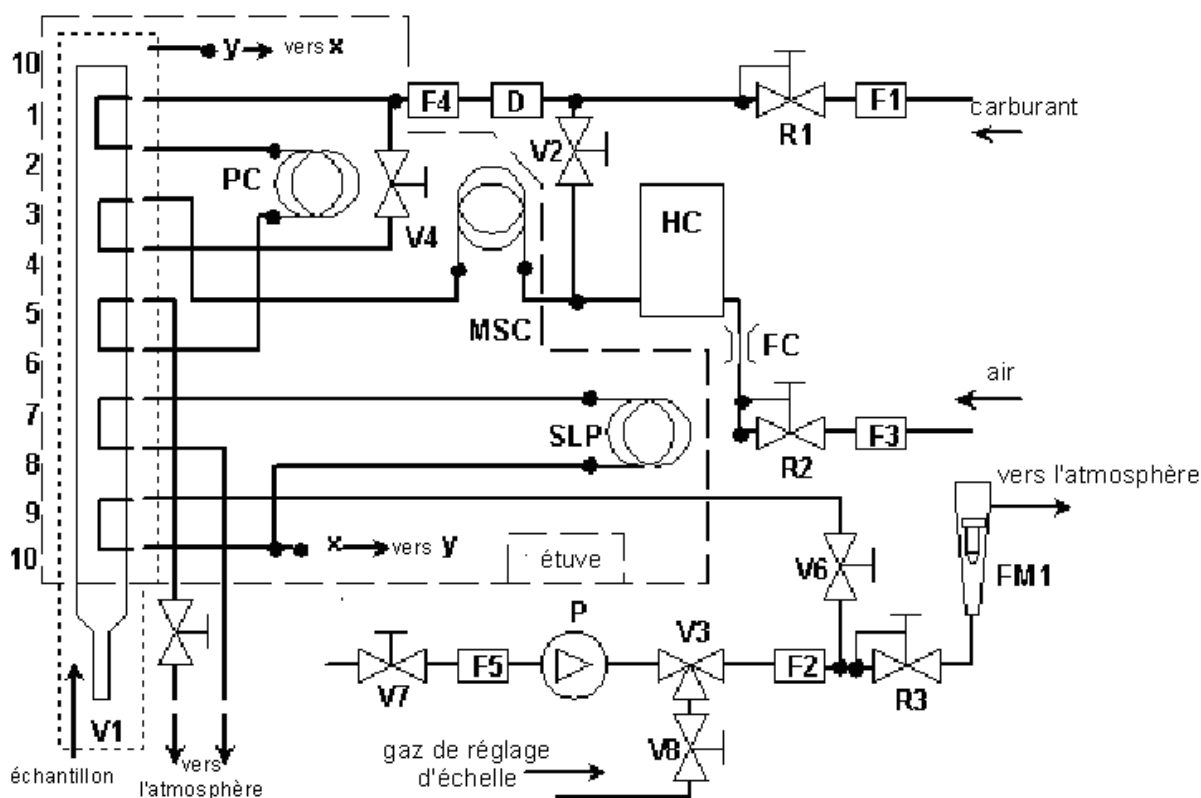


Figure 9 - Schéma de principe d'un système d'analyse du méthane (Méthode par chromatographie en phase gazeuse)

Éléments de la figure 9

PC Colonne Porapak

Un garnissage en Porapak N de 180/300 μm (maille 50/80), de 610 mm de longueur x 2,16 mm de diamètre intérieur doit être utilisé; il doit être conditionné pendant au moins 12 h 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 12 h 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 cm³.

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 régler le débit de 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 régler le débit de 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 Débitmètre

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 CH₄ en CO₂ et H₂O, de telle manière qu'après passage de l'échantillon dans le convertisseur, seul le CH₄ 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 CH₄) 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 CH₄) 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 l'annexe 4).

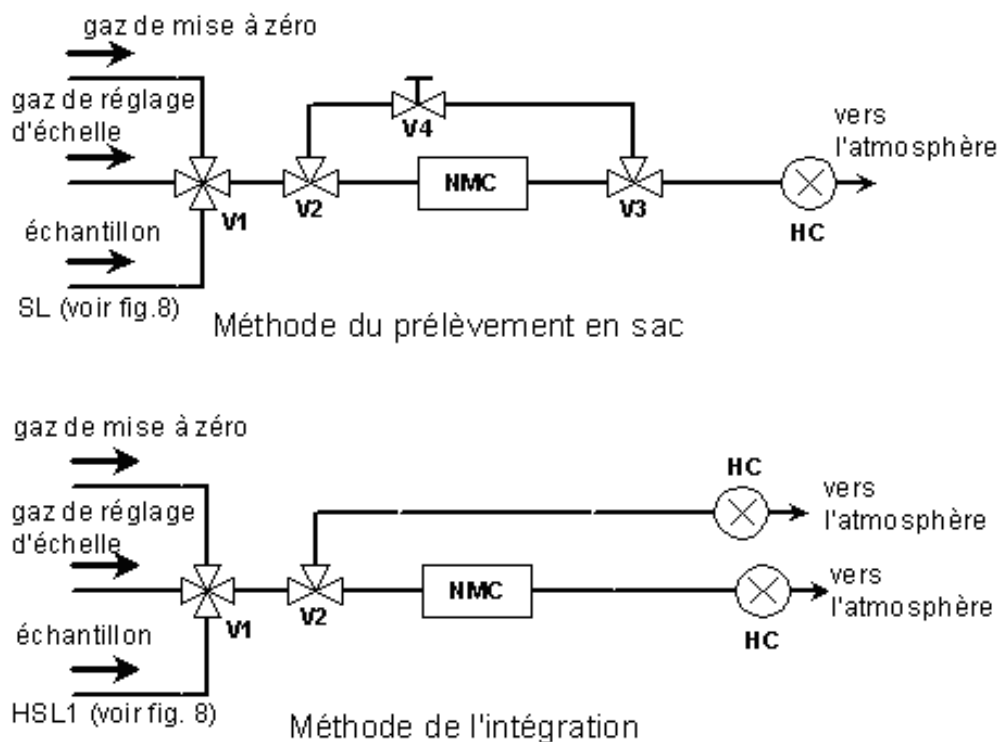


Figure 10 - Schéma de principe du système de mesure du méthane avec convertisseur d'hydrocarbures non méthaniques (NMC)

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 à 453 K-473 K (180 °C-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 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.

2.2. Système de dilution en circuit 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 (paragraphe 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 appairer les conditions d'écoulement et non pas pour appairer 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 déterminée 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 de 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.

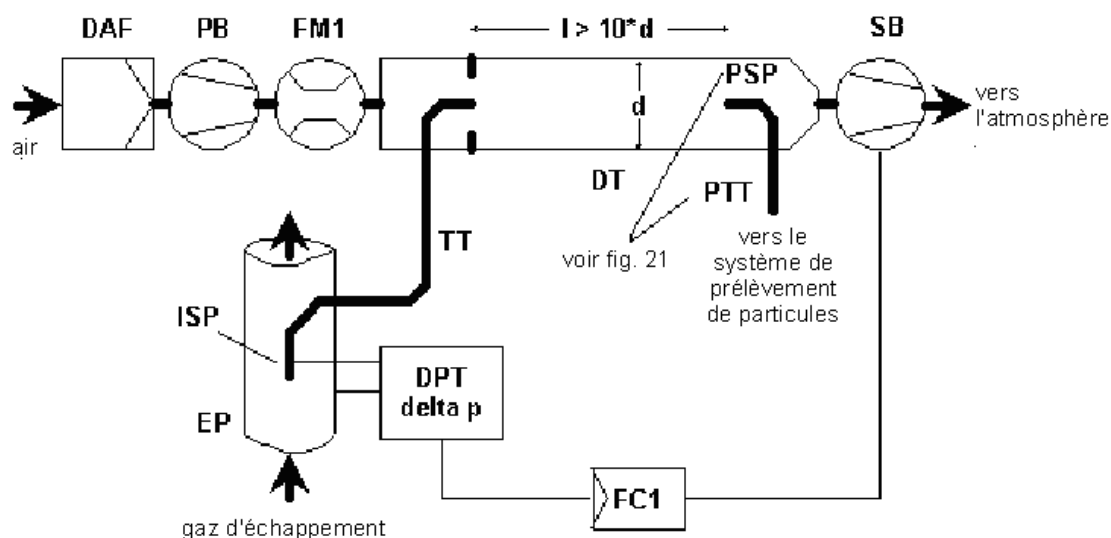


Figure 11 - Système de dilution en flux partiel avec sonde isocinétique et prélèvement partiel (réglage par aspiration forcée)

Les gaz d'échappement non dilués sont prélevés dans le tuyau d'échappement EP à l'aide de la sonde de prélèvement 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 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.

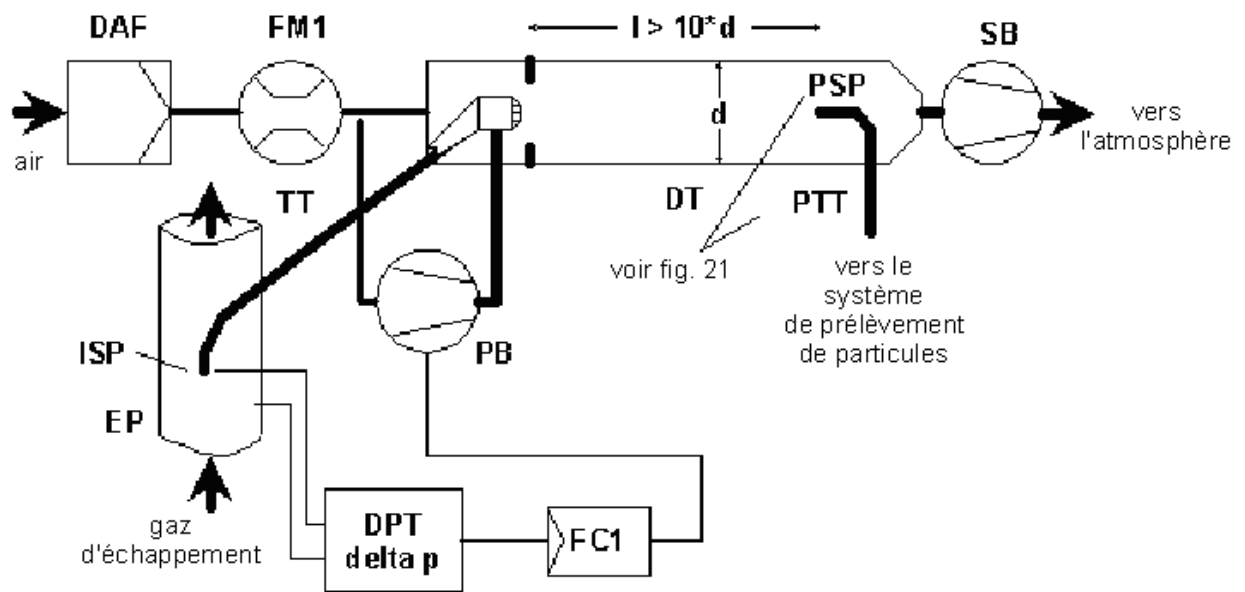


Figure 12 - Système de dilution en flux partiel avec sonde isocinétique et prélèvement fractionnel (réglage par aspiration forcée)

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.

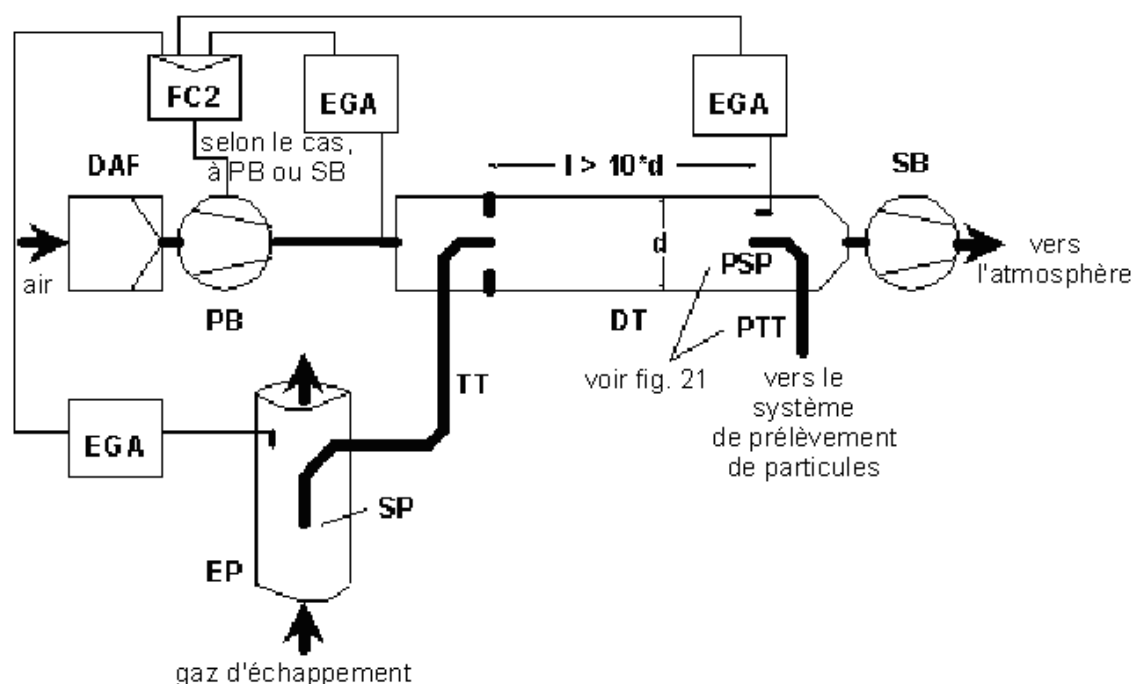


Figure 13 - Système de dilution en flux partiel avec mesure de la concentration de CO₂ ou de NO_x et prélèvement partiel

Les gaz d'échappement non dilués sont prélevés dans le tuyau d'échappement par la sonde SP et acheminés jusqu'au tunnel de dilution DT par le tube de transfert TT. 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.

