

DIRECTIVE 2002/88/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL**du 9 décembre 2002****modifiant la directive 97/68/CE sur le rapprochement des législations des États membres relatives aux mesures contre les émissions de gaz et de particules polluants provenant des moteurs à combustion interne destinés aux engins mobiles non routiers**

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

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

vu la proposition de la Commission ⁽¹⁾,

vu l'avis du Comité économique et social ⁽²⁾,

après consultation du Comité des régions,

statuant conformément à la procédure visée à l'article 251 du traité ⁽³⁾,

considérant ce qui suit:

- (1) Le programme «Auto Oil II» avait pour objectif de recenser des stratégies rentables pour respecter les objectifs de la Communauté en matière de qualité de l'air. Il ressort de la communication de la Commission relative au bilan du programme «Auto Oil II» que de nouvelles mesures devront être prises, notamment, pour apporter des solutions spécifiques aux problèmes de l'ozone et des émissions de particules. Des travaux récents concernant l'élaboration de plafonds nationaux d'émissions ont montré que des mesures supplémentaires sont nécessaires pour assurer le respect des objectifs de qualité de l'air intégrés dans la législation communautaire.
- (2) Des normes strictes concernant les émissions des véhicules routiers ont été adoptées progressivement. Leur renforcement a déjà été décidé. La contribution relative des polluants provenant des engins mobiles non routiers va donc devenir plus importante à l'avenir.
- (3) La directive 97/68/CE ⁽⁴⁾ a introduit des valeurs limites d'émissions applicables aux gaz et aux particules polluants émis par les moteurs à combustion interne destinés aux engins mobiles non routiers.

- (4) Bien que la directive 97/68/CE ne soit applicable à l'origine qu'à certains moteurs à allumage par compression, le cinquième considérant de ladite directive envisage l'extension ultérieure de son champ d'application, notamment aux moteurs à essence.
- (5) Les émissions des petits moteurs à allumage commandé (moteurs à essence) qui équipent différents types d'engins contribuent de manière non négligeable à des problèmes de qualité de l'air désormais identifiés, qu'ils soient actuels ou futurs, et notamment à la formation d'ozone.
- (6) Les émissions provenant des petits moteurs à allumage commandé sont soumises à des normes environnementales strictes aux États-Unis, ce qui démontre la possibilité de réduire sensiblement les émissions.
- (7) En l'absence de législation communautaire, il est possible de mettre sur le marché des moteurs conçus selon des technologies dépassées sur le plan environnemental qui compromettent la réalisation des objectifs de qualité de l'air dans la Communauté, ou de mettre en œuvre dans ce domaine des instruments législatifs nationaux qui pourraient constituer des entraves aux échanges.
- (8) La directive 97/68/CE est étroitement harmonisée avec la législation américaine correspondante, et la poursuite de cette harmonisation apportera des avantages tant pour l'industrie que pour l'environnement.
- (9) Une période de préparation est nécessaire pour l'industrie européenne, et notamment pour les constructeurs qui n'exercent pas encore leurs activités sur un marché mondial, afin d'être en mesure de respecter les normes d'émissions.
- (10) Une approche en deux phases est utilisée aussi bien dans la directive 97/68/CE pour les moteurs à allumage par compression que dans la réglementation américaine sur les moteurs à allumage commandé. Bien qu'il eût été possible d'adopter une approche en une seule phase dans la législation communautaire, cela aurait eu pour effet de prolonger de quatre à cinq ans la situation de non-réglementation de ce domaine.
- (11) Afin de disposer de la souplesse nécessaire pour parvenir à un alignement au plan mondial, une possibilité de dérogation, à mettre en œuvre selon la procédure de comité, est incluse.

⁽¹⁾ JO C 180 E du 26.6.2001, p. 31.

⁽²⁾ JO C 260 du 17.9.2001, p. 1.

⁽³⁾ Avis du Parlement européen du 2 octobre 2001 (JO C 87 E du 11.4.2002, p. 18), position commune du Conseil du 25 mars 2002 (JO C 145 E du 18.6.2002, p. 17) et décision du Parlement européen du 2 juillet 2002.

⁽⁴⁾ JO L 59 du 27.2.1998, p. 1. Directive modifiée par la directive 2001/63/CE de la Commission (JO L 227 du 23.8.2001, p. 41).

(12) Il y a lieu d'arrêter les mesures nécessaires pour la mise en œuvre de la présente directive en conformité avec la décision 1999/468/CE du Conseil du 28 juin 1999 fixant les modalités de l'exercice des compétences d'exécution conférées à la Commission ⁽¹⁾.

(13) Il convient de modifier la directive 97/68/CE en conséquence,

ONT ARRÊTÉ LA PRÉSENTE DIRECTIVE:

Article premier

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

1) À l'article 2:

a) le huitième tiret est remplacé par le texte suivant:

«— "mise sur le marché", l'action de rendre disponible sur le marché, pour la première fois, contre paiement ou à titre gratuit, un moteur, en vue de sa distribution et/ou de son utilisation dans la Communauté»;

b) les tirets suivants sont ajoutés:

«— "moteur de rechange", un moteur neuf destiné à remplacer le moteur d'un équipement, et qui a été fourni uniquement à cette fin,

— "moteur portable", un moteur qui satisfait à au moins une des exigences suivantes:

a) le moteur doit être utilisé dans un équipement qui est porté par l'opérateur pendant l'exécution des fonctions pour lesquelles il est conçu;

b) le moteur doit être utilisé dans un équipement devant fonctionner en positions multiples, par exemple en position renversée ou de côté, pour accomplir les fonctions pour lesquelles il est conçu;

c) le moteur doit être utilisé dans un équipement dont le poids à sec combiné (équipement + moteur) est inférieur à 20 kilogrammes et qui possède au moins l'une des caractéristiques suivantes:

i) l'opérateur doit soit tenir, soit porter l'équipement pendant l'exécution de sa ou ses fonction(s);

ii) l'opérateur doit tenir ou piloter l'équipement pendant l'exécution de sa ou ses fonction(s);

iii) le moteur doit être utilisé dans un générateur ou une pompe,

— "moteur non portable", un moteur qui ne correspond pas à la définition du moteur portable,

— "moteur portable à usage professionnel fonctionnant en positions multiples", un moteur portable qui satisfait aux exigences énoncées aux points a) et b) de la définition du "moteur portable" et pour lequel le constructeur a fourni à une autorité compétente en matière de réception la garantie qu'une période de durabilité des caractéristiques d'émissions de catégorie 3 (comme indiqué à l'annexe IV, appendice 4, point 2.1) serait applicable;

— "période de durabilité des caractéristiques d'émissions", le nombre d'heures indiqué à l'annexe IV, appendice 4, utilisé pour déterminer les facteurs de détérioration,

— "famille de moteurs fabriqués en petites séries", une famille de moteurs à allumage commandé produits au total à moins de 5 000 unités par an,

— "constructeur de moteurs à allumage commandé en petites séries", un constructeur dont la production annuelle totale est inférieure à 25 000 unités.»

2) L'article 4 est modifié comme suit:

a) le paragraphe 2 est modifié comme suit:

i) dans la première phrase, «annexe VI» est remplacé par «annexe VII»;

ii) dans la deuxième phrase, «annexe VII» est remplacé par «annexe VIII»;

b) le paragraphe 4 est modifié comme suit:

i) au point a), «annexe VIII» est remplacé par «annexe IX»;

ii) au point b), «annexe IX» est remplacé par «annexe X»;

c) au paragraphe 5, «annexe X» est remplacé par «annexe XI».

3) À l'article 7, le paragraphe 2 est remplacé par le texte suivant:

«2. Les États membres acceptent les réceptions par type énumérées et, le cas échéant, les marques de réception correspondantes, à l'annexe XII comme étant conformes à la présente directive.»

4) L'article 9 est modifié comme suit:

a) le titre «Calendrier» est remplacé par le titre «Calendrier — Moteurs à allumage par compression»;

⁽¹⁾ JO L 184 du 17.7.1999, p. 23.

- b) au paragraphe 1, «annexe VI» est remplacé par «annexe VII»;
- c) le paragraphe 2 est modifié comme suit:
- i) «annexe VI» est remplacé par «annexe VII»;
 - ii) «annexe I point 4.2.1» est remplacé par «annexe I, point 4.1.2.1»;
- d) le paragraphe 3 est modifié comme suit:
- i) «annexe VI» est remplacé par «annexe VII»;
 - ii) «annexe I point 4.2.3» est remplacé par «annexe I, point 4.1.2.3»;
- e) au paragraphe 4, premier alinéa, les termes «et la mise sur le marché de nouveaux moteurs» sont remplacés par «et la mise sur le marché de moteurs».
- 5) L'article suivant est inséré:

«Article 9 bis

Calendrier — Moteurs à allumage commandé

1. RÉPARTITION EN CLASSES

Aux fins de la présente directive, les moteurs à allumage commandé sont répartis entre les classes suivantes.

Classe principale S: petits moteurs d'une puissance nette ≤ 19 kW

La classe principale S est divisée en deux catégories:

H: moteurs destinés aux engins portatifs

N: moteurs destinés aux engins non portatifs

Classe/catégorie	Cylindrée (en cm ³)
Moteurs portatifs Classe SH:1	< 20
Classe SH:2	≥ 20 < 50
Classe SH:3	≥ 50
Moteurs non portatifs Classe SN:1	< 66
Classe SN:2	≥ 66 < 100
Classe SN:3	≥ 100 < 225
Classe SN:4	≥ 225

2. DÉLIVRANCE DES RÉCEPTIONS PAR TYPE

Après le 11 août 2004, les États membres ne peuvent refuser de procéder à la réception par type d'un type ou d'une famille de moteurs à allumage commandé et de délivrer le document décrit à l'annexe VII, ni imposer d'autres exigences de réception par type en matière d'émissions polluantes aux engins mobiles non routiers sur lesquels un moteur est installé, si ce moteur satisfait aux exigences de la présente directive en matière d'émissions de gaz polluants.

3. RÉCEPTIONS PAR TYPE PENDANT LA PHASE I

Les États membres refusent de procéder à la réception par type d'un type de moteur ou d'une famille de moteurs et de délivrer les documents décrits à l'annexe VII, et ils refusent de procéder à toute autre réception par type pour les engins mobiles non routiers sur lesquels un moteur est installé après le 11 août 2004, si le ou les moteurs en question ne satisfont pas aux exigences de la présente directive et que leurs émissions de gaz polluants ne sont pas conformes aux valeurs limites indiquées dans le tableau figurant à l'annexe I, point 4.2.2.1.

4. RÉCEPTIONS PAR TYPE PENDANT LA PHASE II

Les États membres refusent de procéder à la réception par type d'un type ou d'une famille de moteurs et de délivrer les documents décrits à l'annexe VII, et ils refusent de procéder à toute autre réception par type pour les engins mobiles non routiers sur lesquels un moteur est installé:

après le 1^{er} août 2004 pour les moteurs des classes SN:1 et SN:2,

après le 1^{er} août 2006 pour les moteurs de la classe SN:4,

après le 1^{er} août 2007 pour les moteurs des classes SH:1, SH:2 et SN:3,

après le 1^{er} août 2008 pour les moteurs de la classe SH:3,

si ces moteurs ne satisfont pas aux exigences de la présente directive et si leurs émissions de gaz polluants ne sont pas conformes aux valeurs limites indiquées dans le tableau figurant à l'annexe I, point 4.2.2.2.

5. MISE SUR LE MARCHÉ: DATES DE PRODUCTION DES MOTEURS

Six mois après les dates indiquées aux paragraphes 3 et 4 pour les catégories de moteurs concernées, à l'exception des engins et moteurs destinés à l'exportation vers des pays tiers, les États membres autorisent la mise sur le marché de moteurs, qu'ils soient ou non déjà installés sur des engins, seulement s'ils répondent aux exigences de la présente directive.

6. ÉTIQUETAGE EN CAS DE CONFORMITÉ ANTICIPÉE À LA PHASE II

Les États membres autorisent l'étiquetage et le marquage spécial des types ou des familles de moteurs qui satisfont aux valeurs limites figurant au tableau de l'annexe I, point 4.2.2.2 avant les délais énoncés au point 4 du présent article, pour signaler que l'équipement concerné répond par anticipation aux valeurs limites requises.

7. DÉROGATIONS

Les engins suivants sont exemptés des délais de mise en œuvre des plafonds d'émission de la phase II pendant une période de trois ans après l'entrée en vigueur de ces plafonds. Pendant ces trois années, les plafonds de la phase I restent d'application:

- tronçonneuse portative: équipement portatif conçu pour couper du bois au moyen d'une chaîne coupante, devant être tenu à deux mains et d'une cylindrée supérieure à 45 cm³, conformément à la norme EN ISO 11681-1,
- machine équipée d'une poignée à son sommet (telle que perceuse et tronçonneuse portative destinée à l'entretien des arbres): équipement portatif, équipé d'une poignée à son sommet, conçu pour percer des trous ou couper du bois au moyen d'une chaîne coupante (conformément à la norme ISO 11681-2),
- débroussailleuse portative à moteur à combustion interne: équipement portatif équipé d'une lame rotative en métal ou en plastique, destiné à couper des mauvaises herbes, des broussailles, de petits arbres et végétation similaire. Il doit être conçu conformément à la norme EN ISO 11806 pour fonctionner en positions multiples, par exemple horizontalement ou en position renversée, et être d'une cylindrée supérieure à 40 cm³,
- taille-haie portatif: équipement portatif conçu pour tailler les haies et les buissons au moyen d'une ou de plusieurs lames coupantes animées d'un mouvement de va-et-vient, conformément à la norme EN 774,
- scies circulaires portatives à moteur à combustion interne: équipement portatif conçu pour couper des matériaux durs tels que pierre, asphalte, béton ou acier au moyen d'une lame métallique rotative, d'une cylindrée supérieure à 50 cm³, conformément à la norme EN 1454,
- moteurs non portatifs de classe SN:3, à axe horizontal: uniquement des moteurs de classe SN:3 non portatifs ayant un axe horizontal et produisant une énergie égale ou inférieure à 2,5 kW, utilisés essentiellement à des fins industrielles déterminées, y compris des motoculteurs, des tondeuses à cylindres, des aérateurs à gazon et des générateurs.

8. DÉLAI DE MISE EN ŒUVRE FACULTATIF

Cependant, pour chaque catégorie, les États membres peuvent reporter de deux ans les dates visées aux paragraphes 3, 4 et 5 à l'égard des moteurs dont la date de production est antérieure à ces dates.»

6) L'article 10 est modifié comme suit:

a) le paragraphe 1 est remplacé par le texte suivant:

«1. Les exigences de l'article 8, paragraphes 1 et 2, de l'article 9, paragraphe 4, et de l'article 9 bis, paragraphe 5, ne s'appliquent pas:

- aux moteurs à l'usage de l'armée,
- aux moteurs faisant l'objet d'une dérogation en vertu des paragraphes 1 bis et 2.;

b) le paragraphe suivant est inséré:

«1 bis. Un moteur de rechange est conforme aux valeurs limites que le moteur à remplacer devait respecter lors de sa mise sur le marché initiale.

La mention "MOTEUR DE RECHANGE" figure sur une étiquette apposée sur le moteur ou est insérée dans le manuel d'utilisation.»;

c) les paragraphes suivants sont ajoutés:

«3. Les exigences de l'article 9 bis, paragraphes 4 et 5, sont reportées de trois ans pour les constructeurs de moteurs en petites séries.

4. Les exigences de l'article 9 bis, paragraphes 4 et 5, sont remplacées par les exigences correspondantes de la phase I pour toute famille de moteurs produits en petites séries jusqu'à 25 000 unités au maximum à condition que les différentes familles de moteurs concernées correspondent chacune à une cylindrée différente.»

7) Les articles 14 et 15 sont remplacés par les articles suivants:

«Article 14

Adaptation au progrès technique

Toutes les modifications nécessaires pour adapter au progrès technique les annexes de la présente directive, à l'exception des exigences visées à l'annexe I, point 1, points 2.1 à 2.8; et point 4, sont adoptées par la Commission conformément à la procédure visée à l'article 15, paragraphe 2.

Article 14 bis

Procédure de dérogation

La Commission examine les éventuelles difficultés techniques à respecter les exigences fixées pour la phase II pour

certaines utilisations des moteurs, notamment les engins mobiles équipés de moteurs des classes SH:2 et SH:3. Si l'examen de la Commission montre que, pour des raisons techniques, certains engins mobiles, en particulier ceux équipés de moteurs portatifs à usage professionnel fonctionnant en positions multiples, ne peuvent respecter ces délais, elle soumet, pour le 31 décembre 2003, un rapport accompagné de propositions appropriées prévoyant, pour ces engins, une prorogation de la période visée à l'article 9 bis, paragraphe 7, et/ou d'autres régimes dérogatoires, d'une durée maximale de cinq ans, sauf dans des circonstances exceptionnelles, conformément à la procédure prévue à l'article 15, paragraphe 2.

Article 15

Comité

1. La Commission est assistée par le comité pour l'adaptation au progrès technique des directives visant l'élimination des entraves techniques aux échanges dans le secteur des véhicules à moteur (ci-après dénommé "comité").

2. Dans le cas où il est fait référence au présent paragraphe, les articles 5 et 7 de la décision 1999/468/CE (*) s'appliquent, dans le respect des dispositions de l'article 8 de celle-ci.

La période prévue à l'article 5, paragraphe 6, de la décision 1999/468/CE est fixée à trois mois.

3. Le comité adopte son règlement intérieur.

(*) JO L 184 du 17.7.1999, p. 23.»

8) La liste d'annexes suivante est ajoutée devant les annexes.