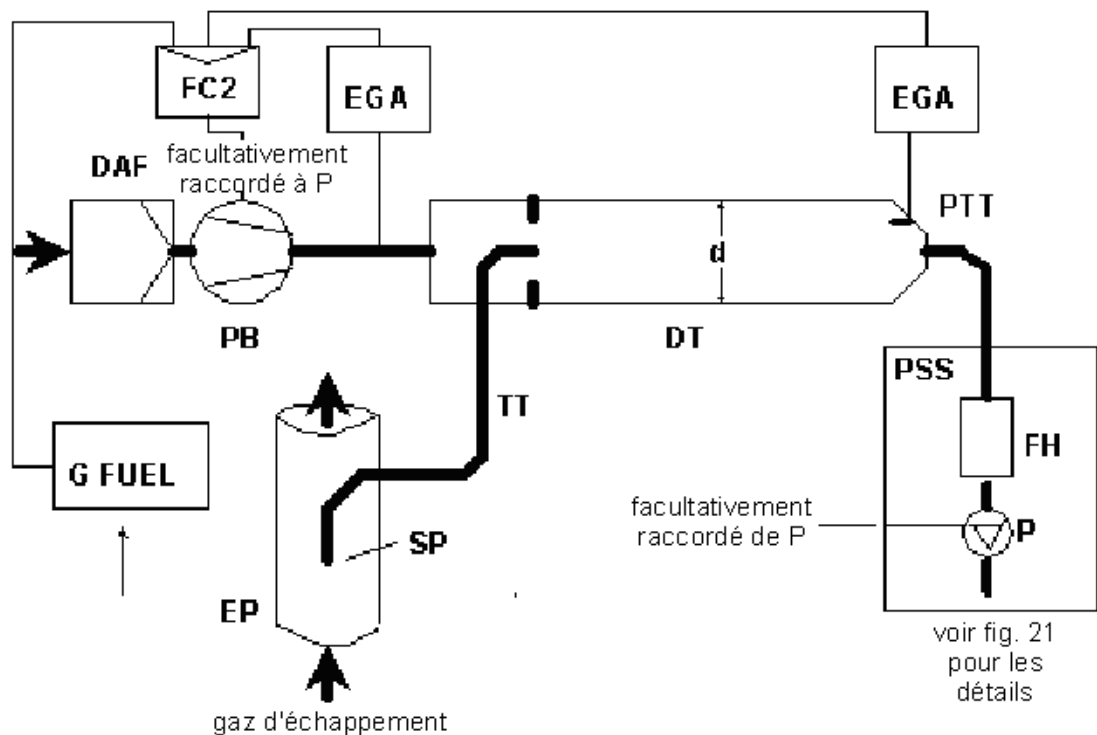


Figure 14 - Système de dilution en flux partiel avec mesure de la concentration de CO_2 , sur la base du bilan carbone et avec prélèvement total

Les gaz d'échappement non dilués sont prélevés dans le tuyau d'échappement par 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.

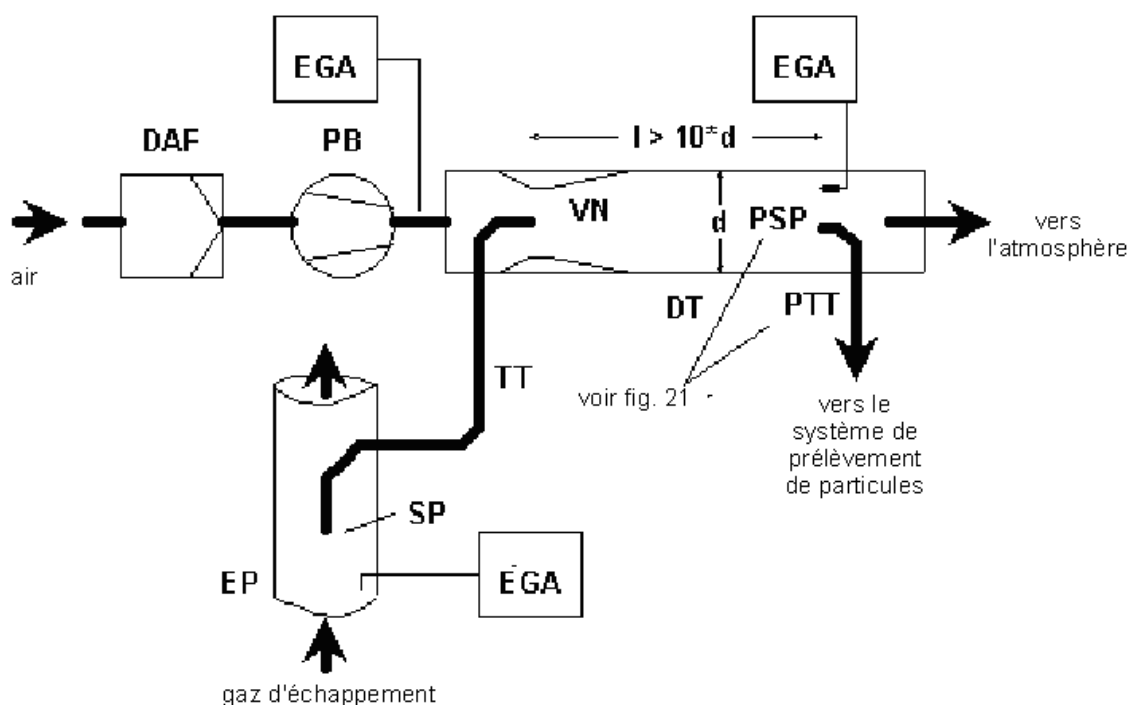


Figure 15 - Système de dilution en flux partiel à un seul tube de venturi, avec mesure de la concentration et prélèvement partiel

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 mouvements 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.

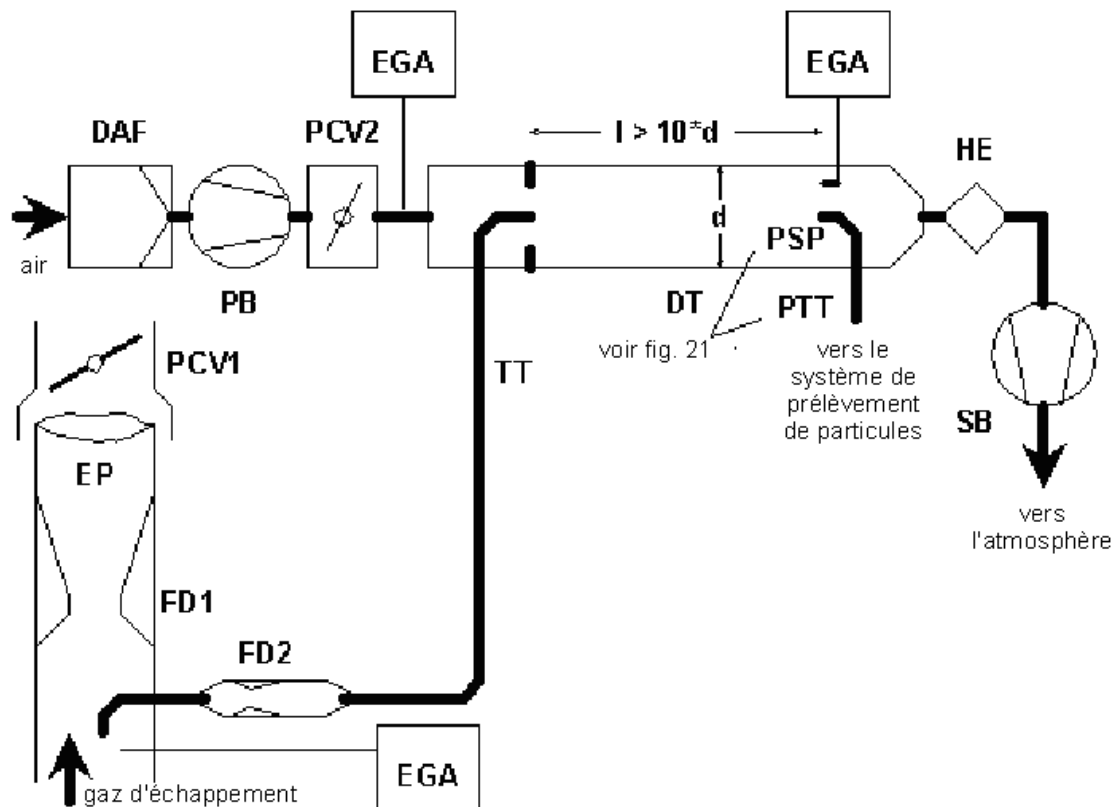


Figure 16 - Système de dilution en flux partiel à deux tubes de venturi ou à deux ajutages, avec mesure de la concentration et prélèvement partiel

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, les gaz d'échappement dilués et l'air de dilution avec le ou les 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 d'après les concentrations de gaz témoin.

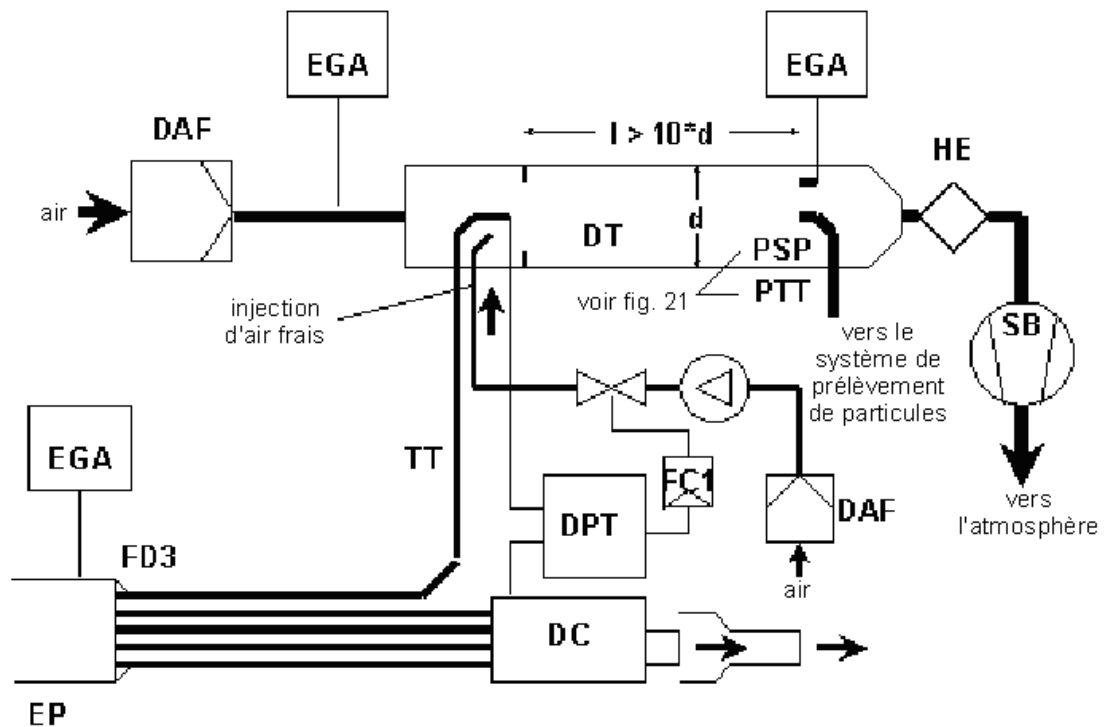


Figure 17 - Système de dilution en flux partiel à division par tube multiple, avec mesure de la concentration et prélèvement partiel

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 même dimension (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.