«Liste des annexes

ANNEXE I: Champ d'application, définitions, symboles et abréviations, marquage des moteurs, prescriptions et essais, dispositions relatives au contrôle de la conformité de la production, paramètres définissant la famille de moteurs, choix du moteur représentatif

ANNEXE II: Fiche de renseignements

Appendice 1: Caractéristiques essentielles du moteur (représentatif)

Appendice 2: Caractéristiques essentielles de la famille de moteurs

Appendice 3: Caractéristiques essentielles du type de moteur à l'intérieur de la famille

ANNEXE III: Procédure d'essai pour les moteurs à allumage par compression

Appendice 1: Méthodes de mesure et d'échantillonnage

Appendice 2: Étalonnage des instruments d'analyse

Appendice 3: Évaluation et calculs de données

ANNEXE IV: Procédure d'essai — moteurs à allumage commandé

Appendice 1: Méthodes de mesure et d'échantillonnage

Appendice 2: Étalonnage des instruments d'analyse

Appendice 3: Évaluation et calculs de données

Appendice 4: Facteurs de détérioration

ANNEXE V: Caractéristiques techniques du carburant de référence à utiliser pour les essais de réception et pour vérifier la conformité de la production

ANNEXE VI: Systèmes d'analyse et d'échantillonnage

ANNEXE VII: Certificat de réception par type

Appendice 1: Résultats des essais pour les moteurs à allumage par compression

Appendice 2: Résultats des essais pour les moteurs à allumage commandé

Appendice 3: Équipements et auxiliaires à installer pour l'essai de détermination de la puissance du moteur

ANNEXE VIII: Système de numérotation des certificats de réception

ANNEXE IX: Liste des réceptions par type de moteur/famille de moteurs délivrées

ANNEXE X: Liste des moteurs produits

ANNEXE XI: Fiche technique des moteurs réceptionnés

ANNEXE XII: Reconnaissance d'autres modes de réception par type»

9) Les annexes sont modifiées conformément à l'annexe de la présente directive.

Article 2

1. Les États membres mettent en vigueur les dispositions législatives, réglementaires et administratives nécessaires pour se conformer à la présente directive au plus tard le 11 août 2004. Ils en informent immédiatement la Commission.

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

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

Article 3

Au plus tard le 11 août 2004, la Commission soumet au Parlement européen et au Conseil un rapport et, le cas échéant, une proposition concernant les coûts et les avantages potentiels ainsi que la faisabilité d'une réduction des émissions:

- a) de particules des petits moteurs à allumage commandé en accordant une attention particulière aux moteurs à deux temps. Ce rapport tient compte des éléments suivants:
 - i) les estimations concernant la contribution de ce type de moteurs aux émissions de particules et la manière dont les mesures proposées pour réduire ces émissions pourraient contribuer à améliorer la qualité de l'air et à réduire les effets sur la santé;
 - ii) les essais ainsi que les procédures et équipements de mesure susceptibles d'être utilisés pour évaluer les émissions de particules des petits moteurs à allumage commandé lors de la réception par type;

- iii) les travaux menés et les conclusions tirées dans le cadre du programme de mesure des particules;
 - iv) les progrès enregistrés dans les procédures d'essai, la technologie des moteurs et l'épuration des gaz d'échappement, ainsi que les normes plus poussées concernant les carburants et les huiles moteur et
 - v) le coût de la réduction des émissions de particules des petits moteurs à allumage commandé et le rapport coût/efficacité des mesures qui seraient proposées;
- b) des véhicules de loisirs, notamment les motoneiges et les karts, qui ne sont pas visés actuellement;
 - c) de gaz et de particules d'échappement des petits moteurs à allumage par compression d'une puissance inférieure à 18 kW;
 - d) de gaz et de particules d'échappement des moteurs de locomotive à allumage par compression. Il conviendrait d'élaborer un cycle d'essais afin de mesurer ce type d'émissions.

Article 4

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

Article 5

Les États membres sont destinataires de la présente directive.

Fait à Bruxelles, le 9 décembre 2002.

Par le Parlement européen

Le président

P. COX

Par le Conseil

Le président

H. C. SCHMIDT

ANNEXE

1. L'annexe I est modifiée comme suit.

a) La première phrase du point 1 «CHAMP D'APPLICATION» est remplacée par le texte suivant:

«La présente directive s'applique à tous les moteurs destinés à être montés sur des engins mobiles non routiers et aux moteurs secondaires montés sur des véhicules destinés au transport routier de voyageurs ou de marchandises.»

b) Au point 1, les paragraphes a), b), c), d) et e) sont modifiés comme suit:

«a) être destinés et propres à se déplacer ou être déplacés au sol, sur route ou en dehors des routes, et équipés soit

- i) d'un moteur à allumage par compression ayant une puissance nette, telle qu'elle est définie au point 2.4, supérieure à 18 kW mais inférieure ou égale à 560 kW ⁽⁴⁾ et fonctionnant à vitesse intermittente plutôt qu'à une seule vitesse constante.

Les engins dont les moteurs

(texte inchangé — jusqu'à "grues mobiles"),

soit

- ii) d'un moteur à allumage par compression ayant une puissance nette, telle qu'elle est définie au point 2.4, supérieure à 18 kW, mais inférieure ou égale à 560 kW et fonctionnant à vitesse constante.

Les limites ne s'appliquent qu'à partir du 31 décembre 2006.

Les engins dont les moteurs sont couverts par cette définition comprennent, entre autres, les matériels suivants:

- compresseurs à gaz,
- groupes électrogènes à charge intermittente, notamment groupes frigorifiques et appareils de soudage,
- pompes à eau,
- outillage d'entretien des pelouses, déchiqueteuses, outillage de déneigement, balayeuses,

soit

- iii) d'un moteur à essence à allumage commandé d'une puissance nette, telle qu'elle est définie au point 2.4, de 19 kW au maximum.

Les engins dont les moteurs sont couverts par cette définition comprennent, entre autres, les matériels suivants:

- tondeuses à gazon,
- tronçonneuses,
- groupes électrogènes,
- pompes à eau,
- débroussailleuses.

La présente directive ne s'applique pas:

- b) aux bateaux;
- c) aux locomotives ferroviaires;
- d) aux aéronefs;
- e) aux véhicules de loisirs, par exemple:
 - les motoneiges,
 - les motos de cross,
 - les véhicules tout terrain.

c) Le point 2 est modifié comme suit:

- au point 2.4, les mots suivants sont ajoutés à la note 2 de bas de page:

«... sauf lorsque les ventilateurs des moteurs à refroidissement par air sont directement montés sur le vilebrequin (voir annexe VII, appendice 3)»,

- au point 2.8, le tiret suivant est ajouté:

«— pour les moteurs devant être soumis au cycle d'essais G1, le régime intermédiaire doit être égal à 85 % du régime nominal maximal (voir annexe IV, point 3.5.1.2)»,

- les points suivants sont ajoutés:

«2.9. "paramètre réglable", tout dispositif, système ou élément de conception adaptable physiquement susceptible d'avoir une influence sur les émissions ou les performances du moteur au cours des essais relatifs aux émissions ou au cours du fonctionnement normal du moteur;

2.10. "post-traitement", le passage des gaz d'échappement à travers un dispositif ou un système conçu pour les modifier chimiquement ou physiquement avant leur libération dans l'atmosphère;

2.11. "moteur à allumage commandé", un moteur qui fonctionne selon le principe de l'allumage par étincelle;

2.12. "dispositif auxiliaire de limitation des émissions", tout dispositif conçu pour capter les paramètres de fonctionnement du moteur en vue d'adapter le fonctionnement d'un élément quelconque du système de limitation des émissions;

2.13. "système de limitation des émissions", tout dispositif, système ou élément de conception qui limite ou réduit les émissions;

2.14. "système d'alimentation en carburant", l'ensemble des composants qui jouent un rôle dans le dosage et le mélange du carburant;

2.15. "moteur secondaire", un moteur monté dans ou sur un véhicule à moteur mais n'assurant pas sa propulsion;

2.16. "durée du mode", le temps écoulé entre la fin de l'application de la vitesse et/ou du couple du mode précédent ou la phase de préconditionnement et le début du mode suivant. Elle comprend le temps pris pour modifier la vitesse et/ou le couple et la période de stabilisation au début de chaque mode.»

- le point 2.9 est renuméroté 2.17 et les points 2.9.1 à 2.9.3 sont renumérotés 2.17.1 à 2.17.3.

d) Le point 3 est modifié comme suit:

- le point 3.1 est remplacé par le texte suivant:

«3.1. Les moteurs à allumage par compression réceptionnés conformément à la présente directive doivent porter:»

- le point 3.1.3 est modifié comme suit:

les termes «annexe VII» sont remplacés par «annexe VIII»,

- le point suivant est inséré:

«3.2. Les moteurs à allumage commandé réceptionnés conformément à la présente directive doivent porter:

3.2.1. la marque ou le nom du constructeur du moteur;

3.2.2. le numéro de réception CE tel que défini à l'annexe VIII.»

- les points 3.2 à 3.6 sont renumérotés 3.3 à 3.7,

- le point 3.7 est modifié comme suit: les termes «annexe VI» sont remplacés par «annexe VII».

e) Le point 4 est modifié comme suit:

- le titre suivant est inséré: «4.1. Moteurs à allumage par compression»,
- le point 4.1 actuel est renuméroté 4.1.1 et la référence aux points 4.2.1 et 4.2.3 est remplacée par une référence aux points 4.1.2.1 et 4.1.2.3,
- le point 4.2 actuel est renuméroté 4.1.2 et est modifié comme suit: les termes «annexe V» sont remplacés par «annexe VI»,
- le point 4.2.1 actuel est renuméroté 4.1.2.1; le point 4.2.2 actuel est renuméroté 4.1.2.2 et la référence au point 4.2.1 est remplacée par une référence au point 4.1.2.1; les points 4.2.3 et 4.2.4 actuels sont renumérotés 4.1.2.3 et 4.1.2.4.

f) Le point suivant est ajouté:

«4.2. Moteurs à allumage commandé

4.2.1. Généralités

Les éléments susceptibles d'influer sur l'émission des gaz polluants doivent être conçus, construits et montés de telle façon que le moteur satisfasse, en utilisation normale, aux prescriptions de la présente directive malgré les vibrations auxquelles il peut être soumis.

Les mesures techniques effectuées par le constructeur doivent être de nature à faire en sorte que les émissions citées soient effectivement limitées, en vertu de la présente directive, tout au long de la vie normale du moteur et dans des conditions normales de fonctionnement, conformément à l'annexe IV, appendice 4.

4.2.2. Prescriptions concernant les émissions de polluants

Les émissions de gaz polluants provenant du moteur soumis aux essais doivent être mesurées par les méthodes décrites à l'annexe VI (en tenant compte de tout dispositif de post-traitement éventuel).

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

- pour les émissions de gaz d'échappement bruts, le système illustré par la figure 2 de l'annexe VI,
- pour les émissions de gaz d'échappement dilués d'un système de dilution en circuit principal, le système illustré par la figure 3 de l'annexe VI.

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

Phase I

Classe	Monoxyde de carbone (CO) (g/kWh)	Hydrocarbures (HC) (g/kWh)	Oxydes d'azote (NO _x) (g/kWh)	Somme des hydrocarbures et des oxydes d'azote (g/kWh)
				HC + NO _x
SH:1	805	295	5,36	
SH:2	805	241	5,36	
SH:3	603	161	5,36	
SN:1	519			50
SN:2	519			40
SN:3	519			16,1
SN:4	519			13,4

- 4.2.2.2. Les émissions de monoxyde de carbone et la somme des émissions d'hydrocarbures et d'oxyde d'azote ne doivent pas, pour la phase II, dépasser les quantités indiquées dans le tableau figurant ci-dessous:

Phase II (*)

Classe	Monoxyde de carbone (CO) (g/kWh)	Somme des hydrocarbures et des oxydes d'azote (g/kWh)
		HC + NO _x
SH:1	805	50
SH:2	805	50
SH:3	603	72
SN:1	610	50,0
SN:2	610	40,0
SN:3	610	16,1
SN:4	610	12,1

Pour toutes les classes de moteurs, les émissions de NO_x ne doivent pas dépasser 10 g/kWh.

- 4.2.2.3. Indépendamment de la définition du "moteur portatif" figurant à l'article 2 de la présente directive, les moteurs à deux temps qui équipent des souffleuses à neige doivent respecter uniquement les normes SH:1, SH:2 ou SH:3.

(*) Annexe 4, appendice 4: facteurs de détérioration inclus.»

- g) Les points 6.3 à 6.9 sont remplacés par les points suivants:

«6.3. Cylindrée, comprise entre 85 % et 100 % de la plus grosse cylindrée au sein de la famille de moteurs

6.4. Méthode d'aspiration de l'air

6.5. Type de carburant

- diesel
- essence

6.6. Type de chambre de combustion

6.7. Configuration, dimensions et nombre des soupapes et des lumières

6.8. Circuit d'alimentation:

pour le diesel:

- injecteur à pompe
- pompe en ligne
- pompe à distributeur
- élément unique
- injecteur d'unité

pour l'essence:

- carburateur
- injection indirecte
- injection directe

6.9. Divers

- recirculation des gaz d'échappement
- injection/émulsion d'eau
- injection d'air
- système de refroidissement de charge
- type d'allumage (par compression, commandé)

6.10. Post-traitement des gaz d'échappement

- catalyseur d'oxydation
- catalyseur de réduction
- catalyseur à trois voies
- réacteur thermique
- filtre à particules.

2. L'annexe II est modifiée comme suit.

a) À l'appendice 2, le texte du tableau est modifié comme suit:

Aux lignes 3 et 6, le texte «Débit de carburant par course (mm³)» est remplacé par «Débit de carburant par course (mm³) pour les moteurs diesel, débit du carburant (g/h) pour les moteurs à essence».

b) L'appendice 3 est modifié comme suit:

- le titre du point 3 est remplacé par «ALIMENTATION EN CARBURANT POUR LES MOTEURS DIESEL»,
- les points suivants sont insérés:

«4. ALIMENTATION EN CARBURANT POUR LES MOTEURS À ESSENCE

4.1. Carburateur

4.1.1. Marque(s):

4.1.2. Type(s):

4.2. Injection indirecte: monopoint ou multipoint

4.2.1. Marque(s):

4.2.2. Type(s):

4.3. Injection directe

4.3.1. Marque(s):

4.3.2. Type(s):

4.4. Débit de carburant [g/h] et rapport air/carburant au régime nominal en position pleins»,

- le point 4 actuel est renuméroté point 5 et est modifié par l'ajout des points suivants:

«5.3. Système de distribution variable (si applicable, et côté admission et/ou échappement)

5.3.1. Type: en continu ou *on/off*

5.3.2. Angle de déphasage de came»,

- les points suivants sont ajoutés:

«6. CONFIGURATION DES LUMIÈRES

6.1. Position, taille et nombre»

— les points suivants sont ajoutés:

«7. SYSTÈME D'ALLUMAGE

7.1. Bobine d'allumage

7.1.1. Marque(s):

7.1.2. Type(s):

7.1.3. Nombre:

7.2. Bougie(s) d'allumage

7.2.1. Marque(s):

7.2.2. Type(s):

7.3. Alternateur

7.3.1. Marque(s):

7.3.2. Type(s):

7.4. Calage de l'allumage

7.4.1. Avance statique par rapport au point mort haut [degrés de rotation du vilebrequin]

7.4.2. Courbe d'avance à l'allumage, si applicable: ».

3. L'annexe III est modifiée comme suit.

a) Le titre est remplacé par le texte suivant:

«PROCÉDURE D'ESSAI POUR LES MOTEURS À ALLUMAGE PAR COMPRESSION».

b) Le point 2.7 est modifié comme suit:

Les termes «annexe VI» sont remplacés par «annexe VII» et les termes «annexe IV» sont remplacés par «annexe V».

c) Le point 3.6 est modifié comme suit:

— les points 3.6.1 et 3.6.1.1 sont modifiés comme suit:

«3.6.1. Spécifications des équipements visés au point 1 a) de l'annexe I

3.6.1.1. Spécification A: pour les moteurs visés au point 1 a) i) de l'annexe I, le cycle de huit modes suivant (*) sera suivi au dynamomètre monté sur le moteur essayé: (tableau inchangé),

(*) Identique au cycle C1 du projet de norme ISO 8178-4.»

— le point suivant est ajouté:

«3.6.1.2. Spécification B: pour les moteurs visés au point 1 a) ii), le cycle de cinq modes suivant ⁽¹⁾ sera suivi au dynamomètre monté sur le moteur essayé:

Mode numéro	Régime du moteur	Taux de charge en %	Facteur de pondération
1	Nominal	100	0,05
2	Nominal	75	0,25
3	Nominal	50	0,3
4	Nominal	25	0,3
5	Nominal	10	0,1

Les taux de charge sont les valeurs en pourcentage du couple correspondant à la puissance pour le service de base, définie comme étant la puissance maximale disponible au cours d'une séquence d'exploitation variable, dont la durée peut atteindre un nombre d'heures illimité par an, entre des entretiens dont la fréquence est déclarée et dans les conditions ambiantes déclarées, l'entretien étant effectué selon les prescriptions du constructeur ⁽²⁾.

⁽¹⁾ Identique au cycle D2 de la norme ISO 8178-4: 1996(E).

⁽²⁾ La figure 2 de la norme ISO 8528-1: 1993(E) offre une meilleure illustration de la définition de la puissance pour le service de base.»

— le point 3.6.3 est modifié comme suit:

«3.6.3. Déroulement des essais

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

Pendant chaque mode du cycle indiqué,» [le reste du texte demeure inchangé].

d) L'appendice 1, point 1, est modifié comme suit:

Aux points 1 et 1.4.3 les termes «annexe V» sont remplacés par «annexe VI».

4. L'annexe suivante est ajoutée.

«ANNEXE IV

PROCÉDURE D'ESSAI — MOTEURS À ALLUMAGE COMMANDÉ

1. INTRODUCTION

1.1. La présente annexe décrit la méthode servant à mesurer les émissions de gaz polluants des moteurs soumis à l'essai.

1.2. L'essai s'effectue avec le moteur monté sur un banc d'essai et relié à un dynamomètre.

2. CONDITIONS D'ESSAI

2.1. Conditions d'essai du moteur

La température absolue (T_a) de l'air du moteur à l'entrée du moteur, exprimée en degrés kelvin, et la pression atmosphérique sèche (p_s), exprimée en kPa, sont mesurées et le paramètre f_a est déterminé selon la méthode suivante:

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

2.1.1. Validité de l'essai

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

$$0,93 \leq f_a \leq 1,07$$

2.1.2. Moteurs avec refroidissement de l'air de suralimentation

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

2.2. Système d'admission d'air du moteur

Le moteur soumis à l'essai doit être équipé d'un système d'admission d'air bridé à $\pm 10\%$ de la limite supérieure spécifiée par le constructeur pour un nouveau filtre à air et un moteur fonctionnant dans des conditions normales, telles qu'indiquées par le constructeur, de façon à obtenir un débit d'air maximal.

Pour les petits moteurs à allumage commandé (cylindrée $< 1\,000\text{ cm}^3$), un système représentatif du moteur installé doit être utilisé.

2.3. **Système d'échappement du moteur**

Le moteur soumis à l'essai doit être équipé d'un système d'échappement présentant une contre-pression des gaz se situant à $\pm 10\%$ de la limite supérieure indiquée par le constructeur pour le moteur lorsque celui-ci fonctionne dans les conditions qui donnent la puissance maximale déclarée, dans l'application considérée.

Pour les petits moteurs à allumage commandé (cylindrée $< 1\,000\text{ cm}^3$), un système représentatif du moteur installé doit être utilisé.

2.4. **Système de refroidissement**

Le système de refroidissement doit être capable de maintenir le moteur aux températures normales de fonctionnement prescrites par le constructeur. Cette disposition s'applique aux organes qui doivent être déposés pour pouvoir mesurer la puissance, par exemple dans le cas où il faut démonter le ventilateur ou la soufflante (de refroidissement) du moteur pour accéder au vilebrequin.

2.5. **Huile lubrifiante**

Une huile lubrifiante conforme aux spécifications du constructeur du moteur pour un moteur et un usage donnés est utilisée. Les constructeurs doivent utiliser des lubrifiants moteur représentatifs des lubrifiants moteur du commerce.

Les caractéristiques de l'huile lubrifiante utilisée pour l'essai sont enregistrées à l'annexe VII, appendice 2, point 1.2, pour les moteurs à allumage commandé et présentées avec les résultats de l'essai.

2.6. **Carburateurs réglables**

Les moteurs dotés de carburateurs à réglage limité doivent être essayés aux deux extrêmes du réglage.

2.7. **Carburant d'essai**

Le carburant est le carburant de référence indiqué à l'annexe V.

L'indice d'octane et la masse volumique du carburant de référence utilisé pour l'essai sont indiqués à l'annexe VII, appendice 2, point 1.1.1, pour les moteurs à allumage commandé.

Pour les moteurs à deux temps, le rapport de mélange carburant/huile doit être celui préconisé par le constructeur. Le pourcentage d'huile dans le mélange carburant/huile alimentant les moteurs à deux temps et la masse volumique ainsi obtenue pour le carburant sont indiqués à l'annexe VII, appendice 2, point 1.1.4, pour les moteurs à allumage commandé.

2.8. **Détermination des réglages du dynamomètre**

La mesure des émissions est fondée sur la puissance au frein non corrigée. Les auxiliaires qui servent uniquement au fonctionnement de l'équipement lui-même et qui peuvent être montés sur le moteur sont déposés pour l'essai. Si on ne dépose pas ces auxiliaires, la puissance absorbée qu'ils représentent doit être déterminée afin de calculer les réglages du dynamomètre, sauf lorsque les auxiliaires font partie intégrante du moteur (par exemple les ventilateurs de refroidissement sur les moteurs refroidis par air).

Pour les moteurs permettant de procéder à un tel ajustement, les réglages de la dépression à l'admission et de la contre-pression du tuyau d'échappement seront ajustés aux limites supérieures indiquées par le constructeur, conformément aux points 2.2 et 2.3. Les valeurs maximales de couple aux régimes d'essai spécifiés seront déterminées expérimentalement afin de calculer les valeurs du couple pour les modes d'essai spécifiés. Pour les moteurs qui ne sont pas conçus pour fonctionner dans une plage de régimes sur une courbe de couple à pleine charge, le couple maximal aux régimes d'essai sera déclaré par le constructeur. Le réglage du moteur pour chacun des modes d'essai sera calculé au moyen de la formule:

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

où:

S réglage du dynamomètre [kW]

P_M puissance maximale observée ou déclarée pour le régime utilisé pour l'essai dans les conditions de l'essai (voir annexe VII, appendice 2) [kW]

P_{AE} puissance absorbée totale déclarée pour tout auxiliaire installé pour l'essai [kW] et non requis par les dispositions de l'annexe VII, appendice 3.

L pourcentage de couple spécifié pour le mode d'essai.

Pour un taux:

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

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

3. EXÉCUTION DE L'ESSAI

3.1. **Installation du matériel de mesure**

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

3.2. **Mise en marche du système de dilution et du moteur**

Le système de dilution et le moteur doivent être mis en marche et mis en température jusqu'à ce que toutes les températures et les pressions soient stabilisées à pleine charge et au régime nominal (point 3.5.2).

3.3. **Réglage du coefficient de dilution**

Le coefficient de dilution total ne doit pas être inférieur à 4.

Pour les systèmes avec mesure des concentrations de CO_2 ou de NO_x , la teneur de l'air de dilution en CO_2 ou NO_x doit être mesurée au début et à la fin de chaque essai. L'écart entre les concentrations de fond de CO_2 ou de NO_x dans l'air de dilution avant et après l'essai ne doit pas être supérieur à 100 ppm ou 5 ppm respectivement.

Lorsqu'on utilise un système d'analyse des gaz d'échappement dilués, les concentrations de fond à prendre en compte sont déterminées en prélevant de l'air de dilution dans un sac d'échantillonnage pendant toute la durée de l'essai.

La mesure de la concentration de fond en continu (sans sac d'échantillonnage) peut être effectuée au moins trois fois, au début, à la fin et vers le milieu du cycle, et il faut faire la moyenne des chiffres obtenus. On peut s'abstenir de mesurer la concentration de fond si le constructeur le demande.

3.4. **Vérification des analyseurs**

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

3.5. **Cycle d'essai**

3.5.1. Spécification c) des équipements visés à l'annexe I, point 1 a) iii)

Les cycles d'essai suivants sont appliqués pour le fonctionnement au banc dynamométrique du moteur en essai, selon le type d'équipement concerné:

cycle D ⁽¹⁾: moteurs à vitesse constante et à charge intermittente tels que les groupes électrogènes;

cycle G1: équipements non portatifs fonctionnant à régime intermédiaire;

cycle G2: équipements non portatifs fonctionnant au régime nominal;

cycle G3: équipements portatifs.

⁽¹⁾ Identique au cycle D2 de la norme ISO 8168-4: 1996(E).

3.5.1.1. Modes d'essai et facteurs de pondération

Cycle D											
Numéro de mode	1	2	3	4	5						
Vitesse du moteur	Régime nominal					Régime intermédiaire					Régime de ralenti
Charge ⁽¹⁾ en %	100	75	50	25	10						
Facteur de pondération	0,05	0,25	0,3	0,3	0,1						

Cycle G1											
Numéro de mode						1	2	3	4	5	6
Vitesse du moteur	Régime nominal					Régime intermédiaire					Régime de ralenti
Charge en %						100	75	50	25	10	0
Facteur de pondération						0,09	0,2	0,29	0,3	0,07	0,05

Cycle G2											
Numéro de mode	1	2	3	4	5						6
Vitesse du moteur	Régime nominal					Régime intermédiaire					Régime de ralenti
Charge en %	100	75	50	25	10						0
Facteur de pondération	0,09	0,2	0,29	0,3	0,07						0,05

Cycle G3											
Numéro de mode	1										2
Vitesse du moteur	Régime nominal					Régime intermédiaire					Régime de ralenti
Charge en %	100										0
Facteur de pondération	0,85 (*)										0,15 (*)

(¹) Les taux de charge sont les valeurs en pourcentage du couple correspondant à la puissance pour le service de base, définie comme étant la puissance maximale disponible au cours d'une séquence d'exploitation variable, dont la durée peut atteindre un nombre d'heures illimité par an, entre des entretiens dont la fréquence est déclarée et dans les conditions ambiantes déclarées, l'entretien étant effectué selon les prescriptions du constructeur. La figure 2 de la norme ISO 8528-1: 1993(E) offre une meilleure illustration de la définition de la puissance pour le service de base.

(*) Pour la phase I, il est permis d'utiliser les valeurs 0,90 et 0,10 au lieu de 0,85 et 0,15 respectivement.

3.5.1.2. Choix du cycle d'essai adapté

Si l'usage principal d'un modèle de moteur est connu, le cycle d'essai peut être choisi d'après les exemples donnés au point 3.5.1.3. S'il y a incertitude quant à l'usage principal, le cycle d'essai adéquat sera choisi d'après la spécification du moteur.

3.5.1.3. Exemples (liste non exhaustive)

Exemples typiques selon les cycles:

Cycle D:

groupes électrogènes à charge intermittente y compris les groupes installés à bord de navires et de matériels ferroviaires (hors propulsion), groupes frigorifiques, appareils de soudage;

compresseurs à gaz.

Cycle G1:

tondeuses à gazon à moteur avant ou arrière autoportées;

voiturettes de golf;

balayeuses à gazon;

tondeuses à lame rotative ou à cylindre tenues à la main;

équipements de déneigement;

broyeurs de déchets.

Cycle G2:

groupes électrogènes, pompes, appareils de soudage et compresseurs d'air transportables;

peut également comprendre les tondeuses et matériels de jardinage fonctionnant au régime nominal du moteur.

Cycle G3:

souffleurs;

tronçonneuses;

taille-haies;

scieries portatives;

motobineuses;

pulvérisateurs;

coupe-bordures à fil;

appareils aspirateurs.

3.5.2. *Conditionnement du moteur*

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

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

3.5.3. *Déroulement des essais*

Les cycles d'essais G1, G2 ou G3 sont effectués en suivant l'ordre ascendant des modes tel qu'il a été défini ci-dessus pour le cycle en question. Chaque temps de prélèvement sera d'au moins 180 secondes au minimum pour chaque mode. Les concentrations des émissions d'échappement sont mesurées et enregistrées sur les 120 dernières secondes du temps de prélèvement correspondant. Pour chaque point de mesure, la durée du mode doit être suffisamment longue pour que le moteur soit stabilisé en température avant le début du prélèvement. La durée du mode doit être enregistrée et présentée dans le rapport d'essai.

- a) Pour les moteurs essayés dans la configuration d'essai "régulation de la vitesse du dynamomètre": pendant chaque mode du cycle, après la période transitoire initiale, le régime indiqué est maintenu à $\pm 1\%$ du régime nominal ou à $\pm 3 \text{ min}^{-1}$, le plus grand de ces écarts étant retenu, sauf lorsque le moteur est au ralenti, où il faudra respecter les tolérances indiquées par le constructeur. Le couple indiqué doit être maintenu de façon à ce que la moyenne des mesures effectuées au cours de la période ne dépasse pas $\pm 2\%$ du couple maximal au régime d'essai.
- b) Pour les moteurs essayés dans la configuration d'essai "régulation de la charge du dynamomètre": durant chaque mode du cycle d'essai, après la période transitoire initiale, le régime indiqué est maintenu à $\pm 2\%$ du régime nominal ou à $\pm 3 \text{ min}^{-1}$, le plus grand de ces écarts étant retenu, mais il sera maintenu dans tous les cas à $\pm 5\%$, sauf lorsque le moteur est au ralenti, où il faudra respecter les tolérances indiquées par le constructeur.

Durant chaque mode du cycle d'essai où le couple prescrit se situe à 50 % ou plus du couple maximal au régime de l'essai, le couple moyen spécifié sur la durée de la période d'acquisition des données est maintenu à $\pm 5\%$ du couple prescrit. Durant les modes du cycle d'essai où le couple prescrit se situe à moins de 50 % du couple maximal au régime de l'essai, le couple moyen spécifié sur la durée de la période d'acquisition des données est maintenu à $\pm 10\%$ du couple prescrit ou à $\pm 0,5 \text{ Nm}$, la valeur la plus élevée étant à retenir.

3.5.4. Réponse des analyseurs

Les données fournies par les analyseurs doivent être enregistrées au moyen d'un enregistreur à bande ou mesurées à l'aide d'un système d'acquisition de données équivalent et les gaz d'échappement doivent passer à travers les analyseurs au moins pendant les 180 dernières secondes de chaque mode. Si des sacs de prélèvement sont utilisés pour mesurer le CO et le CO₂ dilués (voir appendice 1, point 1.4.4), un échantillon doit être recueilli au cours des 180 dernières secondes de chaque mode puis analysé, et les résultats de l'analyse doivent être enregistrés.

3.5.5. Paramètres concernant le moteur

Le régime et la charge du moteur, la température de l'air d'admission et le débit de carburant doivent être mesurés pour chaque mode une fois le moteur stabilisé. Toute autre donnée requise pour le calcul doit être enregistrée (voir appendice 3, points 1.1 et 1.2).

3.6. Révérification des analyseurs

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

Appendice 1

1. MÉTHODES DE MESURE ET D'ÉCHANTILLONNAGE

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

1.1. Spécification concernant le dynamomètre

On utilisera un banc dynamométrique pour moteurs dont les caractéristiques sont suffisantes pour permettre l'exécution du cycle d'essai prescrit à l'annexe IV, point 3.5.1. Les appareils de mesure du couple et de la vitesse doivent permettre de mesurer la puissance au frein dans les limites indiquées. Des calculs supplémentaires peuvent être nécessaires.

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

1.2. Débit de carburant et débit total dilué

Les débitmètres servant à déterminer le débit de carburant à prendre en compte pour le calcul des émissions (appendice 3) doivent avoir la précision définie au point 1.3. Si on utilise un système de dilution en circuit principal, le débit total de l'échappement dilué (G_{TOTW}) sera mesuré avec un système PDP ou CFV — annexe VI, point 1.2.1.2. La précision doit être conforme aux dispositions de l'annexe III, appendice 2, point 2.2.

1.3. Précision

L'étalonnage de tous les instruments de mesure découle des normes nationales (internationales) et est conforme aux exigences des tableaux 2 et 3.

Tableau 2 — Erreurs admissibles pour les instruments de mesure des paramètres relatifs au moteur

Numéro	Paramètre	Erreur admissible
1	Régime du moteur	± 2 % du relevé ou ± 1 % de la valeur maximale du moteur, valeur la plus élevée à retenir
2	Couple	± 2 % du relevé ou ± 1 % de la valeur maximale du moteur, valeur la plus élevée à retenir
3	Consommation de carburant ^(a)	± 2 % de la valeur maximale du moteur
4	Consommation d'air ^(a)	± 2 % du relevé ou ± 1 % de la valeur maximale du moteur, valeur la plus élevée à retenir

^(a) Les calculs sur les émissions de gaz d'échappement décrits dans la présente directive sont, dans certains cas, basés sur des méthodes de mesure et/ou de calcul différentes. En raison de la faible marge des tolérances totales sur le calcul des émissions de gaz d'échappement, les valeurs à admettre pour certains paramètres utilisées dans les équations concernées devront être plus réduites que les tolérances données dans la norme ISO 3046-3.

Tableau 3 — Erreurs admissibles pour les instruments de mesure des autres paramètres essentiels

Numéro	Paramètre	Erreur admissible
1	Températures ≤ 600 K	± 2 K en valeur absolue
2	Températures ≥ 600 K	± 1 % du relevé
3	Pression des gaz d'échappement	± 0,2 kPa en valeur absolue
4	Dépression dans le collecteur d'admission	± 0,05 kPa en valeur absolue
5	Pression atmosphérique	± 0,1 kPa en valeur absolue
6	Autres pressions	± 0,1 kPa en valeur absolue
7	Humidité relative	± 3 % en valeur absolue
8	Humidité absolue	± 5 % du relevé
9	Débit de l'air de dilution	± 2 % du relevé
10	Débit des gaz d'échappement dilués	± 2 % du relevé

1.4. Détermination des composants gazeux

1.4.1. Spécifications générales concernant les analyseurs

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

Les concentrations inférieures à 15 % de la pleine échelle sont aussi acceptables si la valeur pleine échelle est de 155 ppm (ou ppm C) ou moins ou si on utilise des systèmes de relevés (ordinateurs, centrales d'acquisition) qui donnent une précision et une résolution suffisantes au-dessous de 15 % de la pleine échelle. Dans ce cas, des étalonnages supplémentaires doivent être faits pour garantir la précision des courbes d'étalonnage (appendice 2, point 1.5.5.2, de la présente annexe).

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

1.4.1.1. Précision

L'analyseur ne doit pas s'écarter du point d'étalonnage nominal de plus de $\pm 2\%$ du relevé sur toute l'échelle de mesure à l'exception du zéro où l'écart ne devra pas être de plus de $\pm 0,3\%$ de la pleine échelle. La précision est à déterminer en conformité avec les exigences d'étalonnage indiquées au point 1.3.

1.4.1.2. Répétabilité

La répétabilité est telle que 2,5 fois l'écart type de 10 réponses consécutives à un gaz d'étalonnage ou de réglage de sensibilité donné ne dépassent pas $\pm 1\%$ de la concentration pleine échelle pour chaque gamme utilisée au-delà de 100 ppm (ou ppm C) ou $\pm 2\%$ de chaque gamme utilisée au-dessous de 100 ppm (ou ppm C).

1.4.1.3. Bruit

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

1.4.1.4. Dérive du zéro

La réponse zéro est définie comme étant la réponse moyenne, y compris le bruit, à un gaz de mise à zéro dans un intervalle de temps de 30 secondes. La dérive de la réponse zéro sur une période d'une heure doit être inférieure à 2 % de la pleine échelle dans la gamme la plus basse utilisée.

1.4.1.5. Dérive de l'échelle

La réponse du point haut de l'échelle est définie comme étant la réponse moyenne, y compris le bruit, à un gaz de réglage de sensibilité durant un intervalle de temps de 30 secondes. La dérive de la réponse du point haut de l'échelle sur une période d'une heure doit être inférieure à 2 % de la pleine échelle dans la gamme la plus basse utilisée.

1.4.2. Séchage des gaz

Les gaz d'échappement peuvent être mesurés en conditions humides ou sèches. Tout dispositif dessiccateur éventuellement utilisé doit avoir une influence minimale sur la concentration des gaz mesurés. Les agents de séchage chimiques ne sont pas acceptables en tant que méthode pour éliminer l'eau de l'échantillon.

1.4.3. Analyseurs

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

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

1.4.3.1. Analyse du monoxyde de carbone (CO)

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

1.4.3.2. Analyse du dioxyde de carbone (CO₂)

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

1.4.3.3. Analyse de l'oxygène (O₂)

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

Remarque: Les analyseurs à sonde zircone ne sont pas recommandés lorsque les concentrations d'HC et de CO sont élevées comme c'est le cas avec des moteurs à allumage commandé fonctionnant en mélange pauvre. Les appareils à cellule électrochimique doivent avoir une compensation d'interférence du CO₂ et des NO_x.