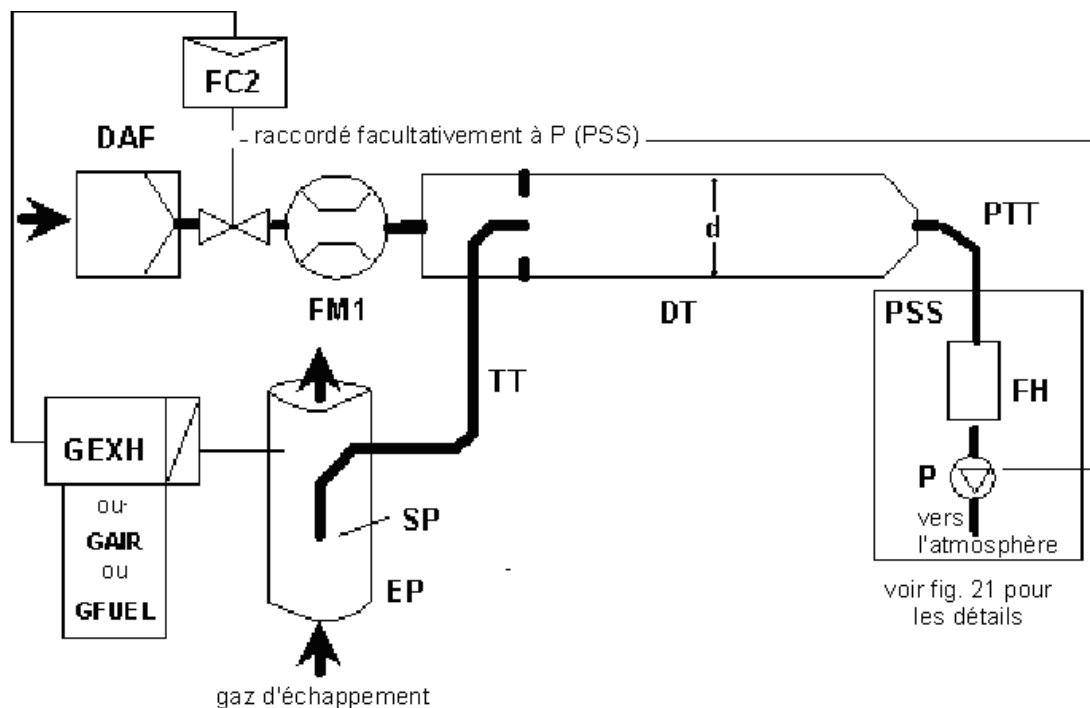


Figure 18 - Système de dilution en flux partiel à réglage du débit et prélèvement total

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 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.

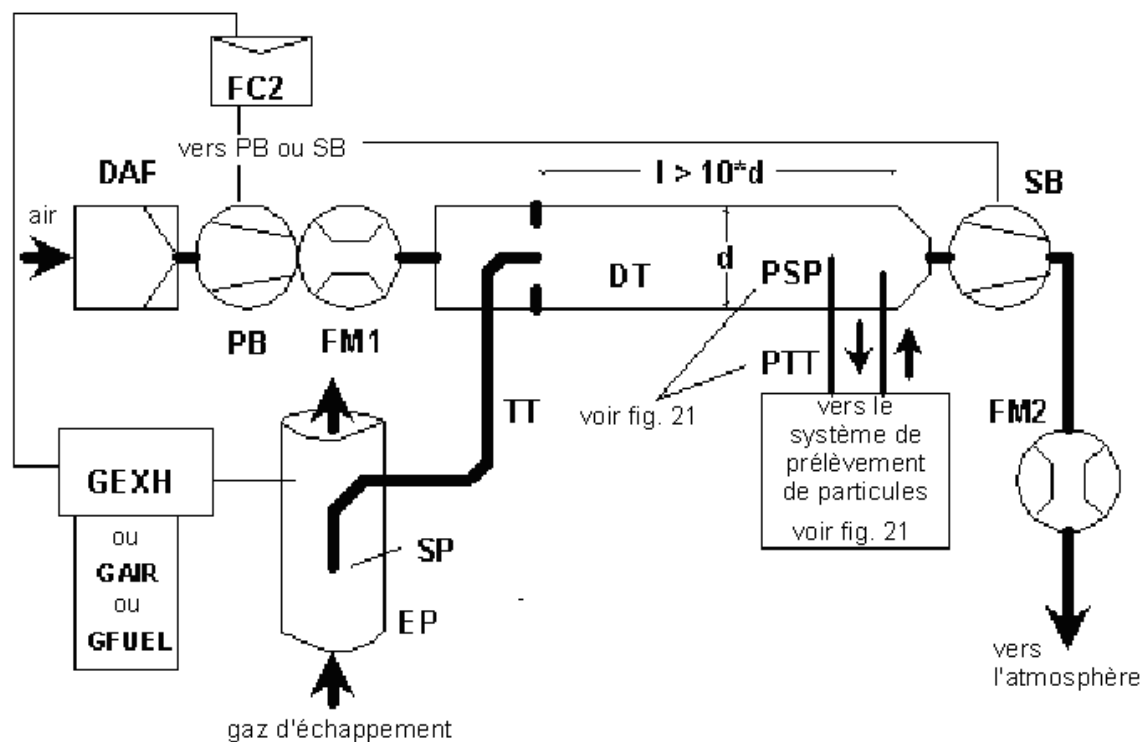


Figure 19 - Système de dilution en flux partiel avec réglage du débit et prélèvement partiel

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 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. 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 6 diamètres du tuyau vers l'amont et à 3 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 6 diamètres du tuyau vers l'amont, et de 3 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 Diviseur de flux (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 précision du système de mesure doit être telle que la valeur de $G_{EDFW, i}$ soit déterminée à $\pm 4 \%$ près.

TT Tube de transfert (fig. 11 à 19)

Le tube de transfert:

- doit être aussi court que possible et en tout cas ne doit pas avoir plus de 5 m de longueur;
- doit avoir un diamètre intérieur égal ou supérieur au diamètre de la sonde, mais qui ne doit pas dépasser 25 mm;
- 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 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. L'ajustement est effectué en contrôlant le débit du flux d'air injecté en DT à la sortie de 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 engendrer 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 mouvements 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 mouvements 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; facultatif)

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 CO₂ 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. 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:

- doit avoir une longueur suffisante pour permettre le mélange complet des gaz d'échappement et de l'air de dilution dans des conditions d'écoulement turbulent;
- doit être construit en acier inoxydable et avoir:
 - un rapport épaisseur de paroi/diamètre de 0,025 au maximum pour un tunnel ayant un diamètre intérieur supérieur à 75 mm;
 - une épaisseur nominale de paroi d'au moins 1,5 mm pour un tunnel ayant un diamètre intérieur égal ou inférieur à 75 mm;
- doit avoir un diamètre intérieur d'au moins 75 mm dans le cas d'un système de prélèvement partiel;
- devrait avoir de préférence un diamètre intérieur d'au moins 25 mm dans le cas d'un système de prélèvement total;
- peuvent être chauffés 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;
- peuvent être isolés.

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 ± 11 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 du 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 (paragraphe 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.

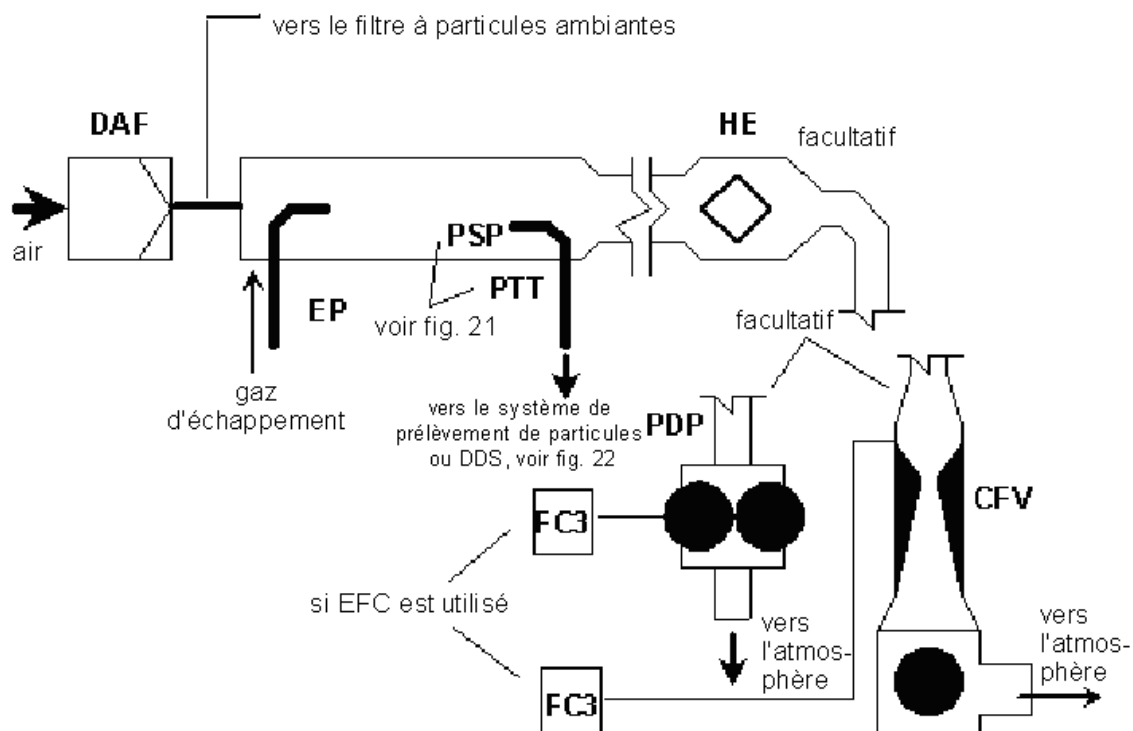


Figure 20 - Système de dilution à flux total

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 ± 1 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 (facultatif 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 (facultatif 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 du prélèvement d'un échantillon 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:

- 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 mélange complet des gaz d'échappement et de l'air de dilution; il peut être utilisé un ajutage mélangeur;
- doit avoir un diamètre intérieur d'au moins 460 mm pour un système à dilution simple;
- doit avoir un diamètre intérieur d'au moins 210 mm pour un système à double dilution;
- peuvent être isolés.

Les gaz d'échappement doivent sortir 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 (paragraphe 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 (paragraphe 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 les filtres à particules primaires.

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, qui constitue la section d'entrée du tube de transfert PTT:

- doit être installée ouverture vers l'aval 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;
- doit avoir un diamètre intérieur minimal de 12 mm;
- peuvent être chauffés 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;
- peuvent être isolés.

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 d'un système à dilution en

flux partiel à prélèvement total, dans lequel tout l'échantillon de gaz dilués traverse les filtres, le système de dilution (paragraphe 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 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.

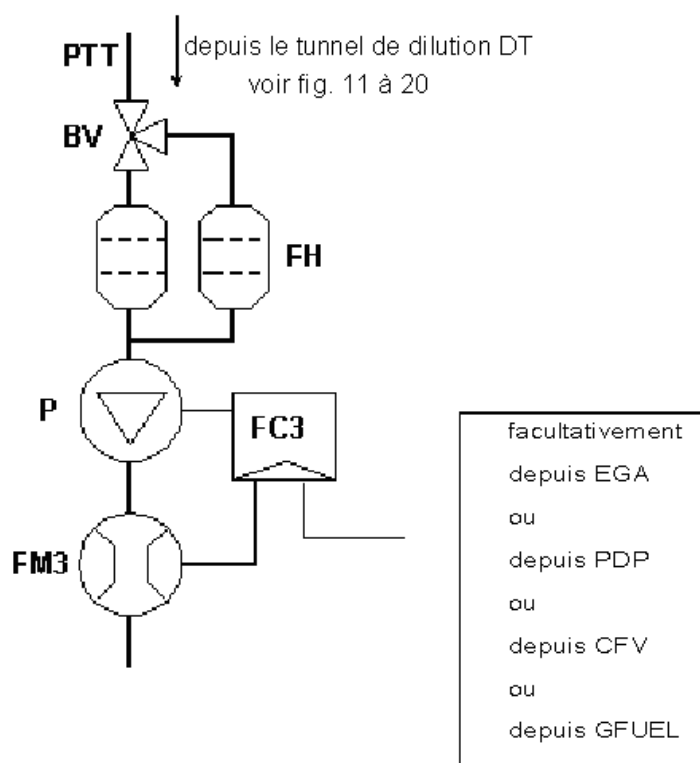


Figure 21 - Système de prélèvement des particules

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 dilué.

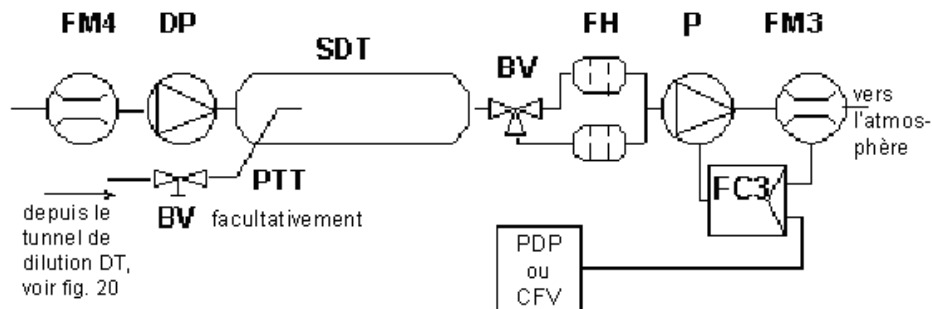


Figure 22 - Système à double dilution (système en flux total seulement)

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. Lorsqu'il y a lieu (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:

- 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;

- aux systèmes à dilution en flux partiel à prélèvement total depuis l'extrémité du tunnel de dilution jusqu'au porte-filtre;
- 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:

- 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;
- peuvent être isolés.

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:

- peuvent être chauffés 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;
- peuvent être isolés.

FH Porte-filtre(s) (fig. 21 et 22)

Pour les filtres primaires et secondaires, il peut être utilisé un seul ou plusieurs porte-filtres. Il doit être satisfait aux dispositions du paragraphe 4.1.3 de l'appendice 4 de l'annexe 4.

Le ou les porte-filtres:

- peuvent être chauffés 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;
- peuvent être isolés.

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 (± 3 K près) s'il n'y a pas de réglage du débit par l'intermédiaire de FC3.

DP Pompe d'air de dilution (voir 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 $298 \text{ K} \pm 5 \text{ K}$ ($25 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$), 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 (± 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 $298 \text{ K} \pm 5 \text{ K}$ ($25 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$).

BV Robinet à boisseau sphérique (facultatif)

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 DE L'OPACITÉ 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. Pour ce type d'opacimètre, la longueur du trajet optique effectif 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.

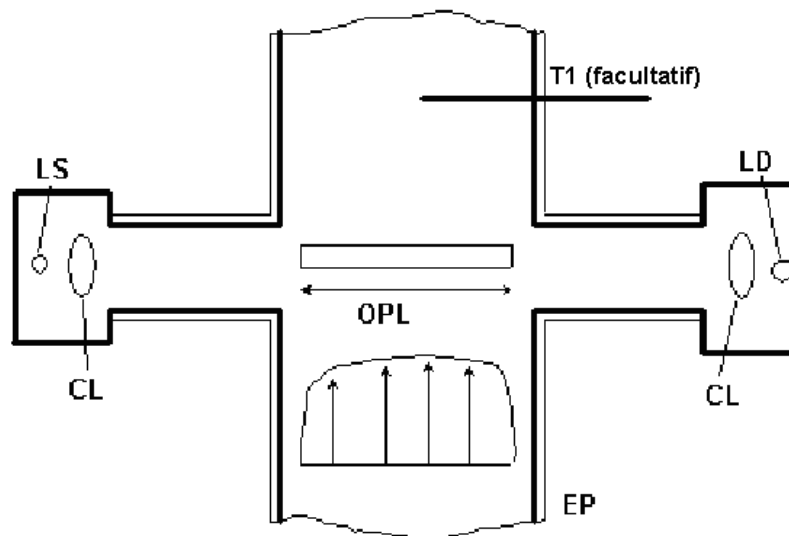


Figure 23 - Opacimètre à flux total

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 $25 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ de l'extrémité du tuyau.

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 IDS 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 ayant une température de couleur située dans la gamme 2800-3250 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 (équipé 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 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 (facultatif)

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.

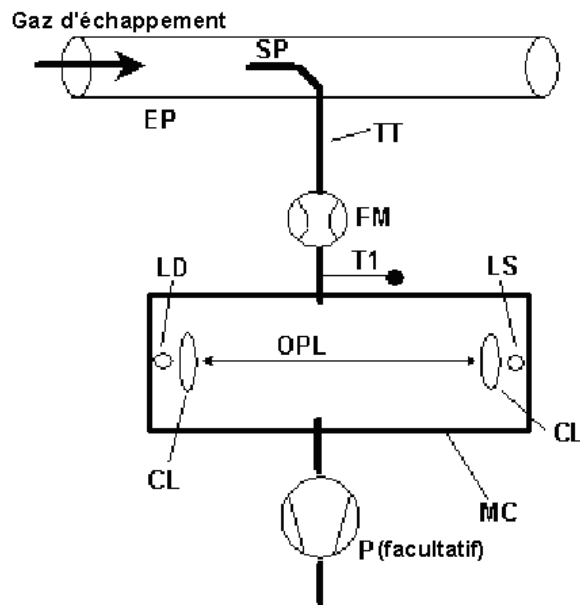


Figure 24 - Opacimètre à flux partiel

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 $373\text{ K} \pm 30\text{ K}$ ($100\text{ °C} \pm 30\text{ °C}$) 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;

- avoir un diamètre égal au diamètre de la sonde de prélèvement sur toute sa longueur;
- 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 l'annexe 4;
- 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 de 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 IDS 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 2800-3250 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 (équipé 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 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 (facultatif)

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
DES MOTEURS À ALLUMAGE PAR COMPRESSION À UTILISER POUR LES
ESSAIS D'HOMOLOGATION ET LE CONTRÔLE DE LA CONFORMITÉ DE LA
PRODUCTION

1. CARBURANT DIESEL ⁽¹⁾

Caractéristique	Unité	Limites ⁽¹⁾		Méthode d'essai ⁽²⁾	Publication
		Minimu	Maximu		
Indice de cétane ⁽³⁾		52	54	ISO 5165	1998 ⁽⁴⁾
Densité à 15 °C	kg/m ³	833	837	ISO 3675	1995
Distillation:					
- point 50 % vol.	°C	245		ISO 3405	1998
- point 95 % vol.	°C	345	350	ISO 3405	1998
- point d'ébullition final	°C	---	370	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	% m/m	3,0	6,0	IP 391 ^(*)	1995
Teneur en soufre ⁽⁵⁾	mg/kg	---	300	pr. EN-ISO/DIS 14596	1998 ⁽⁴⁾
Corrosion lame de cuivre		---	1	EN-ISO 2160	1995
Résidu Conradson sur résidu 10 %	% m/m	---	0,2	EN-ISO 10370	
Teneur en cendres	% m/m	---	0,01	EN-ISO 6245	1995
Teneur en eau	% m/m	---	0,05	EN-ISO 12937	1995
Indice de neutralisation (acidité forte)	mg	---	0,02	ASTM D 974-95	1998 ⁽⁴⁾
Stabilité à l'oxydation ⁽⁶⁾	mg/ml	---	0,025	EN-ISO 12205	1996

- (1) 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:

pouvoir calorifique inférieur, 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

x = proportion d'eau, en masse (%/100).

y = proportion de cendres, en masse (%/100).

s = proportion de soufre, en masse (%/100).

- (2) Les valeurs indiquées dans les spécifications sont les 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). Malgré cette mesure, qui est nécessaire pour des raisons statistiques, le fabricant d'un carburant devra néanmoins viser la valeur zéro lorsque le maximum stipulé est de 2R et la valeur moyenne lorsqu'il existe un minimum et un maximum. Au cas où il serait nécessaire de vérifier le respect des spécifications par un carburant, les termes de la norme ISO 4259 devront être appliqués.
- (3) 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.
- (4) Le mois de publication sera indiqué ultérieurement.
- (5) La teneur en soufre réelle du carburant utilisé pour l'essai doit être déclarée. En outre, il convient de noter que la teneur en soufre du carburant de référence utilisé pour homologuer un véhicule ou un moteur en fonction des valeurs limites fixées à la ligne B du tableau du paragraphe 5.2.1 du présent Règlement ne doit pas dépasser 50 ppm.
- (6) 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.

2. ÉTHANOL POUR MOTEURS DIESEL ⁽¹⁾

Caractéristique	Unité	Limites ⁽²⁾		Méthode d'essai ⁽³⁾
		Minimum	Maximum	
Alcool, masse	% m/m	92,4	-	ASTM D 5501
Autre alcool 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

- (1) 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.
- (2) Les valeurs indiquées dans les spécifications sont les valeurs vraies. Lors de l'établissement des valeurs limites, on a appliqué les termes de la norme ISO 4259 "Produits pétroliers - Détermination et application des valeurs de fidélité relatives aux méthodes d'essai" et, lors de la fixation d'un minimum, une différence minimale de 2R par rapport à la valeur zéro a été prise en compte; lors de la fixation d'un maximum et d'un minimum, la différence minimale entre ces valeurs est de 4R (R = reproductibilité). Malgré cette mesure, qui est nécessaire pour des raisons statistiques, le fabricant d'un carburant devra néanmoins viser la valeur zéro lorsque le maximum stipulé est de 2R et la valeur moyenne lorsqu'il existe un minimum et un maximum. Au cas où il serait nécessaire de vérifier le respect des spécifications par un carburant, les termes de la norme ISO 4259 devront être appliqués.
- (3) Des méthodes ISO équivalentes seront adoptées lorsqu'elles auront été publiées pour toutes les caractéristiques mentionnées.

Annexe 6

**CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DU GAZ NATUREL DE RÉFÉRENCE À UTILISER
POUR LES ESSAIS D'HOMOLOGATION ET LE CONTRÔLE DE LA CONFORMITÉ DE LA
PRODUCTION**

Type: GAZ NATUREL (GN)

Les carburants disponibles sur le marché européen appartiennent à deux gammes:

- la gamme H, dont les carburants de référence extrêmes sont les carburants GR et G23;
- la gamme L, dont les carburants de référence extrêmes sont G23 et G25.

Les caractéristiques des carburants de référence GR, G23, et G25 sont résumées ci-dessous:

Carburant de référence GR

Caractéristique	Unité	Base	Limites		Méthode d'essai
			Min.	Max	
<u>Composition:</u>					
Méthane	% mole	87	84	89	
Éthane	% mole	13	11	15	
Bilan (*)	% mole	-	-	1	ISO 6974
Teneur en soufre	mg/m ³ (**)	-	-	10	ISO 6326-5

(*) Inertes + C₂ +

(**) Valeur à déterminer aux conditions normales (293,2 K (20 °C) et 101,3 kPa).

Carburant de référence G23

Caractéristique	Unité	Base	Limites		Méthode d'essai
			Min.	Max.	
<u>Composition:</u>					
Méthane	% mole	92,5	91,5	93,5	
Bilan (*)	% mole	-	-	1	ISO 6974
N ₂	% mole	7,5	6,5	8,5	
Teneur en soufre	mg/m ³ (**)	-	-	10	ISO 6326-5

(*) Inertes (autres que N₂) + C₂/C₂ +

(**) Valeur à déterminer aux conditions normales (293,2 K (20 °C) et 101,3 kPa).

Carburant de référence G25

Caractéristique	Unité	Base	Limites		Méthode d'essai
			Min.	Max.	
<u>Composition:</u>					
Méthane	% mole	86	84	88	
Bilan (*)	% mole	-	-	1	ISO 6974
N ₂	% mole	14	12	16	
Teneur en soufre	mg/m ³ (**)	-	-	10	ISO 6326-5

(*) Inertes (autres que N₂) + C₂/C₂₊

(**) Valeur à déterminer aux conditions normales (293,2 K (20 °C) et 101,3 kPa).

Annexe 7

Type: GAZ DE PÉTROLE LIQUÉFIÉ (GPL)

Caractéristique	Unité	Limites Carb. A		Limites Carb. B		Méthode d'essai
		Minimum	Maximum	Minimum	Maximum	
Indice d'octane Méthode moteur		92,5 ⁽¹⁾		92.5		EN 589 Annexe B
<u>Composition:</u>						
Teneur en C3	% vol	48	52	83	87	
Teneur en C4	% vol	48	52	13	17	ISO 7941
Oléfines	% vol		12		14	
Résidu d'évaporation	mg/kg		50		50	NFM 41015
Teneur totale en soufre	ppm masse ⁽¹⁾		50		50	EN 24260
Hydrogène sulfuré	---		Néant		Néant	ISO 8819
Corrosion à lame de cuivre	classe		classe 1		classe 1	ISO 6251 ⁽²⁾
Eau à 0 °C			exempt		exempt	Examen visuel

- (1) Valeur à déterminer aux conditions normales (293,2 K (20 °C) et 101,3 kPa).
- (2) Avec cette méthode, il peut être impossible de déterminer de manière exacte la présence de substances corrosives si l'échantillon contient des inhibiteurs de corrosion ou d'autres agents chimiques qui réduisent la corrosivité de l'échantillon à l'égard de la lame de cuivre. Pour cette raison, l'addition de tels composés à seule fin d'influer sur les résultats d'essai est interdite.