1.4.3.4. Analyse des hydrocarbures (HC)

Dans le cas d'un échantillonnage direct des gaz, l'analyseur des hydrocarbures sera du type détecteur à ionisation de flamme chauffé (HFID), avec le détecteur, les vannes, les tuyauteries, etc., chauffés de façon à maintenir une température des gaz de 463 ± 10 K (190 ± 10 °C).

Dans le cas d'un échantillonnage des gaz avec dilution, l'analyseur des hydrocarbures sera du type détecteur à ionisation de flamme chauffé (HFID) ou détecteur à ionisation de flamme (FID).

1.4.3.5. Analyse des oxydes d'azote (NO_x)

L'analyseur des oxydes d'azote sera du type détecteur à chimiluminescence (CLD) ou détecteur à chimiluminescence chauffé (HCLD) avec un convertisseur NO₂/NO si la mesure est effectuée en conditions sèches. Si la mesure est faite en conditions humides, on utilisera un appareil HCLD avec convertisseur maintenu au-dessus de 328 K (55 °C), à condition que la vérification de l'effet d'atténuation de l'eau (annexe III, appendice 2, point 1.9.2.2) ait été satisfaisante. Pour les appareils CLD comme pour les appareils HCLD, le trajet des échantillons doit être maintenu à une température de paroi de 328 K à 473 K (55 °C à 200 °C) jusqu'au convertisseur pour la mesure en conditions sèches et jusqu'à l'analyseur pour la mesure en conditions humides.

1.4.4. Échantillonnage pour les émissions gazeuses

Si la composition des gaz d'échappement est influencée par un système quelconque de post-traitement des gaz d'échappement, l'échantillon d'échappement doit être pris en aval de ce dispositif.

La sonde de prélèvement de l'échappement devrait être placée en un point situé du côté haute pression du pot d'échappement mais aussi loin que possible de la lumière d'échappement. Pour assurer un mélange complet des gaz d'échappement du moteur avant le prélèvement de l'échantillon, une chambre de mélange peut, à titre facultatif, être intercalée entre la sortie du pot d'échappement et la sonde de prélèvement. La chambre de mélange doit avoir un volume intérieur non inférieur à 10 fois la cylindrée du moteur soumis aux essais et ses dimensions doivent être à peu près les mêmes en hauteur, en largeur et en profondeur, à la manière d'un cube. La taille de la chambre de mélange doit être aussi réduite que possible pratiquement et la chambre doit être couplée en un point aussi proche que possible du moteur. La ligne d'échappement en sortie de la chambre de mélange du pot d'échappement doit se prolonger sur au moins 610 mm au-delà de l'emplacement de la sonde de prélèvement et être de diamètre suffisant pour réduire au maximum la contre-pression. La température de la paroi intérieure de la chambre de mélange doit être maintenue au-dessus du point de rosée des gaz d'échappement; une température d'au minimum 338 K (65 °C) est recommandée.

Tous les constituants peuvent être, au choix, mesurés directement dans le tunnel de dilution ou par échantillonnage dans un sac de prélèvement avec mesure ultérieure de la concentration présente dans le sac.

Appendice 2

1. ÉTALONNAGE DES INSTRUMENTS D'ANALYSE

1.1. Introduction

Chaque analyseur est étalonné aussi souvent qu'il le faut pour respecter les conditions de précision de la présente norme. La méthode d'étalonnage à utiliser est décrite dans le présent point pour les analyseurs indiqués à l'appendice 1, point 1.4.3.

1.2. Gaz d'étalonnage

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

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

1.2.1. Gaz purs

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

- azote purifié (contamination ≤ 1 ppm C, ≤ 1 ppm CO, ≤ 400 ppm CO₂, $\leq 0,1$ ppm NO)
- oxygène purifié (pureté $> 99,5$ % vol. O₂)
- mélange hydrogène-hélium (40 ± 2 % hydrogène, le complément étant de l'hélium); contamination ≤ 1 ppm C, ≤ 400 ppm CO₂
- air synthétique purifié (contamination ≤ 1 ppm C, ≤ 1 ppm CO, ≤ 400 ppm CO₂, $\leq 0,1$ ppm NO (teneur en oxygène entre 18 et 21 % vol.)

1.2.2. Gaz d'étalonnage et de réglage de sensibilité

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

- C₃H₈ et air synthétique purifié (point 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 dépasser 5 % de la teneur en NO),
- CO₂ et azote purifié,
- CH₄ et air synthétique purifié,
- C₂H₆ et air synthétique purifié.

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

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

Les gaz servant à l'étalonnage et au réglage de la sensibilité peuvent aussi être obtenus au moyen d'un mélangeur-doseur de précision (diviseur de gaz) par dilution avec du N₂ purifié ou avec de l'air de synthèse purifié. La précision de l'appareil mélangeur doit être telle que la concentration des gaz d'étalonnage dilués puisse être déterminée à $\pm 1,5$ % près. Cette précision implique que les gaz primaires utilisés pour le mélange soient connus avec une précision d'au moins ± 1 %, raccordable à des étalons de gaz nationaux ou internationaux. La vérification doit être effectuée entre 15 à 50 % de la pleine échelle pour chaque étalonnage faisant intervenir l'utilisation d'un mélangeur-doseur.

En variante, le mélangeur-doseur peut être vérifié avec un instrument de mesure linéaire par nature, par exemple en utilisant du gaz NO avec un détecteur CLD. Le réglage de l'échelle de l'instrument doit être réalisé avec le gaz de réglage de sensibilité directement connecté à l'instrument. Le mélangeur-doseur doit être vérifié aux réglages utilisés et la valeur nominale doit être comparée à la concentration mesurée par l'instrument. La différence obtenue doit se situer en chaque point à $\pm 0,5$ % près de la valeur nominale.

1.2.3. Contrôle d'interférence à l'oxygène

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

Concentration interférence O ₂	Complément
10 (9 à 11)	azote
5 (4 à 6)	azote
0 (0 à 1)	azote

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

Le mode d'utilisation des analyseurs doit être conforme aux instructions de mise en marche et d'utilisation du constructeur de l'appareil. Les prescriptions minimales indiquées aux points 1.4 à 1.9 doivent être respectées. Pour les instruments de laboratoire tels que chromatographes GC et HPLC (chromatographie en phase liquide sous haute pression), seules les dispositions du point 1.5.4 s'appliquent.

1.4. **Essai d'étanchéité**

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

Le taux de fuite maximal admissible côté dépression est de 0,5 % du débit en service pour la partie du système soumise à la vérification. Les débits de l'analyseur et du système de dérivation peuvent être utilisés pour estimer les débits en cours d'utilisation.

À titre de variante, le système peut être mis au vide à une dépression d'au moins 20 kPa (80 kPa en pression absolue). Après une période de stabilisation initiale, l'augmentation de la pression δp (en kPa/min) dans le système ne doit pas dépasser:

$$\delta p = p/V_{\text{syst}} \times 0,005 \times fr$$

où:

V_{syst} = volume du système [l]

fr = débit du système [l/min]

Une autre méthode consiste à introduire une variation en échelon de la concentration à l'entrée du tube de prélèvement en commutant entre le gaz de mise à zéro et le gaz de réglage de sensibilité. Si, à la fin d'un temps suffisant, on relève une concentration inférieure à la concentration introduite, cela dénote des problèmes d'étalonnage ou d'étanchéité.

1.5. **Procédure d'étalonnage**

1.5.1. *Ensemble du dispositif*

L'ensemble du dispositif doit être étalonné et les courbes d'étalonnage vérifiées par rapport à des gaz étalons. Les débits de gaz utilisés doivent être les mêmes que 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 constructeur. Faute d'indications, un minimum de deux heures est recommandé 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 combustion de l'analyseur HFID optimisée (point 1.9.1).

1.5.4. *Chromatographes GC et HPCL*

Les deux instruments doivent être étalonnés conformément aux bonnes pratiques de laboratoire et suivant les instructions du fabricant.

1.5.5. *Élaboration des courbes d'étalonnage*

1.5.5.1. *Principes généraux*

- a) Chaque gamme de mesure normalement utilisée doit être étalonnée.
- b) Au moyen d'air synthétique purifié (ou d'azote), on met à zéro les analyseurs de CO, de CO₂, de NO_x et de HC.

- c) Les gaz d'étalonnage adéquats doivent être introduits dans les analyseurs, les valeurs enregistrées et les courbes d'étalonnage établies.
- d) Pour toutes les gammes des instruments, à l'exception de la gamme la plus basse, la courbe d'étalonnage est élaborée sur au moins 10 points d'étalonnage (à l'exclusion du zéro) régulièrement espacés. Pour la gamme la plus basse de l'instrument, la courbe d'étalonnage est élaborée sur au moins 10 points d'étalonnage (à l'exclusion du zéro) espacés de manière à ce que la moitié des points soit située en dessous de 15 % de la pleine échelle de l'analyseur et le reste au-dessus de 15 % de la pleine échelle. Pour toutes les gammes, la concentration nominale maximale doit être égale ou supérieure à 90 % de la pleine échelle.
- e) La courbe d'étalonnage est calculée par la méthode des moindres carrés. Une équation d'ajustement linéaire ou non linéaire peut être utilisée.
- f) Les points d'étalonnage ne doivent pas s'écarter de la courbe d'ajustement déterminée par la méthode des moindres carrés de plus de $\pm 2\%$ de la valeur relevée ou de $\pm 0,3\%$ de la pleine échelle, la valeur la plus élevée étant à retenir.
- g) On vérifie de nouveau le réglage sur le zéro et on répète si nécessaire la procédure d'étalonnage.

1.5.5.2. Autres méthodes

D'autres techniques (par exemple ordinateur, commutateur de gamme électronique) peuvent aussi être utilisées si on peut prouver qu'elle sont d'une précision équivalente.

1.6. Vérification de l'étalonnage

Toutes les gammes de détection normalement utilisées sont vérifiées avant chaque analyse conformément à la procédure suivante.

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

Si, pour les deux points considérés, la valeur relevée ne s'écarte pas de la valeur de référence déclarée de plus de $\pm 4\%$ de la pleine échelle, les paramètres de réglage peuvent être modifiés. Dans le cas contraire, le gaz de réglage de sensibilité est à vérifier ou une nouvelle courbe d'étalonnage devra être tracée conformément au point 1.5.5.1.

1.7. Étalonnage de l'analyseur de gaz traceur pour la mesure du débit d'échappement

L'analyseur utilisé pour mesurer les concentrations du gaz traceur doit être étalonné à l'aide du gaz étalon.

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

La courbe d'étalonnage ne doit pas s'écarter de la valeur nominale de chaque point d'étalonnage de plus de $\pm 1\%$ de la pleine échelle dans la plage de 20 % à 100 % de la pleine échelle. Elle ne doit pas non plus s'écarter de la valeur nominale de plus de $\pm 2\%$ du relevé dans la plage de 4 % à 20 % de la pleine échelle. Le zéro et l'échelle de l'analyseur doivent être réglés avant l'essai au moyen d'un gaz de mise à zéro et d'un gaz de réglage de sensibilité ayant une valeur nominale supérieure à 80 % de la pleine échelle de l'analyseur.

1.8. Essai d'efficacité du convertisseur de NO_x

L'efficacité du convertisseur utilisé pour convertir le NO₂ en NO est éprouvée de la manière indiquée aux points 1.8.1 à 1.8.8 (figure 1 de l'annexe III, appendice 2).

1.8.1. Installation d'essai

Avec l'installation d'essai illustrée sur la figure 1 de l'annexe III et la méthode décrite ci-dessous, on peut vérifier l'efficacité des convertisseurs au moyen d'un ozoniseur.

1.8.2. *Étalonnage*

Le CLD et le HCLD sont étalonnés dans la gamme de mesure la plus couramment utilisée conformément aux spécifications du constructeur, avec un gaz de mise à zéro et un gaz de réglage de sensibilité (ce dernier doit avoir teneur en NO correspondant à 80 % environ de la gamme de mesure et la concentration de NO₂ du mélange gazeux doit être inférieure à 5 % de la concentration de NO). L'analyseur de NO_x doit être mis dans le mode NO pour que le gaz de réglage de sensibilité ne passe pas dans le convertisseur. La concentration indiquée doit être enregistrée.

1.8.3. *Calcul*

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

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

où:

a = concentration de NO_x selon le point 1.8.6

b = concentration de NO_x selon le point 1.8.7

c = concentration de NO selon le point 1.8.4

d = concentration de NO selon le point 1.8.5.

1.8.4. *Adjonction d'oxygène*

À l'aide d'un raccord en T, on ajoute en continu de l'oxygène ou de l'air de mise à zéro au flux de gaz jusqu'à ce que la concentration indiquée soit d'environ 20 % inférieure à la concentration d'étalonnage indiquée au point 1.8.2 (l'analyseur est en mode NO).

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

1.8.5. *Mise en fonctionnement de l'ozoniseur*

L'ozoniseur est alors mis en fonction afin de fournir suffisamment d'ozone pour abaisser la concentration de NO à 20 % environ (10 % au minimum) de la concentration d'étalonnage indiquée au point 1.8.2. La valeur indiquée pour la concentration (d) est enregistrée (l'analyseur est en mode NO).

1.8.6. *Mode NO_x*

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

1.8.7. *Arrêt de l'ozoniseur*

L'ozoniseur est maintenant arrêté. Le mélange de gaz indiqué au point 1.8.6 traverse le convertisseur pour arriver dans le détecteur. La valeur indiquée pour la concentration (b) est enregistrée (l'analyseur est en mode NO_x).

1.8.8. *Mode NO*

Une fois commuté sur le mode NO, l'ozoniseur étant arrêté, on coupe aussi l'arrivée d'oxygène ou d'air de synthèse. La valeur de NO_x affichée par l'analyseur ne doit pas s'écarter de plus de ± 5 % de la valeur mesurée selon le point 1.8.2 (l'analyseur est en mode NO).

1.8.9. *Intervalle des essais*

L'efficacité du convertisseur doit être éprouvée mensuellement.

1.8.10. *Efficacité requise*

L'efficacité du convertisseur ne doit pas être inférieure à 90 % mais une efficacité supérieure de 95 % est fortement recommandée.

Remarque: Si, l'analyseur étant dans la gamme la plus courante, l'ozoniseur ne permet pas d'obtenir une réduction de 80 à 20 % selon le point 1.8.5, on utilise la gamme la plus élevée qui donnera cette réduction.

1.9. **Réglage du FID**

1.9.1. *Optimisation de la réponse du détecteur*

Le détecteur HFID doit être réglé selon les indications du constructeur de l'appareil. On utilise un gaz de réglage de sensibilité contenant du propane et de l'air pour optimiser la réponse dans la gamme de mesure la plus courante.

Les débits du carburant et de l'air étant réglés selon les recommandations du constructeur, on introduit dans l'analyseur un gaz de réglage de sensibilité de 350 ± 75 ppm C. La réponse pour un débit de carburant donné est déterminée d'après la différence entre la réponse au gaz de réglage de sensibilité et la réponse au gaz de mise à zéro. Le débit de carburant doit être réglé par incréments au-dessus et au-dessous de la spécification du constructeur. On enregistre la réponse au gaz de réglage de sensibilité et au gaz de mise à zéro pour ces débits du carburant. On établit une courbe de la différence entre la réponse au gaz de réglage de sensibilité et la réponse au gaz de mise à zéro et le débit de carburant est réglé du côté riche de la courbe. Cette opération constitue le réglage initial du débit et peut nécessiter une optimisation ultérieure en fonction des résultats du facteur de réponse aux hydrocarbures et du contrôle de l'interférence à l'oxygène conformément aux points 1.9.2 et 1.9.3.

Si l'interférence à l'oxygène ou les facteurs de réponse aux hydrocarbures ne répondent pas aux spécifications suivantes, le débit d'air devra être ajusté par incréments au-dessus et au-dessous des valeurs spécifiées par le fabricant; les opérations des points 1.9.2 et 1.9.3 sont à répéter pour chaque débit.

1.9.2. *Facteurs de réponse pour les hydrocarbures*

On étalonne l'analyseur en utilisant du propane dans de l'air et de l'air de synthèse purifié, conformément au point 1.5.

Les facteurs de réponse doivent être déterminés lors de la mise en service d'un analyseur et, par la suite, après les grands entretiens. Le facteur de réponse (R_f) pour une espèce d'hydrocarbure donnée est le rapport entre la valeur C1 indiquée par le FID et la concentration de gaz dans la bouteille exprimée en ppm C1.

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

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

- méthane et air synthétique purifié: $1,00 \leq R_f \leq 1,15$
- propylène et air synthétique purifié: $0,90 \leq R_f \leq 1,1$
- toluène et air synthétique purifié: $0,90 \leq R_f \leq 1,10$

Ces valeurs se rapportent au facteur de réponse (R_f) de 1,00 pour le propane et pour l'air synthétique purifié.

1.9.3. *Contrôle de l'interférence à l'oxygène*

Le contrôle de l'interférence à l'oxygène est effectué à la mise en service d'un analyseur et par la suite lors des grands entretiens. On choisit une gamme où les gaz de contrôle de l'interférence à l'oxygène tomberont dans la tranche haute de 50 %. L'essai est effectué avec le four réglé à la température voulue. Les gaz d'interférence à l'oxygène sont spécifiés au point 1.2.3.

- a) On règle le zéro de l'analyseur.
- b) On règle l'échelle de l'analyseur avec le mélange à 0 % d'oxygène pour moteurs à essence.

- c) La réponse du zéro est à nouveau vérifiée. Si elle a varié de plus de 0,5 % de la pleine échelle, on répète les opérations des points a) et b).
- d) On introduit les gaz de contrôle de l'interférence à l'oxygène à 5 % et à 10 %.
- e) La réponse du zéro est à nouveau vérifiée. Si elle a varié de plus de ± 1 % de la pleine échelle, l'essai doit être recommencé.
- f) L'interférence à l'oxygène (% O₂I) est calculée comme suit pour chaque mélange du point d):

$$O_2I = \frac{(B - C)}{B} \times 100 \quad \text{ppm } C = \frac{A}{D}$$

où:

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

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

C = réponse de l'analyseur

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

- g) Le pourcentage d'interférence à l'oxygène (% O₂I) doit être, avant l'essai, inférieur à ± 3 % pour tous les gaz prescrits pour le contrôle de l'interférence à l'oxygène.
- h) Si l'interférence à l'oxygène est supérieure à ± 3 %, le débit d'air est ajusté par incréments au-dessus et au-dessous des spécifications du fabricant en répétant l'opération du point 1.9.1 pour chaque débit.
- i) Si l'interférence à l'oxygène est supérieure à ± 3 % après avoir réglé le débit d'air, on ajuste le débit de carburant puis le débit de l'échantillon, en répétant les opérations du point 1.9.1 pour chaque nouveau réglage.
- j) Si l'interférence à l'oxygène est toujours supérieure à ± 3 %, il faut réparer ou remplacer l'analyseur, le carburant du FID ou l'air du brûleur. Les opérations du présent point devront ensuite être recommencées sur les équipements réparés ou remplacés ou avec les nouveaux gaz.

1.10. Effets d'interférence avec les analyseurs de CO, de CO₂, de NO_x et d'O₂

Les gaz autres que celui qui est en cours d'analyse peuvent interférer de plusieurs manières avec les valeurs relevées. Il y a interférence positive dans les instruments NDIR et PMD lorsque le gaz qui interfère fournit le même effet que celui qui est mesuré mais à un degré moindre. Il y a interférence négative dans les instruments NDIR lorsqu'un gaz interfèrent élargit la bande d'absorption du gaz mesuré, et dans des instruments CLD lorsque le gaz interfèrent atténue le rayonnement. Les contrôles d'interférence indiqués aux points 1.10.1 et 1.10.2 sont exécutés avant la mise en service d'un analyseur et par la suite lors des grands entretiens, et en tout état de cause au moins une fois par an.

1.10.1. Contrôle de l'interférence sur l'analyseur de CO

L'eau et le CO₂ peuvent interférer avec le fonctionnement de l'analyseur de CO. On laisse par conséquent barboter dans de l'eau, à température ambiante, un gaz de réglage de sensibilité au CO₂ d'une concentration de 80 à 100 % de la pleine échelle de la gamme de détection maximale utilisée durant les essais et on enregistre la réponse de l'analyseur. Cette réponse ne doit pas être supérieure à 1 % de la pleine échelle pour des gammes d'étendue égale ou supérieure à 300 ppm ni à 3 ppm pour des gammes d'étendue inférieure à 300 ppm.

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

Les deux gaz à considérer pour les analyseurs CLD (et HCLD) sont le CO₂ et la vapeur d'eau. Les degrés d'atténuation de ces gaz sont proportionnels à leurs concentrations et nécessitent par conséquent des techniques d'essai pour déterminer l'effet d'atténuation aux concentrations les plus élevées prévues pendant l'essai.

1.10.2.1. Vérifications de l'effet d'atténuation dans l'analyseur de CO₂

On fait passer à travers l'analyseur NDIR un gaz de réglage de sensibilité au CO₂ qui possède une concentration de 80 % à 100 % de la pleine échelle de la gamme de détection maximale et on enregistre la valeur mesurée pour le CO₂ (A). Le gaz est ensuite dilué à 50 % environ avec un gaz de réglage de sensibilité au NO et on le fait passer à travers le NDIR et le (H)CLD en enregistrant les valeurs de CO₂ et de NO (respectivement B et C). On ferme l'arrivée de CO₂ pour que seul le gaz de réglage de sensibilité au NO passe à travers le (H)CLD et on enregistre la valeur mesurée de NO (D).

L'effet d'atténuation, qui ne doit pas être supérieur à 3 % de la pleine échelle, est calculé comme suit:

$$\% \text{ CO}_2 \text{ effet d'atténuation} = \left[1 - \left(\frac{(C \times A)}{(D \times A) - (D \times B)} \right) \right] \times 100$$

où:

A = concentration de CO₂ non dilué mesurée à l'aide du NDIR (%)

B = concentration de CO₂ dilué mesurée à l'aide du NDIR (%)

C = concentration de NO dilué mesurée à l'aide du CLD (ppm)

D = concentration de NO non dilué mesurée à l'aide du CLD (ppm)

Des méthodes équivalentes de dilution et de quantification des valeurs des gaz de réglage de la sensibilité au CO₂ et au NO, telles que méthode dynamique/par mélange/par dosage, peuvent être utilisées.

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

Cette vérification s'applique uniquement aux mesures de concentration de gaz humides. Le calcul de l'effet d'atténuation de l'eau doit tenir compte de la dilution du gaz de réglage de sensibilité au NO dans la vapeur d'eau ainsi que de la mise à l'échelle de la concentration de vapeur d'eau du mélange par rapport à celle prévue pendant l'essai.

Un gaz de réglage de sensibilité au NO qui possède une concentration de 80 % à 100 % de la pleine échelle de la gamme de détection normale doit traverser le (H)CLD et la valeur mesurée pour le NO être enregistrée en tant que valeur D. On laisse le gaz de réglage de sensibilité au NO barboter dans de l'eau à température ambiante pour passer ensuite à travers le (H)CLD et on enregistre la valeur mesurée pour le NO en tant que valeur C. La température de l'eau est déterminée et enregistrée en tant que valeur F. La pression de vapeur saturante du mélange qui correspond à la température (F) de l'eau du barboteur doit être déterminée et enregistrée en tant que valeur G. La concentration de vapeur d'eau (en %) du mélange doit être calculée comme suit:

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

et enregistrée comme H. La concentration escomptée du gaz de réglage de sensibilité au NO dilué (dans de la vapeur d'eau) se calcule comme suit:

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

et est enregistrée comme D_e.

L'effet d'atténuation dû à l'eau ne doit pas dépasser 3 % et se calcule comme suit:

$$\% \text{ H}_2\text{O effet} = 100 \times \left(\frac{D_e - C}{D_e} \right) \times \left(\frac{H_m}{H} \right)$$

où:

D_e = concentration diluée prévue de NO (ppm)

C = concentration diluée de NO (ppm)

H_m = concentration maximale de vapeur d'eau (%)

H = concentration réelle de vapeur d'eau (%)

Remarque: Il est important que le gaz de réglage de sensibilité au NO contienne une concentration minimale de NO₂ pour cette vérification étant donné qu'il n'a pas été tenu compte de l'absorption du NO₂ pour les calculs de l'effet d'atténuation.

1.10.3. Interférence sur l'analyseur d'O₂

La réponse d'un analyseur PDM due à des gaz autres que l'oxygène est comparativement faible. Les équivalents en oxygène des constituants communs des gaz d'échappement sont présentés au tableau 1:

Tableau 1 — Équivalents oxygène

Gaz	Équivalent O ₂ %
Dioxyde de carbone (CO ₂)	- 0,623
Monoxyde de carbone (CO)	- 0,354
Monoxyde d'azote (NO)	+ 44,4
Dioxyde d'azote (NO ₂)	+ 28,7
Eau (H ₂ O)	- 0,381

La concentration d'oxygène observée doit être corrigée à l'aide de la formule suivante si on désire faire des mesures de haute précision:

$$\text{Interférence} = \frac{(\text{Équivalent \% O}_2 \times \text{Concentration observée})}{100}$$

1.11. Intervalles d'étalonnage

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

Appendice 3

1. ÉVALUATION ET CALCUL DES DONNÉES

1.1. Évaluation des émissions gazeuses

Pour évaluer les émissions gazeuses, on prend la moyenne des valeurs relevées par l'enregistreur graphique sur au moins les 120 dernières secondes de chaque mode et on détermine les concentrations moyennes (conc) de HC, de CO, de NO_x et de CO₂ produites durant chaque mode à partir des moyennes des valeurs enregistrées et des données d'étalonnage correspondantes. Un type d'enregistrement différent peut être utilisé s'il garantit l'obtention de données équivalentes.

La concentration de fond moyenne (conc_d) peut être déterminée d'après les valeurs enregistrées pour l'air de dilution contenu dans le sac ou d'après les valeurs de la concentration de fond enregistrées en continu (sans prélèvement en sac) et les données d'étalonnage correspondantes.

1.2. Calcul des émissions gazeuses

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

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

La concentration mesurée, si elle n'a pas été déterminée à l'état humide, doit être convertie en une mesure en conditions humides:

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

Pour les gaz d'échappement bruts:

$$k_w = k_{w,r} = \frac{1}{1 + \alpha \times 0,005 \times (\% \text{ CO [sec]} + \% \text{ CO}_2 \text{ [sec]}) - 0,01 \times \% \text{ H}_2 \text{ [sec]} + k_{w2}}$$

où α est le rapport hydrogène/carbone du carburant.

On calcule la concentration de H_2 dans l'échappement:

$$\text{H}_2 \text{ [sec]} = \frac{0,5 \times \alpha \times \% \text{ CO [sec]} \times (\% \text{ CO [sec]} + \% \text{ CO}_2 \text{ [sec]})}{\% \text{ CO [sec]} + (3 \times \% \text{ CO}_2 \text{ [sec]})}$$

On calcule le facteur K_{w2} :

$$k_{w2} = \frac{1,608 \times H_a}{1\,000 + (1,608 \times H_a)}$$

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

Pour les gaz d'échappement dilués:

Si la mesure du CO_2 a été faite en conditions humides, l'équation est:

$$k_w = k_{w,e,1} = \left(1 - \frac{\alpha \times \% \text{ CO}_2 \text{ [humide]}}{200} \right) - k_{w1}$$

Si la mesure du CO_2 a été faite en conditions sèches, l'équation est::

$$k_w = k_{w,e,2} = \left(\frac{(1 - k_{w1})}{1 + \frac{\alpha \times \% \text{ CO}_2 \text{ [sec]}}{200}} \right)$$

où α est le rapport hydrogène/carbone du carburant.

Le facteur K_{w1} est calculé au moyen de l'équation suivante:

$$k_{w1} = \frac{1,608 \times [H_d \times (1 - 1/DF) + H_a \times (1/DF)]}{1\,000 + 1,608 \times [H_d \times (1 - 1/DF) + H_a \times (1/DF)]}$$

où:

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

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

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

Pour l'air de dilution:

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

Le facteur k_{w1} est calculé au moyen de l'équation suivante:

$$DF = \frac{13,4}{\% \text{ conc}_{CO_2} + (\text{ppm conc}_{CO} + \text{ppm conc}_{HC}) \times 10^{-4}}$$

$$k_{w1} = \frac{1,608 \times [H_d \times (1 - 1/DF) + H_a \times (1/DF)]}{1\,000 + 1,608 \times [H_d \times (1 - 1/DF) + H_a \times (1/DF)]}$$

où:

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

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

$$DF = \frac{13,4}{\% \text{ conc}_{CO_2} + (\text{ppm conc}_{CO} + \text{ppm conc}_{HC}) \times 10^{-4}}$$

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

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

Le facteur k_{w2} est calculé au moyen de l'équation suivante:

$$k_{w2} = \frac{1,608 \times H_a}{1\,000 + (1,608 \times H_a)}$$

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

1.2.2. Correction d'humidité pour les NO_x

Les émissions de NO_x étant fonction des conditions de l'air ambiant, la concentration de NO_x doit être multipliée par le facteur K_H qui prend en compte l'humidité:

$$K_H = 0,6272 + 44,030 \times 10^{-3} \times H_a - 0,862 \times 10^{-3} \times H_a^2 \text{ (pour moteurs 4 temps)}$$

$$K_H = 1 \text{ (pour moteurs 2 temps)}$$

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

1.2.3. Calcul des débits massiques d'émissions

Les débits massiques d'émissions, Gas_{mass} [g/h], pour chaque mode sont calculés comme suit.

a) Pour les gaz d'échappement bruts ⁽¹⁾:

$$Gas_{mass} = \frac{MW_{Gas}}{MW_{CARB}} \times \frac{1}{\{(\% CO_2 [\text{humide}] - \% CO_{2AIR}) + \% CO [\text{humide}] + \% HC [\text{humide}]\}} \times \% \text{ conc} \times G_{CARB} \times 1\,000$$

où:

G_{CARB} [kg/h] est le débit massique du carburant;

MW_{Gas} [kg/kmole] est la masse moléculaire du gaz considéré, voir tableau 1;

Table 1 — Masses moléculaires

Gas	MW_{Gas} [kg/kmole]
NO_x	46,01
CO	28,01
HC	$MW_{HC} = MW_{CARB}$
CO_2	44,01

⁽¹⁾ Dans le cas des NO_x , la concentration doit être multipliée par le facteur de correction d'humidité K_H (facteur de correction d'humidité pour les NO_x).

- $MW_{CARB} = 12,011 + \alpha \times 1,00794 + \beta \times 15,9994$ [kg/kmole] est la masse moléculaire d'un carburant ayant un rapport hydrogène/carbone α et un rapport oxygène/carbone β ⁽¹⁾;
- CO_{2AIR} est la concentration de CO_2 dans l'air d'admission (elle est présumée égale à 0,04 % si elle n'est pas mesurée).

b) Pour les gaz d'échappement dilués ⁽²⁾:

$$Gas_{mass} = u \times conc_c \times G_{TOTW}$$

où

- G_{TOTW} [kg/h] est le débit massique des gaz d'échappement dilués en conditions humides qui, lorsqu'on utilise un système de dilution en circuit principal, doit être déterminé conformément à l'annexe III, appendice 1, point 1.2.4,

- $conc_c$ concentration de fond corrigée:

$$conc_c = conc - conc_d \times (1 - 1/DF)$$

avec

$$DF = \frac{13,4}{\% conc_{CO_2} + (ppm conc_{CO} + ppm conc_{HC}) \times 10^{-4}}$$

Le coefficient u est donné au tableau 2.

Tableau 2 — Valeurs du coefficient u

Gas	U	conc
NO_x	0,001587	ppm
CO	0,000966	ppm
HC	0,000479	ppm
CO_2	15,19	%

Les valeurs du coefficient u sont basées sur une masse moléculaire des gaz d'échappement dilués égale à 29 [kg/kmole]; la valeur de u pour les HC est basée sur un rapport carbone/hydrogène moyen de 1:1,85.

1.2.4. Calcul des émissions spécifiques

L'émission spécifique (g/kWh) est calculée pour chaque constituant donné:

$$Gaz \text{ Considéré} = \frac{\sum_{i=1}^n (Gas_{mass_i} \times WF_i)}{\sum_{i=1}^n (P_i \times WF_i)}$$

$$\text{où } P_i = P_{M,i} + P_{AE,i}$$

Lorsque des auxiliaires tels que ventilateur ou soufflante de refroidissement restent en place pour l'essai, la puissance absorbée qu'ils représentent est ajoutée aux résultats, sauf si ces auxiliaires font partie intégrante du moteur. La puissance du ventilateur ou de la soufflante est déterminée, aux régimes utilisés pour les essais, soit par le calcul d'après les caractéristiques standard, soit par des essais pratiques (annexe VII, appendice 3).

⁽¹⁾ La norme ISO 8178-1 donne une formule plus complète de la masse moléculaire du carburant [formule 50 du chapitre 13.5.1 b)]. La formule prend en compte non seulement le rapport hydrogène/carbone et le rapport oxygène/carbone mais aussi d'autres constituants possibles du carburant comme le soufre et l'azote. Cependant, étant donné que les moteurs à allumage commandé visés par la directive sont soumis aux essais avec une essence (citée comme carburant de référence dans l'annexe V) ne contenant habituellement que du carbone et de l'hydrogène, la formule simplifiée est utilisée.

⁽²⁾ Dans le cas des NO_x , la concentration doit être multipliée par le facteur de correction d'humidité K_H (facteur de correction d'humidité pour les NO_x).

Les facteurs de pondération et le numéro des n modes utilisés pour les calculs ci-dessus sont indiqués à l'annexe IV, point 3.5.1.1.

2. EXEMPLES

2.1. Données relevées pour les gaz d'échappement bruts sur un moteur à 4 temps à allumage commandé

En ce qui concerne les données expérimentales (tableau 3), on effectue les calculs d'abord pour le mode n° 1 puis on les étend aux autres modes d'essai en utilisant la même procédure.