Annexe 8

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 que 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)
8,9	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 (paragraphe 4.2 de l'appendice 1 de l'annexe 4):

$$F_{FH} = \frac{1,969}{\left(1 + \frac{18,09}{545,29}\right)} = 1,9058 \text{ et } K_{w2} = \frac{1,608 * 7,81}{1000 + (1,608 * 7,81)} = 0,0124$$

$$K_{w,r} = \left(1 - 1,9058 * \frac{18,09}{541,06}\right) - 0,0124 = 0,9239$$

Calcul des concentrations en conditions humides:

$$\text{CO} = 41,2 * 0,9239 = 38,1 \text{ ppm}$$

$$\text{NO}_x = 495 * 0,9239 = 457 \text{ ppm}$$

Calcul du facteur de correction des NO_x pour l'humidité K_{H,D} (paragraphe 4.3 de l'appendice 1 de l'annexe 4):

$$A = 0,309 * 18,09/541,06 - 0,0266 = -0,0163$$

$$B = -0,209 * 18,09/541,06 + 0,00954 = 0,0026$$

$$K_{H,D} = \frac{1}{1 - 0,0163 * (7,81 - 10,71) + 0,0026 * (294,8 - 298)} = 0,9625$$

Calcul des débits-masse d'émission (paragraphe 4.4 de l'appendice 1 de l'annexe 4):

$$\begin{aligned} \text{NO}_x &= 0,001587 * 457 * 0,9625 * 563,38 = 393,27 \text{ g/h} \\ \text{CO} &= 0,000966 * 38,1 * 563,38 = 20,735 \text{ g/h} \\ \text{HC} &= 0,000479 * 6,3 * 3 * 563,38 = 5,100 \text{ g/h} \end{aligned}$$

Calcul des émissions spécifiques (paragraphe 4.5 de l'appendice 1 de l'annexe 4):

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 4 et la somme des valeurs donne le débit-masse moyen des émissions sur tout le cycle:

$$\begin{aligned} \text{CO} &= (6,7 * 0,15) + (24,6 * 0,08) + (20,5 * 0,10) + (20,7 * 0,10) + (20,6 * 0,05) \\ &+ (15,0 * 0,05) + (19,7 * 0,05) + (74,5 * 0,09) + (31,5 * 0,10) + (81,9 * 0,08) \\ &+ (34,8 * 0,05) + (30,8 * 0,05) + (27,3 * 0,05) = 30,91 \text{ g/h} \end{aligned}$$

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 4 et la somme des valeurs de puissance donne la puissance moyenne sur le cycle:

$$\begin{aligned} P(n) &= (0,1 * 0,15) + (96,8 * 0,08) + (55,2 * 0,10) + (82,9 * 0,10) + (46,8 * 0,05) \\ &+ (70,1 * 0,05) + (23,0 * 0,05) + (114,3 * 0,09) + (27,0 * 0,10) + (122,0 * 0,08) \\ &+ (28,6 * 0,05) + (87,4 * 0,05) + (57,9 * 0,05) = 60,006 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\overline{CO} = \frac{30,91}{60,006} = 0,515 \text{ g/kWh}$$

Calcul des émissions spécifiques de NO_x au point d'essai aléatoire (paragraphe 4.6.1 de l'appendice 1 de l'annexe 4):

Supposons que les valeurs suivantes aient été mesurées au point d'essai aléatoire:

$$\begin{aligned} n_Z &= 1600 \text{ min}^{-1} \\ M_Z &= 495 \text{ Nm} \\ \text{NO}_{x \text{ mass},Z} &= 487,9 \text{ g/h} \quad (\text{calculé conformément aux formules précédemment} \\ &\quad \text{données)} \\ P(n)_Z &= 83 \text{ kW} \\ \text{NO}_{x,Z} &= 487,9/83 = 5,878 \text{ g/kWh} \end{aligned}$$

Détermination de la valeur des émissions pour le cycle d'essai (paragraphe 4.6.2

de l'appendice 1 de l'annexe 4):

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
1368	1785	5,943	5,565	5,889	4,973	515	460	681	610

$$E_{TU} = 5,889 + (4,973 - 5,889) * (1600 - 1368) / (1785 - 1368) = 5,377 \text{ g/kWh}$$

$$E_{RS} = 5,943 + (5,565 - 5,943) * (1600 - 1368) / (1785 - 1368) = 5,732 \text{ g/kWh}$$

$$M_{TU} = 681 + (601 - 681) * (1600 - 1368) / (1785 - 1368) = 641,3 \text{ Nm}$$

$$M_{RS} = 515 + (460 - 515) * (1600 - 1368) / (1785 - 1368) = 484,3 \text{ Nm}$$

$$E_Z = 5,732 + (5,377 - 5,732) * (495 - 484,3) / (641,3 - 484,3) = 5,708 \text{ g/kWh}$$

Comparaison des valeurs d'émissions de NO_x (paragraphe 4.6.3 de l'appendice 1 de l'annexe 4):

$$\text{NO}_{x \text{ diff}} = 100 * (5,878 - 5,708) / 5,708 = 2,98 \%$$

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 (MSAM et GEDF) au cours de chaque mode. Le calcul de GEDF 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 de dilution en flux total, la valeur de GEDF est directement mesurée par l'appareillage CVS.

Calcul de GEDF (paragraphe 5.2.3 et 5.2.4 de l'appendice 1 de l'annexe 4):

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

$$G_{EDFW} = \frac{206,5 * 10,76}{0,657 - 0,040} = 3601,2 \text{ kg/h}$$

b) Méthode de la mesure du débit

$$q = \frac{6,0}{(6,0 - 5,4435)} = 10,78$$

$$G_{EDFW} = 334,02 * 10,78 = 3600,7 \text{ kg/h}$$

Calcul du débit-masse (paragraphe 5.4 de l'appendice 1 de l'annexe 4):

Le débit G_{EDFW} 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 4; 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.

$$\begin{aligned} \overline{G}_{EDFW} &= (3567 * 0,15) + (3592 * 0,08) + (3611 * 0,10) + (3600 * 0,10) \\ &+ (3618 * 0,05) + (3600 * 0,05) + (3640 * 0,05) + (3614 * 0,09) + (3620 * 0,10) + (3601 \\ &* 0,08) + (3639 * 0,05) + (3582 * 0,05) + (3635 * 0,05) \\ &= 3604,6 \text{ kg/h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{SAM} &= 0,226 + 0,122 + 0,151 + 0,152 + 0,076 + 0,076 + 0,076 + 0,136 + 0,151 \\ &+ 0,121 + 0,076 + 0,076 + 0,075 = 1,515 \text{ kg} \end{aligned}$$

Supposons que la masse de particules sur les filtres est de 2,5 mg, on a

$$PT_{\text{mass}} = \frac{2,5}{1,515} * \frac{3604,6}{1000} = 5,948 \text{ g/h}$$

Correction pour tenir compte des concentrations ambiantes (facultatif)

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 cette annexe et n'est pas répété ici.

$$M_d = 0,1 \text{ mg}; M_{\text{DIL}} = 1,5 \text{ kg}$$

Somme de DF = $[(1^{-1}/119.15) * 0.15] + [(1^{-1}/8.89) * 0.08] + [(1^{-1}/14.75) * 0.10] + [(1^{-1}/10.10) * 0.10] + [(1^{-1}/18.02) * 0.05] + [(1^{-1}/12.33) * 0.05] + [(1^{-1}/32.18) * 0.05] + [(1^{-1}/6.94) * 0.09] + [(1^{-1}/25.19) * 0.10] + [(1^{-1}/6.12) * 0.08] + [(1^{-1}/20.87) * 0.05] + [(1^{-1}/8.77) * 0.05] + [(1^{-1}/12.59) * 0.05] = 0.923$

$$PT_{\text{mass}} = \frac{2,5}{1,515} - \left(\frac{0,1}{1,5} * 0,923 \right) * \frac{3604,6}{1000} = 5,726 \text{ g/h}$$

Calcul des émissions spécifiques (paragraphe 5.5 de l'appendice 1 de l'annexe 4):

$P(n) = (0,1 * 0,15) + (96,8 * 0,08) + (55,2 * 0,10) + (82,9 * 0,10) + (46,8 * 0,05) + (70,1 * 0,05) + (23,0 * 0,05) + (114,3 * 0,09) + (27,0 * 0,10) + (122,0 * 0,08) + (28,6 * 0,05) + (87,4 * 0,05) + (57,9 * 0,05) = 60,006 \text{ kW}$

$$\overline{PT} = \frac{5,948}{60,006} = 0,099 \text{ g/kWh, s'il y a correction pour les concentrations ambiantes}$$

$$\overline{PT} = \frac{5,726}{60,006} = 0,095 \text{ g/kWh}$$

Calcul du facteur de pondération respectif (paragraphe 5.6 de l'appendice 1 de l'annexe 4):

Si l'on prend les valeurs calculées pour le mode 4 ci-dessus, on a

$$WF_{E,1} = \frac{0,152 * 3604,6}{1,515 * 3600,7} = 0,1004$$

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:

- le temps de réponse physique de l'opacimètre (t_p)
- le temps de réponse électrique de l'opacimètre (t_e)
- 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.

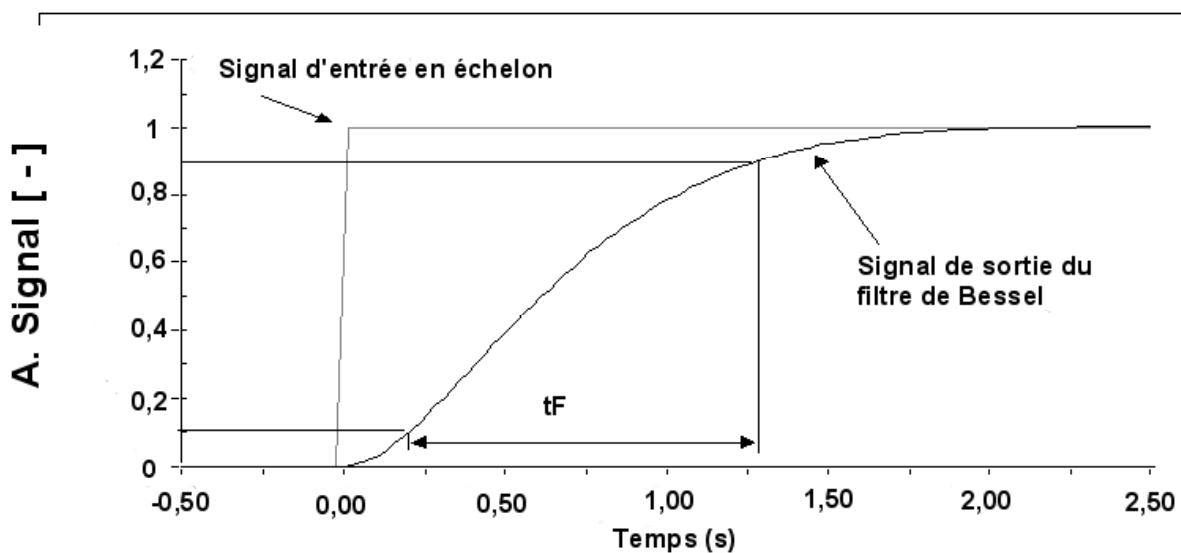
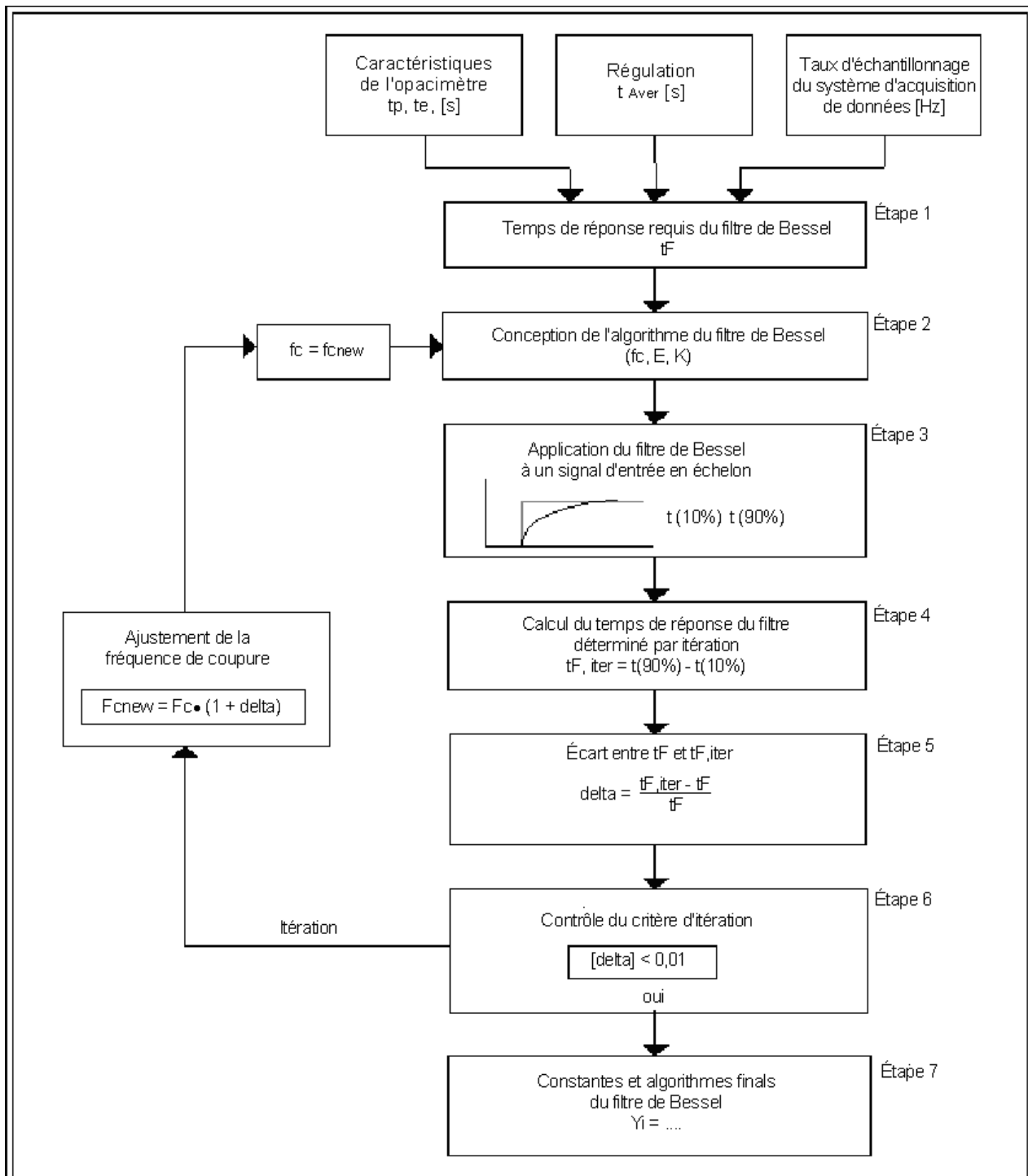