Tableau 3 — Données expérimentales d'un moteur à 4 temps à allumage commandé

Mode		1	2	3	4	5	6
Régime du moteur	min ⁻¹	2 550	2 550	2 550	2 550	2 550	1 480
Puissance	kW	9,96	7,5	4,88	2,36	0,94	0
% de charge	%	100	75	50	25	10	0
Facteurs de pondération	—	0,090	0,200	0,290	0,300	0,070	0,050
Pression barométrique	kPa	101,0	101,0	101,0	101,0	101,0	101,0
Température de l'air	°C	20,5	21,3	22,4	22,4	20,7	21,7
Humidité relative de l'air	%	38,0	38,0	38,0	37,0	37,0	38,0
Humidité absolue de l'air	g _{H2O} /kg _{air}	5,696	5,986	6,406	6,236	5,614	6,136
CO en conditions sèches	ppm	60 995	40 725	34 646	41 976	68 207	37 439
NO _x en conditions humides	ppm	726	1 541	1 328	377	127	85
HC en conditions humides	ppm C1	1 461	1 308	1 401	2 073	3 024	9 390
CO ₂ en conditions sèches	% vol.	11,4098	12,691	13,058	12,566	10,822	9,516
Débit massique du carburant	kg/h	2,985	2,047	1,654	1,183	1,056	0,429
Rapport H/C du carburant, α	—	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85
Rapport O/C du carburant, β	—	0	0	0	0	0	0

2.1.1. Facteur de conversion valeur sèche/valeur humide k_w

On doit calculer le facteur de conversion valeur sèche/valeur humide K_w pour convertir les mesures sèches du CO et du CO₂ en valeurs humides:

$$k_w = k_{w,r} = \frac{1}{1 + \alpha \times 0,005 \times (\% \text{ CO } [\text{sec}] + \% \text{ CO}_2 [\text{sec}]) - 0,01 \times \% \text{ H}_2 [\text{sec}] + k_{w2}}$$

où:

$$\text{H}_2 [\text{sec}] = \frac{0,5 \times \alpha \times \% \text{ CO } [\text{sec}] \times (\% \text{ CO } [\text{sec}] + \% \text{ CO}_2 [\text{sec}])}{\% \text{ CO } [\text{sec}] + (3 \times \% \text{ CO}_2 [\text{sec}])}$$

et

$$k_{w2} = \frac{1,608 \times H_a}{1\,000 + (1,608 \times H_a)}$$

$$H_2 [\text{sec}] = \frac{0,5 \times 1,85 \times 6,0995 \times (6,0995 + 11,4098)}{6,0995 + (3 \times 11,4098)} = 2,450 \%$$

$$k_{w2} = \frac{1,608 \times 5,696}{1\,000 + (1,608 \times 5,696)} = 0,009$$

$$k_w = k_{w,r} = \frac{1}{1 + 1,85 \times 0,005 \times (6,0995 + 11,4098) - 0,01 \times 2,450 + 0,009} = 0,872$$

$$\text{CO} [\text{humide}] = \text{CO} [\text{sec}] \times k_w = 60\,995 \times 0,872 = 53\,198 \text{ ppm}$$

$$\text{CO}_2 [\text{humide}] = \text{CO}_2 [\text{sec}] \times k_w = 11,410 \times 0,872 = 9,951 \%$$

Tableau 4 — Valeurs humides du CO et du CO₂ suivant les modes

Mode		1	2	3	4	5	6
H ₂ sec	%	2,450	1,499	1,242	1,554	2,834	1,422
k _{w2}	—	0,009	0,010	0,010	0,010	0,009	0,010
k _w	—	0,872	0,870	0,869	0,870	0,874	0,894
CO humide	ppm	53 198	35 424	30 111	36 518	59 631	33 481
CO ₂ humide	%	9,951	11,039	11,348	10,932	9,461	8,510

2.1.2. Émissions de HC

$$HC_{\text{mass}} = \frac{MW_{\text{HC}}}{MW_{\text{CARB}}} \times \frac{1}{\{(\% \text{ CO}_2 [\text{hum}] - \% \text{ CO}_{2\text{AIR}}) + \% \text{ CO} [\text{hum}] + \% \text{ HC} [\text{hum}]\}} \times \% \text{ conc} \times G_{\text{CARB}} \times 1\,000$$

où:

$$MW_{\text{HC}} = MW_{\text{CARB}}$$

$$MW_{\text{CARB}} = 12,011 + \alpha \times 1,00794 = 13,876$$

$$HC_{\text{mass}} = \frac{13,876}{13,876} \times \frac{1}{(9,951 - 0,04 + 5,3198 + 0,1461)} \times 0,1461 \times 2,985 \times 1\,000 = 28,361 \text{ g/h}$$

Tableau 5 — Émissions de HC [g/h] en fonction des modes

Mode	1	2	3	4	5	6
HC _{mass}	28,361	18,248	16,026	16,625	20,357	31,578

2.1.3. Émissions de NO_x

On doit d'abord calculer le facteur de correction d'humidité K_H pour les émissions de NO_x:

$$K_H = 0,6272 + 44,030 \times 10^{-3} \times H_a - 0,862 \times 10^{-3} \times H_a^2$$

$$K_H = 0,6272 + 44,030 \times 10^{-3} \times 5,696 - 0,862 \times 10^{-3} \times (5,696)^2 = 0,850$$

Tableau 6 — Facteur de correction d'humidité K_H des émissions de NO_x en fonction des modes

Mode	1	2	3	4	5	6
K_H	0,850	0,860	0,874	0,868	0,847	0,865

On calcule ensuite NO_{xmass} [g/h]:

$$NO_{xmass} = \frac{MW_{NO_x}}{MW_{CARB}} \times \frac{1}{\{(\% CO_2 [hum] - \% CO_{2AIR}) + \% CO [hum] + \% HC [hum]\}} \times \% conc \times K_H \times G_{CARB} \times 1\,000$$

$$NO_{xmass} = \frac{46,01}{13,876} \times \frac{1}{(9,951 - 0,04 + 5,3198 + 0,1461)} \times 0,073 \times 0,85 \times 2,985 \times 1\,000 = 39,717 \text{ g/h}$$

Tableau 7 — Émissions de NO_x [g/h] en fonction des modes d'essai

Mode	1	2	3	4	5	6
NO_{xmass}	39,717	61,291	44,013	8,703	2,401	0,820

2.1.4 Émissions de CO

$$CO_{mass} = \frac{MW_{CO}}{MW_{CARB}} \times \frac{1}{\{(\% CO_2 [hum] - \% CO_{2AIR}) + \% CO [hum] + \% HC [hum]\}} \times \% conc \times G_{CARB} \times 1\,000$$

$$CO_{2mass} = \frac{44,01}{13,876} \times \frac{1}{(9,951 - 0,04 + 5,3198 + 0,1461)} \times 9,951 \times 2,985 \times 1\,000 = 6\,126,806 \text{ g/h}$$

Tableau 8 — Émissions de CO [g/h] en fonction des modes d'essai

Mode	1	2	3	4	5	6
CO_{mass}	2 084,588	997,638	695,278	591,183	810,334	227,285

2.1.5 Émissions de CO_2

$$CO_{2mass} = \frac{MW_{CO_2}}{MW_{CARB}} \times \frac{1}{\{(\% CO_2 [hum] - \% CO_{2AIR}) + \% CO [hum] + \% HC [hum]\}} \times \% conc \times G_{CARB} \times 1\,000$$

$$CO_{2mass} = \frac{44,01}{13,876} \times \frac{1}{(9,951 - 0,04 + 5,3198 + 0,1461)} \times 9,951 \times 2,985 \times 1\,000 = 6\,126,806 \text{ g/h}$$

Tableau 9 — Émissions de CO_2 [g/h] en fonction des modes d'essai

Mode	1	2	3	4	5	6
CO_{2mass}	6 126,806	4 884,739	4 117,202	2 780,662	2 020,061	907,648

2.1.6 Émissions spécifiques

L'émission spécifique (g/kWh) doit être calculée pour chaque constituant individuellement:

$$\text{Gaz considéré} = \frac{\sum_{i=1}^n (Gas_{mass_i} \times WF_i)}{\sum_{i=1}^n (P_i \times WF_i)}$$

Tableau 10 — Émissions [g/h] et facteurs de pondération en fonction des modes d'essai

Mode		1	2	3	4	5	6
HC _{mass}	g/h	28,361	18,248	16,026	16,625	20,357	31,578
NO _{xmass}	g/h	39,717	61,291	44,013	8,703	2,401	0,820
CO _{mass}	g/h	2 084,588	997,638	695,278	591,183	810,334	227,285
CO _{2mass}	g/h	6 126,806	4 884,739	4 117,202	2 780,662	2 020,061	907,648
Puissance P _l	kW	9,96	7,50	4,88	2,36	0,94	0
Facteur de pondération en WF _l	—	0,090	0,200	0,290	0,300	0,070	0,050

$$HC = \frac{28,361 \times 0,090 + 18,248 \times 0,200 + 16,026 \times 0,290 + 16,625 \times 0,300 + 20,357 \times 0,070 + 31,578 \times 0,050}{9,96 \times 0,090 + 7,50 \times 0,200 + 4,88 \times 0,290 + 2,36 \times 0,300 + 0,940 \times 0,070 + 0 \times 0,050} = 4,11 \text{ g/kWh}$$

$$NO_x = \frac{39,717 \times 0,090 + 61,291 \times 0,200 + 44,013 \times 0,290 + 8,703 \times 0,300 + 2,401 \times 0,070 + 0,820 \times 0,050}{9,96 \times 0,090 + 7,50 \times 0,200 + 4,88 \times 0,290 + 2,36 \times 0,300 + 0,940 \times 0,070 + 0 \times 0,050} = 6,85 \text{ g/kWh}$$

$$CO = \frac{2\,084,59 \times 0,090 + 997,64 \times 0,200 + 695,28 \times 0,290 + 591,18 \times 0,300 + 810,33 \times 0,070 + 227,92 \times 0,050}{9,96 \times 0,090 + 7,50 \times 0,200 + 4,88 \times 0,290 + 2,36 \times 0,300 + 0,940 \times 0,070 + 0 \times 0,050} = 181,93 \text{ g/kWh}$$

$$CO_2 = \frac{6\,126,81 \times 0,090 + 4\,884,74 \times 0,200 + 4\,117,20 \times 0,290 + 2\,780,66 \times 0,300 + 2\,020,06 \times 0,070 + 907,65 \times 0,050}{9,96 \times 0,090 + 7,50 \times 0,200 + 4,88 \times 0,290 + 2,36 \times 0,300 + 0,940 \times 0,070 + 0 \times 0,050} = 816,36 \text{ g/kWh}$$

2.2. Données relevées pour les gaz d'échappement bruts sur un moteur à 2 temps à allumage commandé

En ce qui concerne les données expérimentales (tableau 11), on effectue les calculs d'abord pour le mode n° 1 puis on les étend aux autres modes d'essai en utilisant la même procédure.

Tableau 11 — Données expérimentales d'un moteur à 2 temps à allumage commandé

Mode		1	2
Régime du moteur	min ⁻¹	9 500	2 800
Puissance	kW	2,31	0
% de charge	%	100	0
Facteurs de pondération	—	0,9	0,1
Pression barométrique	kPa	100,3	100,3
Température de l'air	°C	25,4	25
Humidité relative de l'air	%	38,0	38,0
Humidité absolue de l'air	g _{H2O} /kg _{air}	7,742	7,558
CO sec	ppm	37 086	16 150
NO _x humide	ppm	183	15
HC humide	ppmC1	14 220	13 179
CO ₂ sec	% Vol.	11,986	11,446
Débit massique du carburant	kg/h	1,195	0,089
Rapport H/C du carburant, α	—	1,85	1,85
Rapport O/C du carburant, β		0	0

2.2.1. Facteur de correction valeur sèche/valeur humide K_w

On doit calculer le facteur de correction valeur sèche/valeur humide K_w pour convertir les mesures sèches du CO et du CO₂ en valeurs humides:

$$k_w = k_{w,r} = \frac{1}{1 + \alpha \times 0,005 \times (\% \text{ CO [sec]} + \% \text{ CO}_2 \text{ [sec]}) - 0,01 \times \% \text{ H}_2 \text{ [sec]} + k_{w2}}$$

où:

$$H_2 \text{ [sec]} = \frac{0,5 \times \alpha \times \% \text{ CO [sec]} \times (\% \text{ CO [sec]} + \% \text{ CO}_2 \text{ [sec]})}{\% \text{ CO [sec]} + (3 \times \% \text{ CO}_2 \text{ [sec]})}$$

$$H_2 \text{ [sec]} = \frac{0,5 \times 1,85 \times 3,7086 \times (3,7086 + 11,986)}{3,7086 + (3 \times 11,986)} = 1,357 \%$$

$$k_{w2} = \frac{1,608 \times H_a}{1\,000 + (1,608 \times H_a)}$$

$$k_{w2} = \frac{1,608 \times 7,742}{1\,000 + (1,608 \times 7,742)} = 0,012$$

$$k_w = k_{w,r} = \frac{1}{1 + 1,85 \times 0,005 \times (3,7086 + 11,986) - 0,01 \times 1,357 + 0,012} = 0,874$$

$$\text{CO [hum]} = \text{CO [sec]} \times k_w = 37\,086 \times 0,874 = 32\,420 \text{ ppm}$$

$$\text{CO}_2 \text{ [hum]} = \text{CO}_2 \text{ [sec]} \times k_w = 11,986 \times 0,874 = 10,478 \text{ \% vol.}$$

Tableau 12 — Valeurs humides du CO et CO₂ en fonction des modes d'essai

Mode		1	2
H ₂ sec	%	1,357	0,543
k _{w2}	—	0,012	0,012
k _w	—	0,874	0,887
CO humide	ppm	32 420	14 325
CO ₂ humide	%	10,478	10,153

2.2.2. Émissions de HC

$$HC_{\text{mass}} = \frac{MW_{\text{HC}}}{MW_{\text{CARB}}} \times \frac{1}{\{(\% \text{ CO}_2 \text{ [hum]} - \% \text{ CO}_{2\text{AIR}}) + \% \text{ CO [hum]} + \% \text{ HC [hum]}\}} \times \% \text{ conc} \times G_{\text{CARB}} \times 1\,000$$

où:

$$MW_{\text{HC}} = MW_{\text{CARB}}$$

$$MW_{\text{CARB}} = 12,011 + \alpha \times 1,00794 = 13,876$$

$$HC_{\text{mass}} = \frac{13,876}{13,876} \times \frac{1}{(10,478 - 0,04 + 3,2420 + 1,422)} \times 1,422 \times 1,195 \times 1\,000 = 112,520 \text{ g/h}$$

Tableau 13 — Émissions de HC [g/h] en fonction des modes d'essai

Mode	1	2
HC _{mass}	112,520	9,119

2.2.3. Émissions de NO_x

Le facteur K_H pour la correction des émissions de NO_x est égal à 1 pour les moteurs deux temps:

$$NO_{xmass} = \frac{MW_{NO_x}}{MW_{CARB}} \times \frac{1}{\{(\% CO_2 [hum] - \% CO_{2AIR}) + \% CO [hum] + \% HC [hum]\}} \times \% conc \times K_H \times G_{CARB} \times 1\,000$$

$$NO_{xmass} = \frac{46,01}{13,876} \times \frac{1}{(10,478 - 0,04 + 3,2420 + 1,422)} \times 0,0183 \times 1 \times 1,195 \times 1\,000 = 4,800 \text{ g/h}$$

Tableau 14 — Émissions de NO_x [g/h] en fonction des modes d'essai

Mode	1	2
NO _{xmass}	4,800	0,034

2.2.4. Émissions de CO

$$CO_{mass} = \frac{MW_{CO}}{MW_{CARB}} \times \frac{1}{\{(\% CO_2 [hum] - \% CO_{2AIR}) + \% CO [hum] + \% HC [hum]\}} \times \% conc \times G_{CARB} \times 1\,000$$

$$CO_{mass} = \frac{28,01}{13,876} \times \frac{1}{(10,478 - 0,04 + 3,2420 + 1,422)} \times 3,2420 \times 1,195 \times 1\,000 = 517,851 \text{ g/h}$$

Tableau 15 — Émissions de CO [g/h] en fonction des modes d'essai

Mode	1	2
CO _{mass}	517,851	20,007

2.2.5. Émissions de CO₂

$$CO_{2mass} = \frac{MW_{CO_2}}{MW_{CARB}} \times \frac{1}{\{(\% CO_2 [hum] - \% CO_{2AIR}) + \% CO [hum] + \% HC [hum]\}} \times \% conc \times G_{CARB} \times 1\,000$$

$$CO_{2mass} = \frac{44,01}{13,876} \times \frac{1}{(10,478 - 0,04 + 3,2420 + 1,422)} \times 10,478 \times 1,195 \times 1\,000 = 2\,629,658 \text{ g/h}$$

Tableau 16 — Émissions de CO₂ [g/h] en fonction des modes d'essai

Mode	1	2
CO _{2mass}	2 629,658	222,799

2.2.6. Émissions spécifiques

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

$$\text{gaz considéré} = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Gas}_{mass_i} \times WF_i)}{\sum_{i=1}^n (P_i \times WF_i)}$$

Tableau 17 — Émissions [g/h] et facteurs de pondération dans deux modes d'essai

Mode		1	2
HC _{mass}	g/h	112,520	9,119
NO _{xmass}	g/h	4,800	0,034
CO _{mass}	g/h	517,851	20,007
CO _{2mass}	g/h	2 629,658	222,799
Puissance P _{II}	kW	2,31	0
Facteur de pondération en WF _i	—	0,85	0,15

$$HC = \frac{112,52 \times 0,85 + 9,119 \times 0,15}{2,31 \times 0,85 + 0 \times 0,15} = 49,4 \text{ g/kWh}$$

$$NO_x = \frac{4,800 \times 0,85 + 0,034 \times 0,15}{2,31 \times 0,85 + 0 \times 0,15} = 2,08 \text{ g/kWh}$$

$$CO = \frac{517,851 \times 0,85 + 20,007 \times 0,15}{2,31 \times 0,85 + 0 \times 0,15} = 225,71 \text{ g/kWh}$$

$$CO_2 = \frac{2\,629,658 \times 0,85 + 222,799 \times 0,15}{2,31 \times 0,85 + 0 \times 0,15} = 1\,155,4 \text{ g/kWh}$$

2.3. Données relevées pour les gaz d'échappement dilués sur un moteur à 4 temps à allumage commandé

En ce qui concerne les données expérimentales (tableau 18), on effectue les calculs d'abord pour le mode n° 1 puis on les étend aux autres modes d'essai en utilisant la même procédure.

Tableau 18 — Données expérimentales d'un moteur à 4 temps à allumage commandé

Mode		1	2	3	4	5	6
Régime du moteur	min ⁻¹	3 060	3 060	3 060	3 060	3 060	2 100
Puissance	kW	13,15	9,81	6,52	3,25	1,28	0
% de charge	%	100	75	50	25	10	0
Facteurs de pondération	—	0,090	0,200	0,290	0,300	0,070	0,050
Pression barométrique	kPa	980	980	980	980	980	980
Température de l'air d'admission (1)	°C	25,3	25,1	24,5	23,7	23,5	22,6
Humidité relative de l'air d'admission (1)	%	19,8	19,8	20,6	21,5	21,9	23,2
Humidité absolue de l'air d'admission (1)	g _{H2O} /kg _{air}	4,08	4,03	4,05	4,03	4,05	4,06
CO sec	ppm	3 681	3 465	2 541	2 365	3 086	1 817
NO _x humide	ppm	85,4	49,2	24,3	5,8	2,9	1,2
HC humide	ppm C1	91	92	77	78	119	186
CO ₂ sec	% vol.	1,038	0,814	0,649	0,457	0,330	0,208

Mode		1	2	3	4	5	6
CO sec (concentration de fond)	ppm	3	3	3	2	2	3
NO _x humide (concentration de fond)	ppm	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
HC humide (concentration de fond)	ppm C1	6	6	5	6	6	4
CO ₂ sec (concentration de fond)	% vol.	0,042	0,041	0,041	0,040	0,040	0,040
Débit massique des gaz d'échappement dilués G _{TOTW}	kg/h	625,722	627,171	623,549	630,792	627,895	561,267
Rapport H/C du carburant, α	—	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85
Rapport O/C du carburant, β		0	0	0	0	0	0

(¹) Les conditions de l'air de dilution sont égales à celles de l'air d'admission.

2.3.1. Facteur de correction valeur sèche/valeur humide k_w

On calcule le facteur de correction valeur sèche/valeur humide k_w afin de convertir les mesures sèches du CO et du CO₂ en valeurs humides.

Pour les gaz d'échappement dilués:

$$k_w = k_{w,e,2} = \left(\frac{(1 - k_{w1})}{1 + \frac{\alpha \times \% \text{CO}_2 [\text{sec}]}{200}} \right)$$

où:

$$k_{w1} = \frac{1,608 \times [H_d \times (1 - 1/DF) + H_a \times (1/DF)]}{1\,000 + 1,608 \times [H_d \times (1 - 1/DF) + H_a \times (1/DF)]}$$

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

$$DF = \frac{13,4}{1,038 + (3\,681 + 91) \times 10^{-4}} = 9,465$$

$$k_{w1} = \frac{1,608 \times [4,08 \times (1 - 1/9,465) + 4,08 \times (1/9,465)]}{1\,000 + 1,608 \times [4,08 \times (1 - 1/9,465) + 4,08 \times (1/9,465)]} = 0,007$$

$$k_w = k_{w,e,2} = \left(\frac{(1 - 0,007)}{1 + \frac{1,85 \times 1,038}{200}} \right) = 0,984$$

$$\text{CO} [\text{wet}] = \text{CO} [\text{sec}] \times k_w = 3\,681 \times 0,984 = 3\,623 \text{ ppm}$$

$$\text{CO}_2 [\text{wet}] = \text{CO}_2 [\text{sec}] \times k_w = 1,038 \times 0,984 = 1,0219 \%$$

Tableau 19 — Valeurs humides du CO et du CO₂ pour les gaz d'échappement dilués en fonction des modes d'essai

Mode		1	2	3	4	5	6
DF	—	9,465	11,454	14,707	19,100	20,612	32,788
k _{w1}	—	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
k _w	—	0,984	0,986	0,988	0,989	0,991	0,992
CO humide	ppm	3 623	3 417	2 510	2 340	3 057	1 802
CO ₂ humide	%	1,0219	0,8028	0,6412	0,4524	0,3264	0,2066

Pour l'air de dilution:

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

où le facteur k_{w1} est le même que celui déjà calculé pour les gaz d'échappement dilués.

$$k_{w,d} = 1 - 0,007 = 0,993$$

$$\text{CO [hum]} = \text{CO [sec]} \times k_w = 3 \times 0,993 = 3 \text{ ppm}$$

$$\text{CO}_2 \text{ [hum]} = \text{CO}_2 \text{ [sec]} \times k_w = 0,042 \times 0,993 = 0,0421 \text{ \% vol.}$$

Tableau 20 — Valeurs humides du CO et du CO₂ pour l'air de dilution en fonction des modes d'essai

Mode		1	2	3	4	5	6
K _{w1}	—	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
K _w	—	0,993	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994
CO humide	ppm	3	3	3	2	2	3
CO ₂ humide	%	0,0421	0,0405	0,0403	0,0398	0,0394	0,0401

2.3.2. Émissions de HC

$$\text{HC}_{\text{mass}} = u \times \text{conc}_c \times G_{\text{TOTW}}$$

où:

$$u = 0,000478 \text{ d'après le tableau 2}$$

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

$$\text{conc}_c = 91 - 6 \times (1 - 1/9,465) = 86 \text{ ppm}$$

$$\text{HC}_{\text{mass}} = 0,000478 \times 86 \times 625,722 = 25,666 \text{ g/h}$$

Tableau 21 — Émissions de HC [g/h] en fonction des modes d'essai

Mode	1	2	3	4	5	6
HC _{mass}	25,666	25,993	21,607	21,850	34,074	48,963

2.3.3. *Émissions de NO_x*

On doit calculer le facteur K_H pour la correction des émissions de NO_x comme suit:

$$K_H = 0,6272 + 44,030 \times 10^{-3} \times H_a - 0,862 \times 10^{-3} \times H_a^2$$

$$K_H = 0,6272 + 44,030 \times 10^{-3} \times 4,8 - 0,862 \times 10^{-3} \times (4,08)^2 = 0,79$$

Tableau 22 — Facteur de correction d'humidité K_H des émissions de NO_x en fonction des modes d'essai

Mode	1	2	3	4	5	6
K _H	0,793	0,791	0,791	0,790	0,791	0,792

$$NO_{x\text{mass}} = u \times \text{conc}_c \times K_H \times G_{\text{TOTW}}$$

où:

$$u = 0,001587 \text{ d'après le tableau 2}$$

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

$$\text{conc}_c = 85 - 0 \times (1-1/9,465) = 85 \text{ ppm}$$

$$NO_{x\text{mass}} = 0,001587 \times 85 \times 0,79 \times 625,722 = 67,168 \text{ g/h}$$

Tableau 23 — Émissions de NO_x [g/h] en fonction des modes d'essai

Mode	1	2	3	4	5	6
NO _{xmass}	67,168	38,721	19,012	4,621	2,319	0,811

2.3.4. *Émissions de CO*

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

où:

$$u = 0,000966 \text{ d'après le tableau 2}$$

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

$$\text{conc}_c = 3\,622 - 3 \times (1-1/9,465) = 3\,620 \text{ ppm}$$

$$CO_{\text{mass}} = 0,000966 \times 3\,620 \times 625,722 = 2\,188,001 \text{ g/h}$$

Tableau 24 — Émissions de CO [g/h] en fonction des modes d'essai

Mode	1	2	3	4	5	6
CO _{mass}	2 188,001	2 068,760	1 510,187	1 424,792	1 853,109	975,435

2.3.5. Émissions de CO₂

$$\text{CO}_{2\text{mass}} = u \times \text{conc}_c \times G_{\text{TOTW}}$$

où:

$$u = 15,19 \text{ d'après le tableau 2}$$

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

$$\text{conc}_c = 1,0219 - 0,0421 \times (1 - 1/9,465) = 0,9842 \% \text{ vol}$$

$$\text{CO}_{2\text{mass}} = 15,19 \times 0,9842 \times 625,722 = 9\,354,488 \text{ g/h}$$

Tableau 25 — Émissions de CO₂ [g/h] en fonction des modes d'essai

Mode	1	2	3	4	5	6
CO _{2mass}	9 354,488	7 295,794	5 717,531	3 973,503	2 756,113	1 430,229

2.3.6. Émissions spécifiques

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

$$\text{Gaz considéré} = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Gas}_{\text{mass}_i} \times \text{WF}_i)}{\sum_{i=1}^n (P_i \times \text{WF}_i)}$$

Tableau 26 — Émissions [g/h] et facteurs de pondération en fonction des modes d'essai

Mode		1	2	3	4	5	6
HC _{mass}	g/h	25,666	25,993	21,607	21,850	34,074	48,963
NO _{xmass}	g/h	67,168	38,721	19,012	4,621	2,319	0,811
CO _{mass}	g/h	2 188,001	2 068,760	1 510,187	1 424,792	1 853,109	975,435
CO _{2mass}	g/h	9 354,488	7 295,794	5 717,531	3 973,503	2 756,113	1 430,229
Puissance P _i	kW	13,15	9,81	6,52	3,25	1,28	0
Facteurs de pondération WF _i	—	0,090	0,200	0,290	0,300	0,070	0,050

$$\text{HC} = \frac{25,666 \times 0,090 + 25,993 \times 0,200 + 21,607 \times 0,290 + 21,850 \times 0,300 + 34,074 \times 0,070 + 48,963 \times 0,050}{13,15 \times 0,090 + 9,81 \times 0,200 + 6,52 \times 0,290 + 3,25 \times 0,300 + 1,28 \times 0,070 + 0 \times 0,050} = 4,12 \text{ g/kWh}$$

$$\text{NO}_x = \frac{67,168 \times 0,090 + 38,721 \times 0,200 + 19,012 \times 0,290 + 4,621 \times 0,300 + 2,319 \times 0,070 + 0,811 \times 0,050}{13,15 \times 0,090 + 9,81 \times 0,200 + 6,52 \times 0,290 + 3,25 \times 0,300 + 1,28 \times 0,070 + 0 \times 0,050} = 3,42 \text{ g/kWh}$$

$$\text{CO} = \frac{2\,188,001 \times 0,09 + 2\,068,760 \times 0,2 + 1\,510,187 \times 0,29 + 1\,424,792 \times 0,3 + 1\,853,109 \times 0,07 + 975,435 \times 0,05}{13,15 \times 0,090 + 9,81 \times 0,200 + 6,52 \times 0,290 + 3,25 \times 0,300 + 1,28 \times 0,070 + 0 \times 0,050} = 271,15 \text{ g/kWh}$$

$$\text{CO}_2 = \frac{9\,354,488 \times 0,09 + 7\,295,794 \times 0,2 + 5\,717,531 \times 0,29 + 3\,973,503 \times 0,3 + 2\,756,113 \times 0,07 + 1\,430,229 \times 0,05}{13,15 \times 0,090 + 9,81 \times 0,200 + 6,52 \times 0,290 + 3,25 \times 0,300 + 1,28 \times 0,070 + 0 \times 0,050} = 887,53 \text{ g/kWh}$$

Appendice 4

1. RESPECT DES NORMES D'ÉMISSIONS

Le présent appendice s'applique uniquement aux moteurs à allumage commandé, à partir de la phase II.

- 1.1. Les normes d'émissions de gaz d'échappement pour les moteurs de la phase II, fixées à l'annexe I, point 4.2, s'appliquent aux émissions des moteurs pendant leur période de durabilité des caractéristiques d'émissions (PDCE), déterminée conformément au présent appendice.
- 1.2. Pour tous les moteurs de la phase II, si, lorsqu'ils sont soumis aux essais de manière appropriée conformément aux procédures prévues dans la présente directive, tous les moteurs d'essai représentant une famille de moteurs ont des émissions qui, une fois corrigées par multiplication par le facteur de détérioration (DF) prévu dans le présent appendice, sont inférieures ou égales à chaque norme d'émissions de la phase II [limite d'émissions par famille (FEL) le cas échéant] pour une classe de moteurs donnée, cette famille est reconnue conforme aux normes d'émissions pour cette classe de moteurs. Si un moteur d'essai représentant une famille de moteurs présente des émissions qui, une fois corrigées par multiplication par le facteur de détérioration prévu dans le présent appendice, sont supérieures à toute norme d'émissions (FEL le cas échéant) pour une classe de moteurs donnée, cette famille est considérée comme n'étant pas conforme aux normes d'émissions pour cette classe de moteurs.
- 1.3. Un constructeur de moteurs en petites séries peut, à titre optionnel, adopter les facteurs de détérioration figurant dans les tableaux 1 ou 2 du présent point pour les HC + NO_x et le CO, ou calculer des facteurs de détérioration pour ces deux catégories de polluants en suivant la procédure décrite au point 1.3.1. Pour les technologies non prises en compte dans les tableaux 1 et 2 du présent point, le constructeur doit utiliser la procédure décrite au point 1.4 du présent appendice.

Tableau 1: moteurs portatifs — émissions de HC + NO_x et de CO — facteurs de détérioration préétablis pour les constructeurs de moteurs en petites séries

Classe de moteurs	Moteurs 2 temps		Moteurs 4 temps		Moteurs avec dispositif de post-traitement
	HC + NO _x	CO	HC + NO _x	CO	
SH:1	1,1	1,1	1,5	1,1	DF à calculer à l'aide de la formule figurant au point 1.3.1
SH:2	1,1	1,1	1,5	1,1	
SH:3	1,1	1,1	1,5	1,1	

Tableau 2: moteurs non portatifs — émissions de HC + NO_x et de CO — facteurs de détérioration préétablis pour les constructeurs de moteurs en petites séries

Classe de moteurs	Moteurs à soupapes latérales		Moteurs à soupapes en tête		Moteurs avec dispositif de post-traitement
	HC + NO _x	CO	HC + NO _x	CO	
SN:1	2,1	1,1	1,5	1,1	DF à calculer à l'aide de la formule figurant au point 1.3.1
SN:2	2,1	1,1	1,5	1,1	
SN:3	2,1	1,1	1,5	1,1	
SN:4	1,6	1,1	1,4	1,1	

1.3.1. Formule de calcul des facteurs de détérioration pour les moteurs avec dispositif de post-traitement:

$$DF = [(NE * EDF) - (CC * F)] / (NE - CC)$$

où:

DF = facteur de détérioration

NE = niveaux d'émissions des moteurs neufs en amont du catalyseur (en g/kWh)

EDF = facteur de détérioration pour les moteurs sans catalyseur tel qu'il figure au tableau 1

CC = quantité convertie à l'heure zéro en g/kWh

F = 0,8 pour les HC et 0,0 pour les NO_x pour toutes les classes de moteurs

F = 0,8 pour le CO pour toutes les classes de moteurs

1.4. Les constructeurs choisissent un DF préétabli ou calculent un DF, selon le cas, pour chaque polluant réglementé, pour toutes les familles de moteurs de la phase II. Ces DF sont utilisés pour les essais de réception par type et les essais des chaînes de production.

1.4.1. Pour les moteurs qui n'utilisent pas de DF préétablis figurant dans les tableaux 1 ou 2 du présent point, les DF sont déterminés de la manière suivante:

1.4.1.1. Sur au moins un moteur d'essai représentant la configuration choisie comme étant le plus susceptible de dépasser les normes d'émissions fixées pour les HC + NO_x (ou la FEL le cas échéant), et construit pour être représentatif des moteurs produits, on applique la totalité de la procédure d'essais en matière d'émissions décrite dans la présente directive, après le nombre d'heures nécessaire pour stabiliser les émissions.

1.4.1.2. Si plusieurs moteurs sont soumis aux essais, on fait la moyenne des résultats et on l'arrondit au même nombre de décimales que celui figurant dans la norme applicable, avec un chiffre significatif supplémentaire.

1.4.1.3. On répète ces essais relatifs aux émissions après vieillissement du moteur. La procédure de vieillissement doit être conçue pour permettre au constructeur de prévoir correctement la détérioration des caractéristiques d'émissions en service attendue sur la période de durabilité du moteur, en tenant compte du type d'usure et d'autres mécanismes de détérioration escomptés dans des conditions d'utilisation typiques qui pourraient affecter les performances en matière d'émissions. Si plusieurs moteurs sont soumis aux essais, on fait la moyenne des résultats et on l'arrondit au même nombre de décimales que celui figurant dans la norme applicable, avec un chiffre significatif supplémentaire.

1.4.1.4. On divise les émissions enregistrées à la fin de la période de durabilité (émissions moyennes, le cas échéant) pour chaque polluant réglementé par les émissions stabilisées (émissions moyennes, le cas échéant) et on arrondit à deux chiffres significatifs. Le nombre résultant de cette opération est le DF, sauf s'il est inférieur à 1,00 auquel cas le DF est 1,0.

1.4.1.5. Au choix du constructeur, des points d'essais supplémentaires peuvent être programmés entre le point d'essai des émissions stabilisées et les essais pratiqués à la fin de la période de durabilité des caractéristiques d'émissions. Si des essais intermédiaires sont programmés, les points d'essais doivent être répartis régulièrement sur la PDCE (plus ou moins deux heures) et l'un de ces points d'essais doit se situer à la moitié de la PDCE totale (plus ou moins deux heures).

Pour chaque polluant HC + NO_x et CO, on trace une ligne droite entre les points de données, en considérant que les essais initiaux ont lieu à l'heure zéro, et en appliquant la méthode des moindres carrés. Le facteur de détérioration se calcule en divisant les émissions enregistrées à la fin de la période de durabilité par les émissions enregistrées à l'heure zéro.

1.4.1.6. Les facteurs de détérioration peuvent englober d'autres familles que celles sur la base desquelles ils ont été calculés, à condition que le constructeur démontre, à la satisfaction de l'autorité nationale compétente en matière de réception et avant la réception par type, qu'on peut raisonnablement s'attendre à ce que les familles de moteurs en question aient des caractéristiques analogues de détérioration des émissions, en fonction du modèle et de la technologie utilisée.

On trouvera ci-dessous une liste non exhaustive de regroupements en fonction du modèle et de la technologie:

- moteurs deux temps classiques sans système de post-traitement,
- moteurs deux temps classiques avec catalyseur céramique du même matériau actif et de même charge, avec le même nombre d'alvéoles par cm²,
- moteurs deux temps classiques avec catalyseur céramique du même matériau actif et de même charge, avec le même nombre d'alvéoles par cm²,
- moteurs deux temps équipés d'un système de balayage stratifié,
- moteurs quatre temps avec catalyseur (tel que défini ci-dessus) utilisant la même technologie de soupapes et un système de lubrification identique,
- moteurs quatre temps sans catalyseur, utilisant la même technologie de soupapes et un système de lubrification identique.

2. PÉRIODES DE DURABILITÉ DES CARACTÉRISTIQUES D'ÉMISSIONS POUR LES MOTEURS DE LA PHASE II

2.1. Le constructeur déclare la catégorie de PDCE applicable à chaque famille de moteurs lors de la réception par type. Cette catégorie est celle qui se rapproche le plus de la durée de vie utile prévue pour l'équipement sur lequel le moteur doit être monté, d'après le constructeur du moteur. Le constructeur conserve les données appropriées justifiant le choix de la catégorie de PDCE pour chaque famille de moteurs. Ces données sont communiquées sur demande à l'autorité compétente en matière de réception.

2.1.1. Pour les moteurs portatifs: le constructeur choisit une catégorie de PDCE dans le tableau 1.

Tableau 1: catégories de PDCE pour les moteurs portatifs (en heures)

Catégorie	1	2	3
Classe SH:1	50	125	300
Classe SH:2	50	125	300
Classe SH:3	50	125	300

2.1.2. Pour les moteurs non portatifs: le constructeur choisit une catégorie de PDCE dans le tableau 2.

Tableau 1: catégories de PDCE pour les moteurs non portatifs (en heures)

Catégorie	1	2	3
Classe SN:1	50	125	300
Classe SN:2	125	250	500
Classe SN:3	125	250	500
Classe SN:4	250	500	1 000

2.1.3. Le constructeur doit démontrer, à la satisfaction de l'autorité compétente en matière de réception, que la durée de vie utile déclarée est appropriée. Les données servant à étayer le choix, par le constructeur, d'une catégorie de PDCE pour une famille de moteurs donnée peuvent comprendre, sans que cette liste soit exhaustive:

- des enquêtes sur la durée de vie des équipements sur lesquels les moteurs en question sont installés,
- des évaluations techniques de moteurs vieillissés par utilisation normale, afin d'établir le moment où les performances des moteurs se détériorent au point que leur utilité et/ou leur fiabilité est atteinte à un degré suffisant pour nécessiter une révision ou un remplacement,

- des déclarations de garantie et des périodes de garantie,
- des documents à caractère commercial concernant la durée de vie des moteurs,
- des rapports de pannes provenant des clients,
- des évaluations techniques de la durabilité, en heures, de technologies de moteurs spécifiques, de matériaux pour moteurs ou de modèles de moteurs.»