Figure a) - Traces du signal d'entrée en échelon et du signal de sortie filtré

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 6.1 de l'appendice 1 de l'annexe 4.

Pour l'opacimètre et le système d'acquisition de données, on pose les caractéristiques suivantes:

- temps de réponse physique t_p 0,15 s
- temps de réponse électrique t_e 0,05 s
- temps de réponse global t_{Aver} 1,00 s (par définition selon les termes du présent Règlement)
- 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:

$$f_c = 3,1415 / (10 * 0,987421) = 0,318152 \text{ Hz}$$

$$\Delta t = 1 / 150 = 0,006667 \text{ s}$$

$$\Omega = 1 / [\tan(3,1415 * 0,006667 * 0,318152)] = 150,076644$$

$$E = \frac{1}{1 + 150,076644 * \sqrt{3} * 0,618034 + 0,618034 * 150,076644^2} = 7,07948 * 10^{-5}$$

$$K = 2 * 7,07948 * 10^{-5} * (0,618034 * 150,076644 - 1) - 1 = 0,970783$$

On obtient ainsi l'algorithme de Bessel:

$$Y_i = Y_{i-1} + 7,07948 * 10^{-5} * (S_i + 2 * S_{i-1} + S_{i-2} - 4 * Y_{i-2}) + 0,970783 * (Y_{i-1} - Y_{i-2})$$

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:

$$t_{10} = t_{lower} + \Delta t * (0,1 - out_{lower}) / (out_{upper} - out_{lower})$$

$$t_{90} = t_{lower} + \Delta t * (0,9 - out_{lower}) / (out_{upper} - out_{lower})$$

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.

$$t_{10} = 0,200000 + 0,006667 * (0,1 - 0,099208) / (0,104794 - 0,099208) = 0,200945 \text{ s}$$

$$t_{90} = 1,273333 + 0,006667 * (0,9 - 0,899147) / (0,901168 - 0,899147) = 1,276147 \text{ s}$$

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:

$$f_{c, new} = 0,318152 * (1 + 0,081641) = 0,344126 \text{ Hz}$$

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.

Caractéristique	1ère itération	2ème itération
f_c (Hz)	0,318152	0,344126
E (-)	$7,07948 * 10^{-5}$	$8,272777 * 10^{-5}$
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

Tableau A: Valeurs des première et deuxième itérations

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).

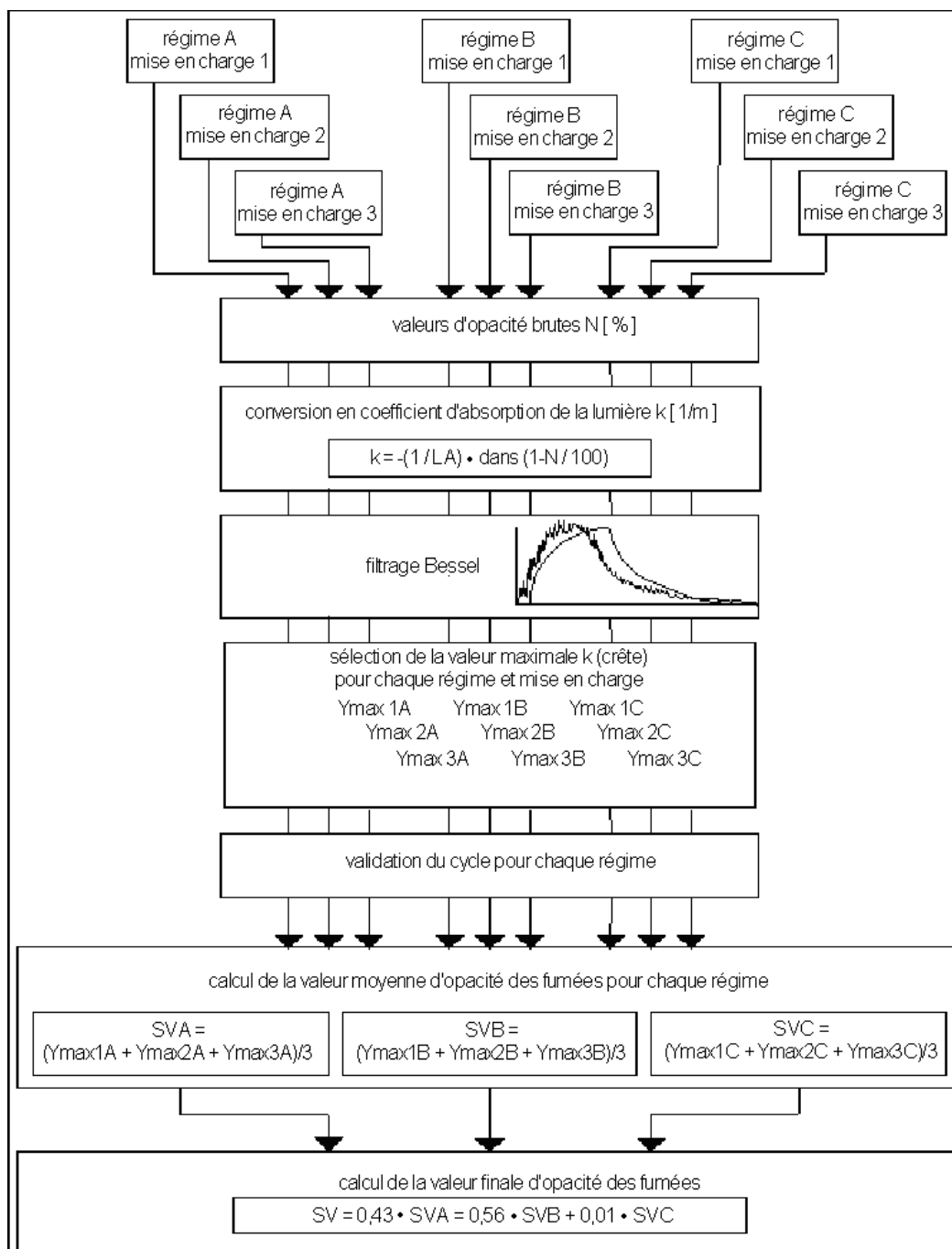
$$Y_i = Y_i^{-1} + 8,272777 * 10^{-5} * (S_i + 2 * S_i^{-1} + S_{i-2} - 4 * Y_{i-2}) + 0,968410 * (Y_i^{-1} - Y_{i-2})$$

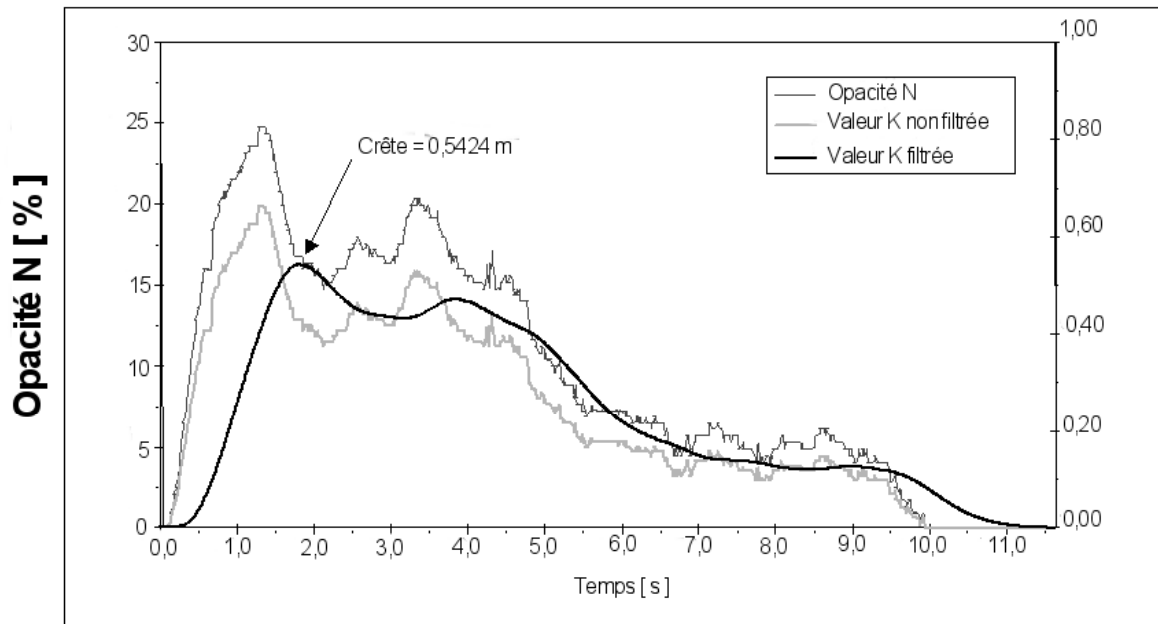
Indice I [-]	Temps [s]	Signal d'entrée en échelon S_i [-]	Signal de sortie filtré	
			Y_i [-]	
			1ère itération	2ème itération
-2	-0,013333	0	0,000000	0,000000
-1	-0,006667	0	0,000000	0,000000
0	0,000000	1	0,000071	0,000083
1	0,006667	1	0,000352	0,000411
2	0,013333	1	0,000908	0,001060
3	0,020000	1	0,001731	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
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
~	~	~	~	~

Tableau B - Valeurs du signal d'entrée en échelon et du signal de sortie du filtre de Bessel pour le premier et le deuxième cycles d'itération

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:





L

a 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 débiter l'algorithme, s_{-1} , s_{-2} , y_{-1} et y_{-2} sont fixés à zéro.

Calcul de la valeur k (paragraphe 6.3.1 de l'appendice 1 de l'annexe 4):

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

$$k = -\frac{1}{0,430} * \ln\left(1 - \frac{16,783}{100}\right) = 0,427252 \text{ m}^{-1}$$

Cette valeur correspond à S_{272} dans l'équation ci-dessous.

Calcul de la moyenne de Bessel de l'opacité des fumées (paragraphe 6.3.2 de l'appendice 1 de l'annexe 4):

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.

$$Y_{272} = 0,542383 + 8,272777 * 10^{-5} * (0,427252 + 2 * 0,427392 + 0,427532 - 4 * 0,542337) + 0,968410 * (0,542383 - 0,542337) = 0,542389 \text{ m}^{-1}$$

Cette valeur correspond à $Y_{\max 1, A}$ dans l'équation ci-dessous.

Calcul de la valeur finale d'opacité des fumées (paragraphe 6.3.3 de l'appendice 1 de l'annexe 4):

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

$$SV_A = (0,5424 + 0,5435 + 0,5587) / 3 = 0,5482 \text{ m}^{-1}$$

$$SV_B = (0,5596 + 0,5400 + 0,5389) / 3 = 0,5462 \text{ m}^{-1}$$

$$SV_C = (0,4912 + 0,5207 + 0,5177) / 3 = 0,5099 \text{ m}^{-1}$$

$$SV = (0,43 * 0,5482) + (0,56 * 0,5462) + (0,01 * 0,5099) = 0,5467 \text{ m}^{-1}$$

Validation du cycle (paragraphe 3.4 de l'appendice 1 de l'annexe 4)

Avant le calcul de SV, le cycle doit être validé par calcul des écarts types relatifs des valeurs d'opacité des trois mises en charges 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 non 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 $Y_{\max 1, A}$ (\equiv valeur de crête, indiquée en caractères gras)

Indice i [-]	Instant [s]	Opacité N [%]	Valeur k non filtrée [m ⁻¹]	Valeur k non 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 /rev)	0,1776
N_p	(rev)	23073
p_B	(kPa)	98,0
p_1	(kPa)	2,3
T	(K)	322,5
H_a	(g/kg)	12,8
$NO_{x\ conc}$	(ppm)	53,7
$NO_{x\ concd}$	(ppm)	0,4
$CO_{\ conc}$	(ppm)	38,9
$CO_{\ concd}$	(ppm)	1,0
$HC_{\ conc}$	(ppm) sans convertisseur	9,00
$HC_{\ concd}$	(ppm) sans convertisseur	3,02
$HC_{\ conc}$	(ppm) avec convertisseur	1,20
$HC_{\ concd}$	(ppm) avec convertisseur	0,65
$CO_{2,\ conc}$	(%)	0,723
$W_{\ act}$	(kWh)	62,72

Calcul du débit de gaz d'échappement dilués (paragraphe 4.1 de l'appendice 2 de l'annexe 4):

$$M_{TOTW} = 1,293 * 0,1776 * 23073 * (98,0 - 2,3) * 273 / (101,3 * 322,5) \\ = 4237,2 \text{ kg}$$

Calcul du facteur de correction des NO_x (paragraphe 4.2 de l'appendice 2 de l'annexe 4):

$$K_{H,D} = \frac{1}{1 - 0,0182 \cdot (12,8 - 10,71)} = 1,039$$

Calcul de la concentration de NMHC selon la méthode du convertisseur d'hydrocarbures non méthaniques (paragraphe 4.3.1 de l'appendice 2 de l'annexe 4), en supposant une efficacité pour le méthane de 0,04 et une efficacité pour l'éthane de 0,98:

$$\text{NMHC}_{\text{conce}} = \frac{9,0 \times (1 - 0,04) - 1,2}{0,98 - 0,04} = 7,91 \text{ ppm}$$

$$\text{NMHC}_{\text{concd}} = \frac{3,02 \times (1 - 0,04) - 0,65}{0,98 - 0,04} = 2,39 \text{ ppm}$$

Calcul des concentrations corrigées des concentrations ambiantes (paragraphe 4.3.1.1 de l'appendice 2 de l'annexe 4):

Supposons que soit utilisé un carburant diesel de composition $\text{C}_1\text{H}_{1,8}$

$$F_s = 100 \cdot \frac{1}{1 + (1,8/2) + (3,76 \cdot (1 + (1,8/4)))} = 13,6$$

$$\text{DF} = \frac{13,6}{0,723 + (9,00 + 38,9) \cdot 10^{-4}} = 18,69$$

$$\text{NO}_{\text{x conc}} = 53,7 - 0,4 \cdot (1 - (1/18,69)) = 53,3 \text{ ppm}$$

$$\text{CO}_{\text{conc}} = 38,9 - 1,0 \cdot (1 - (1/18,69)) = 37,9 \text{ ppm}$$

$$\text{HC}_{\text{conc}} = 9,00 - 3,02 \cdot (1 - (1/18,69)) = 6,14 \text{ ppm}$$

$$\text{NMHC}_{\text{conc}} = 7,91 - 2,39 \cdot (1 - (1/18,69)) = 5,65 \text{ ppm}$$

Calcul du débit-masse d'émissions (paragraphe 4.3.1 de l'appendice 2 de l'annexe 4):

$$\text{NO}_{\text{x mass}} = 0,001587 \cdot 53,3 \cdot 1,039 \cdot 4237,2 = 372,391 \text{ g}$$

$$\text{CO}_{\text{mass}} = 0,000966 \cdot 37,9 \cdot 4237,2 = 155,129 \text{ g}$$

$$\text{HC}_{\text{mass}} = 0,000479 \cdot 6,14 \cdot 4237,2 = 12,462 \text{ g}$$

$$\text{NMHC}_{\text{mass}} = 0,000479 \cdot 5,65 \cdot 4237,2 = 11,467 \text{ g}$$

Calcul des émissions spécifiques (paragraphe 4,4 de l'appendice 2 de l'annexe 4):

$$\overline{\text{NO}_x} = 372,391 / 62,72 = 5,94 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{\text{CO}} = 155,129 / 62,72 = 2,47 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{\text{HC}} = 12,462 / 62,72 = 0,199 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{\text{NMHC}} = 11,467 / 62,72 = 0,183 \text{ g/kWh}$$

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)	4237,2
$M_{\text{f,p}}$ (mg)	3,030
$M_{\text{f,b}}$ (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 (paragraphe 5.1 de l'appendice 2 de l'annexe 4):

$$M_{\text{f}} = 3,030 + 0,044 = 3,074 \text{ mg}$$

$$M_{\text{SAM}} = 2,159 - 0,909 = 1,250 \text{ kg}$$

$$PT_{\text{mass}} = \frac{3,074}{1,250} * \frac{4237,2}{1000} = 10,42 \text{ g}$$

Calcul des émissions-masse corrigées des concentrations ambiantes (paragraphe 5.1 de l'appendice 2 de l'annexe 4):

$$PT_{\text{mass}} = \left[\frac{3,074}{1,250} - \left(\frac{0,341}{1,245} * \left(1 - \frac{1}{18,69} \right) \right) \right] * \frac{4237,2}{1000} = 9,32 \text{ g}$$

Calcul des émissions spécifiques (paragraphe 5.2 de l'appendice 2 de l'annexe 4):

$$\overline{NO_x} = 372,391 / 62,72 = 5,94 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{CO} = 155,129 / 62,72 = 2,47 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{HC} = 12,462 / 62,72 = 0,199 \text{ g/kWh}$$

3.3. Émissions gazeuses (moteur à GNC)

Supposons que les résultats d'essai soient les suivants pour un système PDP-CVS

M_{TOTW}	(kg)	4237,2
H_a	(g/kg)	12,8
NO_x conce	(ppm)	17,2
NO_x concd	(ppm)	0,4
CO conce	(ppm)	44,3
CO concd	(ppm)	1,0
HC conce	(ppm) sans convertisseur	27,0
HC concd	(ppm) sans convertisseur	2,02
HC conce	(ppm) avec convertisseur	18,0
HC concd	(ppm) avec convertisseur	0,65
CH_4 conce	(ppm)	18,0
CH_4 concd	(ppm)	1,1
$CO_{2,conce}$	(%)	0,723
W_{act}	(kWh)	62,72

Calcul du facteur de correction des NOx (paragraphe 4.2 de l'appendice 2 de l'annexe 4):

$$K_{H,G} = \frac{1}{1 - 0,0329 \times (12,8 - 10,71)} = 1,074$$

Calcul de la concentration de NMHC (paragraphe 4.3.1 de l'appendice 2 de l'annexe 4):

a) Méthode par chromatographie en phase gazeuse

$$NMHC_{conce} = 27,0 - 18,0 = 9,0 \text{ ppm}$$

b) Méthode avec 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: annexe 4, appendice 5, paragraphe 1.8.4)

$$NMHC_{conce} = \frac{27,0 \cdot (1 - 0,04) - 18,0}{0,98 - 0,04} = 8,4 \text{ ppm}$$

$$NMHC_{concd} = \frac{2,02 \cdot (1 - 0,04) - 0,65}{0,98 - 0,04} = 1,37 \text{ ppm}$$

Calcul des concentrations corrigées des concentrations ambiantes (paragraphe 4.3.1.1 de l'appendice 2 de l'annexe 4):

Supposons que soit utilisé un carburant à 100 % de méthane, de composition C_1H_4

$$F_s = 100 \cdot \frac{1}{1 + (4/2) + (3,76 \times (1 + (4/4)))} = 9,5$$

$$DF = \frac{9,5}{0,723 + (27,0 + 44,3) \cdot 10^{-4}} = 13,01$$

Pour les NMHC avec la méthode par chromatographie en phase gazeuse, la concentration ambiante est la différence entre HC_{concd} et CH_4_{concd}

$$NO_{x \text{ conc}} = 17,2 - 0,4 \cdot (1 - (1/13,01)) = 16,8 \text{ ppm}$$

$$CO_{\text{conc}} = 44,3 - 1,0 \cdot (1 - (1/13,01)) = 43,4 \text{ ppm}$$

$$NMHC_{\text{conc}} = 8,4 - 1,37 \cdot (1 - (1/13,01)) = 7,13 \text{ ppm}$$

(méthode avec convertisseur d'hydrocarbures non méthaniques)

$$NMHC_{\text{conc}} = 9,0 - 0,92 \cdot (1 - (1/13,01)) = 8,15 \text{ ppm}$$

(méthode par chromatographie en phase gazeuse)

$$CH_4_{\text{conc}} = 18,0 - 1,1 \cdot (1 - (1/13,01)) = 17,0 \text{ ppm}$$

(méthode par chromatographie en phase gazeuse)

Calcul du débit-masse d'émissions (paragraphe 4.3.1 de l'appendice 2 de l'annexe 4):

$$NO_{x \text{ mass}} = 0,001587 \cdot 16,8 \cdot 1,074 \cdot 4237,2 = 121,330 \text{ g}$$

$$CO_{\text{mass}} = 0,000966 \cdot 43,4 \cdot 4237,2 = 177,642 \text{ g}$$

$$NMHC_{\text{mass}} = 0,000516 \cdot 7,13 \cdot 4237,2 = 15,589 \text{ g}$$

(méthode avec convertisseur d'hydrocarbures non méthaniques)

$$NMHC_{\text{mass}} = 0,000516 \cdot 8,15 \cdot 4237,2 = 17,819 \text{ g}$$

(méthode par chromatographie en phase gazeuse)

$$CH_4_{\text{mass}} = 0,000552 \cdot 17,0 \cdot 4237,2 = 39,762 \text{ g}$$

(méthode par chromatographie en phase gazeuse)

Calcul des émissions spécifiques (paragraphe 4.4 de l'appendice 2 de l'annexe 4):

$$\overline{NQ} = 121,330/62,72 = 1,93 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{\text{CO}} = 177,642/62.72 = 2,83 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{\text{NMHC}} = 15,589/62.72 = 0,249 \text{ g/kWh}$$

(méthode avec convertisseur d'hydrocarbures non méthaniques)

$$\overline{\text{NMHC}} = 17,819/62.72 = 0,284 \text{ g/kWh}$$

(méthode par chromatographie en phase gazeuse)

$$\overline{\text{CH}_4} = 39,762/62.72 = 0,634 \text{ g/kWh}$$

(méthode par chromatographie en phase gazeuse)

4. FACTEUR DE RECALAGE λ (S_λ)

4.1. Calcul du facteur de recalage λ (S_λ) ^{4/}

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert \%}}{100}\right) \left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{\text{O}_2^*}{100}}$$

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 carburant;
 n et m = indice moyen C_nH_m caractérisant les proportions en hydrocarbures du carburant, c'est-à-dire:

$$n = \frac{1 * \left[\frac{\text{CH}_4\%}{100}\right] + 2 * \left[\frac{\text{C}_2\%}{100}\right] + 3 * \left[\frac{\text{C}_3\%}{100}\right] + 4 * \left[\frac{\text{C}_4\%}{100}\right] + 5 * \left[\frac{\text{C}_5\%}{100}\right] + \dots}{1 - \frac{\text{diluent}\%}{100}}$$

$$m = \frac{4 * \left[\frac{\text{CH}_4\%}{100}\right] + 4 * \left[\frac{\text{C}_2\text{H}_4\%}{100}\right] + 6 * \left[\frac{\text{C}_2\text{H}_6\%}{100}\right] + 8 * \left[\frac{\text{C}_3\text{H}_8\%}{100}\right] + \dots}{1 - \frac{\text{diluent}\%}{100}}$$

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;

^{4/} 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"
 (pages 68 à 72).