5. L'annexe IV actuelle est renumérotée «annexe V» et est modifiée comme suit.

Les titres actuels sont remplacés par les titres et le chapeau suivants.

«CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DU CARBURANT DE RÉFÉRENCE À UTILISER POUR LES ESSAIS DE RÉCEPTION ET POUR VÉRIFIER LA CONFORMITÉ DE LA PRODUCTION

ENGINS MOBILES NON ROUTIERS, CARBURANT DE RÉFÉRENCE POUR LES MOTEURS À ALLUMAGE PAR COMPRESSION (1)»

Dans le tableau, à la ligne concernant la neutralisation, le mot «minimum» dans la colonne est remplacé par le mot «maximum». Le tableau et les notes de bas de page suivants sont ajoutés:

«ENGINS MOBILES NON ROUTIERS, CARBURANT DE RÉFÉRENCE POUR LES MOTEURS À ALLUMAGE COMMANDÉ

Remarque: Le carburant pour les moteurs à deux temps est un mélange d'huile lubrifiante et de l'essence spécifiée ci-dessous. Le rapport de mélange carburant/huile doit être celui préconisé par le constructeur, comme indiqué à l'annexe IV, point 2.7.

Paramètre	Unité	Limites ⁽¹⁾		Méthode d'essai	Publication
		Minimum	Maximum		
Indice d'octane recherche, RON		95,0	—	EN 25164	1993
Indice d'octane moteur, MON		85,0	—	EN 25163	1993
Masse volumique à 15 °C	kg/m ₃	748	762	ISO 3675	1995
Tension de vapeur Reid	kPa	56,0	60,0	EN 12	1993
Distillation			—		
Point initial d'ébullition	°C	24	40	EN-ISO 3405	1988
— Évaporation à 100 °C	vol. %	49,0	57,0	EN-ISO 3405	1988
— Évaporation à 150 °C	vol. %	81,0	87,0	EN-ISO 3405	1988
— Point final d'ébullition	°C	190	215	EN-ISO 3405	1988
Résidus	%	—	2	EN-ISO 3405	1988
Composition en hydrocarbures:	—				—
— Oléfines	vol. %	—	10	ASTM D 1319	1995
— Aromatiques	vol. %	28,0	40,0	ASTM D 1319	1995
— Benzène	vol. %	—	1,0	EN 12177	1998
— Composés saturés	vol. %	—	complém.	ASTM D 1319	1995
Rapport carbone/hydrogène		rapport	rapport		
Stabilité à l'oxydation ⁽²⁾	min	480	—	EN-ISO 7536	1996
Teneur en oxygène	masse %	—	2,3	EN 1601	1997

Paramètre	Unité	Limites ⁽¹⁾		Méthode d'essai	Publication
		Minimum	Maximum		
Gomme actuelle	mg/ml	—	0,04	EN-ISO 6246	1997
Teneur en soufre	mg/kg	—	100	EN-ISO 14596	1998
Corrosion lame de cuivre à 50 °C		—	1	EN-ISO 2160	1995
Teneur en plomb	g/l	—	0,005	EN 237	1996
Teneur en phosphore	g/l	—	0,0013	ASTM D 3231	1994

Note 1: Les valeurs indiquées dans la spécification sont des “valeurs vraies”. Pour établir leurs valeurs limites, les conditions de l'ISO 4259, “Produits pétroliers — Détermination et application des valeurs de fidélité relatives aux méthodes d'essai” ont été appliquées. Pour fixer une valeur minimale, une différence minimale de 2R au-dessus de zéro a été prise en compte; pour fixer une valeur maximale et minimale, la différence minimale est de 4R (R = reproductibilité). Nonobstant ces déterminations, qui sont nécessaires pour des raisons statistiques, le fournisseur des carburants doit viser une valeur nulle lorsque la valeur maximale stipulée est 2R et viser la valeur moyenne lorsque les limites maximale et minimale sont citées. Dans le cas où il faudrait clarifier la question de la conformité d'un carburant aux exigences des spécifications, les conditions de l'ISO 4259 s'appliqueront.

Note 2: Le carburant peut contenir des inhibiteurs d'oxydation et des inhibiteurs de catalyse métallique normalement utilisés pour stabiliser les circuits d'essence dans les raffineries mais les ajouts d'additifs détergents/dispersants et d'huiles solvantes ne sont pas autorisés.»

6. L'annexe V est renumérotée annexe VI.
7. L'annexe VI est renumérotée annexe VII et est modifiée comme suit.
 - a) L'appendice 1 est modifié comme suit:

— le titre est remplacé par le texte suivant:

«Appendice 1

RÉSULTATS DES ESSAIS POUR LES MOTEURS À ALLUMAGE PAR COMPRESSION»

— le point 1.3.2 est remplacé par le texte suivant:

«1.3.2. Puissance absorbée aux régimes indiqués du moteur (suivant les indications du constructeur)

Équipement	Puissance P_{AE} (kW) absorbée aux différents régimes du moteur (*) en prenant en compte l'appendice 3 de la présente annexe	
	Régime intermédiaire (si applicable)	Régime nominal
Total		

(*) Ne doit pas excéder 10 % de la puissance mesurée lors des essais.»

— le point 1.4.2 est remplacé par le texte suivant:

«1.4.2. **Puissance du moteur (*)**

Condition	Réglage de la puissance (kW) aux différents régimes du moteur	
	Régime intermédiaire (si applicable)	Régime nominal
Puissance maximale mesurée lors des essais (P_M) (kW) (a)		
Puissance totale absorbée par les équipements entraînés par le moteur, suivant le point 1.3.2 du présent appendice ou suivant le point 2.8 de l'annexe III (P_{AE}) (kW) (b)		
Puissance nette du moteur telle qu'indiquée à l'annexe I, point 2.4 (kW) (c)		
$c = a + b$		

(*) Puissance non corrigée mesurée conformément aux dispositions de l'annexe I, point 2.4.»

— le point 1.5 est modifié comme suit:

«1.5. **Niveaux des émissions**

1.5.1. *Réglages du dynamomètre (kW)*

Taux de charge	Réglage du dynamomètre (kW) aux différents régimes du moteur	
	Régime intermédiaire (si applicable)	Régime nominal
10 % (si applicable)		
25 % (si applicable)		
50 %		
75 %		
100 %		

1.5.2. Résultats obtenus pour les émissions sur le cycle d'essai:»

b) L'appendice suivant est ajouté:

«Appendice 2

RÉSULTATS DES ESSAIS POUR LES MOTEURS À ALLUMAGE COMMANDÉ

1. INFORMATIONS CONCERNANT LA CONDUITE DU OU DES ESSAIS (*):

1.1. **Carburant de référence utilisé pour les essais**

1.1.1. Indice d'octane

1.1.2. Indiquer le pourcentage d'huile dans le mélange si lubrifiant et carburant sont mélangés, comme c'est le cas pour les moteurs à 2 temps

1.1.3. Masse volumique de l'essence pour les moteurs à 4 temps ou du mélange essence/huile pour les moteurs à 2 temps

(*) Dans le cas de plusieurs moteurs pères, ces informations doivent être données pour chacun d'eux.

1.2. **Lubrifiant**

1.2.1. Marque(s)

1.2.2. Type(s)

1.3. **Équipements entraînés par le moteur (le cas échéant)**

1.3.1. Énumération et caractères distinctifs

1.3.2. Puissance absorbée aux régimes indiqués du moteur (suivant les indications du constructeur)

Équipement	Puissance P_{AE} (kW) absorbée aux différents régimes du moteur (*) en prenant en compte l'appendice 3 de la présente annexe	
	Régime intermédiaire (si applicable)	Régime nominal
Total		

(*) Ne doit pas excéder 10 % de la puissance mesurée lors des essais.

1.4. **Performances du moteur**

1.4.1. Régimes du moteur

Ralent: m^{-1} Régime intermédiaire: m^{-1} Régime nominal: m^{-1}

1.4.2. Puissance du moteur (*)

Condition	Réglage de la puissance (kW) aux différents régimes du moteur	
	Régime intermédiaire (si applicable)	Régime nominal
Puissance maximale mesurée lors des essais (P_M) (kW) (a)		
Puissance totale absorbée par les équipements entraînés par le moteur, suivant le point 1.3.2 du présent appendice ou le point 2.8 de l'annexe III (P_{AE}) (kW) (b)		
Puissance nette du moteur suivant le point 2.4 de l'annexe I (kW) (c)		
$c = a + b$		

(*) Puissance non corrigée mesurée conformément aux dispositions du point 2.4 de l'annexe I.

1.5. Niveaux d'émissions

1.5.1. Réglages du dynamomètre (kW)

Taux de charge	Réglages du dynamomètre (kW) aux différents régimes du moteur	
	Régime intermédiaire (si applicable)	Régime nominal
10 % (si applicable)		
25 % (si applicable)		
50 %		
75 %		
100 %		

1.5.2. Résultats obtenus pour les émissions sur le cycle d'essai:

CO: g/kWh

HC: g/kWh

NO_x: g/kWh».

c) L'appendice suivant est ajouté:

«Appendice 3

ÉQUIPEMENTS ET AUXILIAIRES À INSTALLER POUR L'ESSAI DE DÉTERMINATION DE LA PUISSANCE DU MOTEUR

Numéro	Équipements et auxiliaires	À installer pour l'essai d'émissions
1	Système d'admission Collecteurs d'admission Prise de recyclage des gaz de carter Dispositifs de commande pour systèmes à double collecteur d'admission Débitmètre d'air Gains d'amenée d'air Filtre à air Silencieux d'admission Limiteur de vitesse	Oui, équipement de série Oui, équipement de série Oui, équipement de série Oui, équipement de série Oui ^(a) Oui ^(a) Oui ^(a) Oui ^(a)
2	Dispositif de chauffage par induction du collecteur d'admission	Oui, équipement de série. À placer si possible dans les conditions les plus favorables
3	Système d'échappement Épurateur d'échappement Collecteur d'échappement Tuyauterie Silencieux Tuyau d'échappement Ralentisseur sur échappement Dispositif de suralimentation	Oui, équipement de série Oui, équipement de série Oui ^(b) Oui ^(b) Oui ^(b) Non ^(c) Oui, équipement de série

Numéro	Équipements et auxiliaires	À installer pour l'essai d'émissions
4	Pompe d'alimentation en carburant	Oui, équipement de série ^(d)
5	Équipement de carburation Carburateur Système de réglage électronique, débitmètre d'air, etc. Auxiliaires pour moteurs à gaz Détendeur Évaporateur Mélangeur	Oui, équipement de série Oui, équipement de série Oui, équipement de série Oui, équipement de série Oui, équipement de série Oui, équipement de série
6	Équipement d'injection de carburant (essence et diesel) Préfiltre Filter Pompe Tubulure haute pression Injecteur Papillon d'air Système de réglage électronique, débitmètre d'air, etc. Régulateur/système de commande Butée automatique de pleine charge de la crémaillère en fonction des conditions atmosphériques	Oui, équipement de série ou équipement du banc Oui, équipement de série ou équipement du banc Oui, équipement de série Oui, équipement de série Oui, équipement de série Oui, équipement de série ^(e) Oui, équipement de série Oui, équipement de série Oui, équipement de série
7	Équipement de refroidissement par liquide Radiateur Ventilateur Carénage du ventilateur Pompe à eau Thermostat	Non Non Non Oui, équipement de série ^(f) Oui, équipement de série ^(g)
8	Refroidissement par air Carénage Ventilateur ou soufflante Dispositif de réglage de la température	Non ^(h) Non ^(h) Non
9	Équipement électrique Générateur Système distributeur d'allumage Bobine ou bobines Câblage Bougies Système de réglage électronique y compris système détecteur de cliquetis/retard à l'allumage	Oui, équipement de série ⁽ⁱ⁾ Oui, équipement de série Oui, équipement de série Oui, équipement de série Oui, équipement de série Oui, équipement de série

Numéro	Équipements et auxiliaires	À installer pour l'essai d'émissions
10	Équipement de suralimentation Compresseur entraîné directement par le moteur et/ou par les gaz d'échappement Refroidisseur intermédiaire Pompe du liquide de refroidissement ou ventilateur (entraînés par le moteur) Dispositif de réglage du débit du liquide de refroidissement	Oui, équipement de série Oui, équipement de série ou équipement du banc ^(f) ^(k) Non ^(h) Oui, équipement de série
11	Ventilateur auxiliaire du banc d'essai	Oui, si nécessaire
12	Dispositifs antipollution	Oui, équipement de série ^(l)
13	Équipement de démarrage	Équipement du banc
14	Pompe d'huile de graissage	Oui, équipement de série

^(a) Le système d'admission complet prévu pour l'application considérée doit être utilisé:

s'il risque d'avoir une influence notable sur la puissance du moteur, dans le cas des moteurs à allumage commandé à aspiration atmosphérique, si le constructeur le demande.

Dans les autres cas, un système équivalent peut être utilisé et il doit être vérifié que la pression d'admission ne diffère pas de plus de 100 Pa de la valeur limite supérieure fixée par le constructeur pour un filtre à air propre.

^(b) Le système d'échappement complet doit être installé comme prévu pour l'application considérée:

s'il risque d'avoir une influence notable sur la puissance du moteur, dans le cas des moteurs à allumage commandé à aspiration atmosphérique, si le constructeur le demande.

Dans les autres cas, un système équivalent peut être installé à condition que la pression mesurée ne s'écarte pas de plus de 1 000 Pa de la limite supérieure spécifiée par le constructeur.

^(c) S'il existe un ralentissement d'échappement incorporé au moteur, le volet du ralentisseur est fixé en position de pleine ouverture.

^(d) La pression d'alimentation en carburant peut être ajustée, si nécessaire, afin de reproduire la pression existant dans l'application considérée (en particulier quand un système à retour de carburant est utilisé).

^(e) Le volet d'admission d'air est le volet de commande du régulateur pneumatique de la pompe d'injection. Le régulateur ou le système d'injection peuvent contenir d'autres dispositifs qui peuvent influencer sur la quantité de carburant injectée.

^(f) La circulation du liquide de refroidissement doit être engendrée uniquement par la pompe à eau du moteur. Le refroidissement du liquide peut se faire par un circuit extérieur, de telle manière que la perte de charge de ce circuit et la pression à l'entrée de la pompe restent sensiblement égales à celles du système de refroidissement du moteur.

^(g) Le thermostat peut être fixé dans la position de pleine ouverture.

^(h) Si la soufflante ou le ventilateur de refroidissement restent installés pour l'essai, la puissance absorbée représentée est ajoutée aux résultats, sauf dans le cas des ventilateurs de refroidissement des moteurs à refroidissement par air montés directement sur le vilebrequin. La puissance du ventilateur ou de la soufflante est déterminée aux régimes utilisés pour l'essai, soit par le calcul à partir des caractéristiques standard, soit par des essais pratiques.

⁽ⁱ⁾ Puissance minimale de la génératrice: la génératrice doit fournir la puissance électrique strictement nécessaire à l'alimentation des auxiliaires indispensables au fonctionnement du moteur. S'il est nécessaire qu'une batterie soit raccordée, on devra utiliser une batterie en bon état complètement chargée.

^(j) Les moteurs suralimentés à refroidissement intermédiaire doivent être essayés avec les dispositifs de refroidissement de la charge, qu'ils soient à air ou à liquide. Si le constructeur le préfère, une installation sur banc d'essai peut remplacer le refroidisseur à air. Dans tous les cas, la mesure de puissance à chaque régime doit être effectuée avec la chute de pression maximale et la chute de température minimale de l'air de suralimentation aspiré dans le refroidisseur sur le banc d'essai, telles que spécifiées par le constructeur.

^(k) Ils peuvent inclure, par exemple, systèmes de recyclage des gaz d'échappement, convertisseur catalytique, réacteur thermique, injection d'air secondaire et système anti-évaporation pour le carburant.

^(l) L'énergie nécessaire au système de démarrage électrique ou autre système de démarrage doit être fournie par le banc.»

8. Les annexes VII à X sont renumérotées annexes VIII à XI.
- 9 L'annexe suivante est ajoutée:

«ANNEXE XII

RECONNAISSANCE D'AUTRES MODES DE RÉCEPTION PAR TYPE

1. Les certificats de réception par type décrits ci-après et, le cas échéant, les marques de réception correspondantes sont reconnus comme équivalents à une réception au titre de la présente directive pour les moteurs des catégories A, B et C telles que définies à l'article 9, point 2:
 - 1.1. les certificats de réception délivrés conformément à la directive 2000/25/CE;
 - 1.2. les certificats de réception délivrés conformément à la directive 88/77/CEE, répondant aux prescriptions prévues pour la phase A ou B concernant l'article 2 et l'annexe I, point 6.2.1, de la directive 88/77/CEE telle que modifiée par la directive 91/542/CEE, ou de la série d'amendements *corrigenda* I/2 du règlement 49.02 de la Commission économique (des Nations unies) pour l'Europe;
 - 1.3. les certificats de réception délivrés conformément au règlement de la Commission économique (des Nations unies) pour l'Europe n° 96.
 2. Pour les moteurs des catégories D, E, F et G (phase II) tels que définis à l'article 9, point 3, les certificats de réception par type décrits ci-après et, le cas échéant, les marques de réception correspondantes sont reconnus comme équivalents à une réception au titre de la présente directive:
 - 2.1. les certificats de réception (phase II) délivrés conformément à la directive 2000/25/CE;
 - 2.2. les certificats de réception délivrés conformément à la directive 88/77/CEE, telle que modifiée par la directive 99/96/CE, qui sont conformes à l'une des phases A, B1, B2 ou C prévues à l'article 2 et au point 6.2.1 de l'annexe I;
 - 2.3. la série d'amendements du règlement de la Commission économique (des Nations unies) pour l'Europe n° 49.03;
 - 2.4. les certificats de réception (phase B) délivrés conformément au règlement de la Commission économique (des Nations unies) pour l'Europe n° 96, point 5.2.1, de la série d'amendements 01 de ce règlement.»
-