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 carburant;
 diluent = % en volume de gaz de dilution dans le carburant (O_2^* , N_2 , CO_2 , He, etc.).

4.2. Exemples de calcul du facteur de recalage S_λ :

Exemple 1: G_{25} : $CH_4 = 86\%$, $N_2 = 14\%$ (en vol.)

$$n = \frac{1x\left[\frac{CH_4\%}{100}\right] + 2x\left[\frac{C_2\%}{100}\right] + \dots}{1 - \frac{\text{diluent}\%}{100}} = \frac{1x0,86}{1 - \frac{14}{100}} = \frac{0,86}{0,86} = 1$$

$$m = \frac{4 * \left[\frac{CH_4\%}{100}\right] + 4 * \left[\frac{C_2H_4\%}{100}\right] + \dots}{1 - \frac{\text{diluent}\%}{100}} = \frac{4 * 0,86}{0,86} = 4$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inerte}\%}{100}\right) \left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{14}{100}\right) x \left(1 + \frac{4}{4}\right)} = 1,16$$

Exemple 2: GR: $CH_4 = 87\%$, $C_2H_6 = 13\%$ (en vol.)

$$n = \frac{1x\left[\frac{CH_4\%}{100}\right] + 2x\left[\frac{C_2\%}{100}\right] + \dots}{1 - \frac{\text{diluent}\%}{100}} = \frac{1x0,87 + 2x0,13}{1 - \frac{0}{100}} = \frac{1,13}{1} = 1,13$$

$$m = \frac{4x\left[\frac{CH_4\%}{100}\right] + 6x\left[\frac{C_2H_6\%}{100}\right] + \dots}{1 - \frac{\text{diluent}\%}{100}} = \frac{4x0,87 + 6x0,13}{1} = 4,26$$

$$S\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inerte}\%}{100}\right) \left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{0}{100}\right) x \left(1,13 + \frac{4,26}{4}\right)} = 0,911$$

Exemple 3: États-Unis: CH₄ = 89 %, C₂H₆ = 4,5 %, C₃H₈ = 2,3 %, C₆H₁₄ = 0,2 %, O₂ = 0,6 %, N₂ = 4%

$$n = \frac{1x \left[\frac{CH4\%}{100} \right] + 2x \left[\frac{C2\%}{100} \right] + \dots}{1 - \frac{\text{diluent}\%}{100}} = \frac{1x0,89 + 2x0,045 + 3x0,023 + 4x0,002}{1 - \frac{(0,64 + 4)}{100}} = 1,11$$

$$m = \frac{4x \left[\frac{CH4\%}{100} \right] + 4x \left[\frac{C2H4\%}{100} \right] + 6x \left[\frac{C2H6\%}{100} \right] + \dots + 8x \left[\frac{C3H8\%}{100} \right]}{1 - \frac{\text{diluent}\%}{100}} =$$

$$= \frac{4x0,89 + 4x0,045 + 8x0,023 + 14x0,002}{1 - \frac{0,6 + 4}{100}} = 4,24$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inerte}\%}{100}\right) \left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{4}{100}\right) * \left(1,11 + \frac{4,24}{4}\right) - \frac{0,6}{100}} = 0,96$$

Annexe 9

PRESCRIPTIONS TECHNIQUES SPÉCIFIQUES AUX MOTEURS DIESEL À L'ÉTHANOL

Dans le cas des moteurs diesel fonctionnant à l'éthanol, les modifications spécifiques suivantes des paragraphes, équations et facteurs s'appliquent aux procédures d'essai définies à l'annexe 4 du présent Règlement.

Dans l'annexe 4, appendice 1

4.2. Corrections pour conditions sèches ou conditions humides

$$F_{FH} = \frac{1,877}{\left(1 + 2,577 \cdot \frac{G_{FUEL}}{G_{AIRW}}\right)}$$

4.3. Correction des émissions de NOx pour l'humidité et la température

$$K_{H,D} = \frac{1}{1 + A \cdot (H_a - 10,71) + B \cdot (T_a - 298)}$$

où:

$$A = 0,181 G_{FUEL}/G_{AIRD} - 0,0266$$

$$B = -0,123 G_{FUEL}/G_{AIRD} + 0,00954$$

$$T_a = \text{température de l'air d'admission, en K}$$

$$H_a = \text{humidité de l'air d'admission, g d'eau par kg d'air sec}$$

4.4. Calcul des débits-masse d'émissions

Les débits-masse d'émissions (g/h) doivent être calculés comme suit pour chaque mode, dans l'hypothèse d'une masse volumique des gaz d'échappement égale à 1,272 kg/m³ à 273 K (0 °C) et 101,3 kPa:

$$(1) \quad NO_{x \text{ mass}} = 0,001613 \cdot NO_{x \text{ conc}} \cdot K_{H,D} \cdot G_{EXHW}$$

$$(2) \quad CO_{\text{mass}} = 0,000982 \cdot CO_{\text{conc}} \cdot G_{EXHW}$$

$$(3) \quad HC_{\text{mass}} = 0,000809 \cdot HC_{\text{conc}} \cdot K_{H,D} \cdot G_{EXHW}$$

où NO_{x conc}, CO_{conc}, HC_{conc} 1/ sont les concentrations moyennes (ppm) dans les gaz d'échappement bruts, déterminées conformément au paragraphe 4.1 ci-dessus.

1/ Sur la base de l'équivalent C1.

S'il est décidé, en option, de déterminer les émissions gazeuses avec un système de dilution en circuit principal, les formules ci-après peuvent être appliquées:

$$(1) \quad \text{NO}_{x \text{ mass}} = 0,001587 \cdot \text{NO}_{x \text{ conc}} \cdot K_{H,D} \cdot G_{\text{TOTW}}$$

$$(2) \quad \text{CO}_{\text{mass}} = 0,000966 \cdot \text{CO}_{\text{conc}} \cdot G_{\text{TOTW}}$$

$$(3) \quad \text{HC}_{\text{mass}} = 0,000795 \cdot \text{HC}_{\text{conc}} \cdot G_{\text{TOTW}}$$

où $\text{NO}_{x \text{ conc}}$, CO_{conc} , HC_{conc} sont les concentrations moyennes corrigées (pour tenir compte des concentrations ambiantes dans l'air de dilution) des gaz d'échappement dilués pour chaque mode, en ppm, déterminées conformément au paragraphe 4.3.1.1 de l'appendice 2 de l'annexe 4.

Dans l'annexe 4, appendice 2

Les paragraphes 3.1, 3.4, 3.8.3 et 5 de l'appendice 2 ne s'appliquent pas seulement aux moteurs diesel, mais aussi aux moteurs diesel fonctionnant à l'éthanol.

4.2. Les conditions d'essai doivent être telles que la température de l'air et l'humidité mesurées au niveau de l'admission du moteur soient normalisées durant l'exécution de l'essai. La norme doit être égale à $6 \nabla 0,5$ g d'eau par kg d'air sec à un intervalle de température de $298 \nabla 3$ K. Il ne doit être procédé à aucune autre correction des NO_x dans ces limites. L'essai est nul si ces conditions ne sont pas réunies.

4.3. Calcul du débit-masse des émissions

4.3.1. Systèmes à débit-masse constant

Pour les systèmes à échangeur thermique, la masse de polluants (g/essai) doit être déterminée au moyen des équations suivantes:

$$(1) \quad \text{NO}_{x \text{ mass}} = 0,001587 \cdot \text{NO}_{x \text{ conc}} \cdot K_{H,D} \cdot M_{\text{TOTW}} \quad (\text{moteurs à éthanol})$$

$$(2) \quad \text{CO}_{\text{mass}} = 0,000966 \cdot \text{CO}_{\text{conc}} \cdot M_{\text{TOTW}} \quad (\text{moteurs à éthanol})$$

$$(3) \quad \text{HC}_{\text{mass}} = 0,000794 \cdot \text{HC}_{\text{conc}} \cdot M_{\text{TOTW}} \quad (\text{moteurs à éthanol})$$

où:

$NO_{x\ conc}$, $CO_{\ conc}$, $HC_{\ conc}$, $1/NMHC_{\ conc}$ = concentrations moyennes corrigées pour les concentrations ambiantes sur la durée du cycle, obtenues par intégration (obligatoire pour les NOx et les HC) ou par mesure sur sacs de prélèvement, en ppm.

M_{TOTW} = masse totale des gaz d'échappement dilués sur la durée du cycle, déterminée conformément au paragraphe 4.1, en kg.

4.3.1.1. Détermination des concentrations corrigées des concentrations ambiantes

La concentration ambiante moyenne des polluants gazeux dans l'air de dilution doit être déduite des concentrations mesurées pour obtenir les concentrations nettes de polluants. Les valeurs moyennes des concentrations ambiantes peuvent être déterminées par mesure dans un sac de prélèvement ou par mesure continue avec intégration. La formule suivante doit être appliquée:

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

où:

conc = concentration du polluant dans les gaz d'échappement dilués, corrigée de la concentration de ce polluant dans l'air de dilution, en ppm

conc_e = concentration du polluant mesurée dans les gaz d'échappement dilués, en ppm

conc_d = concentration du polluant mesurée dans l'air de dilution, en ppm

DF = facteur de dilution

Le facteur de dilution doit être calculé comme suit:

$$DF = \frac{F_S}{CO_{2,\text{conce}} + (HC_{\text{conce}} + CO_{\text{conce}}) * 10^{-4}}$$

où:

$CO_{2,\text{conce}}$ = concentration de CO₂ dans les gaz d'échappement dilués, en % vol

HC_{conce} = concentration de HC dans les gaz d'échappement dilués, en ppm C1

CO_{conce} = 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 aux conditions humides conformément au paragraphe 4.2 de l'appendice 1 de l'annexe 4.

Le facteur stœchiométrique se calcule comme suit pour la composition générale de carburant $CH_\alpha O_\beta N_\gamma$:

$$F_s = 100 \cdot \frac{1}{1 + \frac{\alpha}{2} + 3,76 \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\beta}{2}\right) + \frac{\gamma}{2}}$$

Si la composition du carburant n'est pas connue, les facteurs stœchiométriques suivants peuvent être utilisés par défaut:

$$F_s (\text{éthanol}) = 12,3$$

4.3.2. Systèmes à compensation de débit

Pour les systèmes sans échangeur de chaleur, la masse des polluants (g/essai) doit être déterminée par calcul des émissions massiques instantanées et intégration des valeurs instantanées sur la durée du cycle. En outre, la correction pour concentrations ambiantes doit être appliquée directement à la valeur instantanée des concentrations. Les formules suivantes sont à appliquer:

$$(1) \text{NO}_{x \text{ mass}} =$$

$$\sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \cdot \text{NO}_{x \text{ conc},i} \cdot 0,001587) - (M_{\text{TOTW}} \cdot \text{NO}_{x \text{ conc}} \cdot (1 - 1/\text{DF}) \cdot 0,001587)$$

$$(2) \text{CO}_{\text{mass}} =$$

$$\sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \cdot \text{CO}_{\text{conc},i} \cdot 0,000966) - (M_{\text{TOTW}} \cdot \text{CO}_{\text{conc}} \cdot (1 - 1/\text{DF}) \cdot 0,000966)$$

(3) $HC_{\text{mass}} =$

$$\sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} * HC_{\text{conc}_e,i} * 0,000479) - (M_{\text{TOTW}} * HC_{\text{conc}_d} * (1 - 1/DF) * 0,000479)$$

où:

conc_e = concentration du polluant mesurée dans les gaz d'échappement dilués, en ppm

conc_d = concentration du polluant mesurée dans l'air de dilution, en ppm

$M_{\text{TOTW},i}$ = masse instantanée de gaz d'échappement dilués (voir le paragraphe 4.1), en kg

M_{TOTW} = masse totale de gaz d'échappement dilués sur la durée du cycle (voir le paragraphe 4.1), en kg

DF = facteur de dilution déterminé conformément au paragraphe 4.3.1.1.

4.4. Calcul des émissions spécifiques

Les émissions (g/kWh) doivent être calculées comme suit pour tous les composants:

$$\overline{NO_x} = NO_{x\text{mass}} / W_{\text{act}}$$

$$\overline{CO} = CO_{\text{mass}} / W_{\text{act}}$$

$$\overline{HC} = HC_{\text{mass}} / W_{\text{act}}$$

où:

W_{act} = travail du cycle effectif, déterminé conformément au paragraphe 3.9.2, en kWh