

I

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

DIRECTIVE 1999/96/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL

du 13 décembre 1999

concernant le rapprochement des législations des États membres relatives aux mesures à prendre contre les émissions de gaz polluants et de particules polluantes provenant des moteurs à allumage par compression destinés à la propulsion des véhicules et les émissions de gaz polluants provenant des moteurs à allumage commandé fonctionnant au gaz naturel ou au gaz de pétrole liquéfié et destinés à la propulsion des véhicules, et modifiant la directive 88/77/CEE du Conseil

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⁾,

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

- (1) considérant qu'il importe d'adopter des mesures dans le cadre du marché intérieur;
- (2) considérant que le premier programme d'action de la Communauté européenne pour la protection de l'environnement ⁽⁴⁾, approuvé par le Conseil le 22 novembre 1973, invite à tenir compte des progrès scientifiques les plus récents dans la lutte contre la pollution atmosphérique provoquée par les gaz provenant des véhicules à moteur et à modifier en conséquence les directives arrêtées précédemment; que le cinquième programme d'action, dont l'approche générale a été approuvée par le Conseil dans sa résolution du 1^{er} février 1993 ⁽⁵⁾, prévoit que des efforts supplémentaires devront être faits pour réduire considérablement le niveau actuel des émissions de polluants provenant des véhicules à moteur;

(3) considérant que l'on s'accorde à reconnaître que le développement des transports dans la Communauté a entraîné des contraintes importantes pour l'environnement; qu'un certain nombre de prévisions officielles concernant l'accroissement de la densité du trafic se sont révélées inférieures aux chiffres réels; que, pour cette raison, des normes d'émission strictes devraient être imposées pour tous les véhicules à moteur;

(4) considérant que la directive 88/77/CEE ⁽⁶⁾ fixe les valeurs limites des émissions de monoxyde de carbone, d'hydrocarbures imbrûlés et d'oxydes d'azote provenant des moteurs Diesel destinés à la propulsion des véhicules sur la base d'une procédure d'essai représentative des conditions de conduite européennes pour les véhicules concernés; que ladite directive a été modifiée une première fois par la directive 91/542/CEE ⁽⁷⁾ qui prévoit deux étapes; que la première étape (1992/1993) coïncide avec les dates de mise en œuvre des nouvelles normes d'émission européennes pour les voitures particulières; que la deuxième étape (1995/1996) définit une orientation à plus long terme pour l'industrie automobile européenne en fixant des valeurs limites fondées sur les performances attendues des technologies en cours de développement, tout en accordant aux industriels un délai leur permettant de perfectionner ces technologies; que la directive 96/1/CE ⁽⁸⁾ exige que, pour les petits moteurs Diesel dont la cylindrée unitaire est inférieure à 0,7 dm³ et le régime nominal supérieur à 3 000 min⁻¹, la valeur limite des émissions de particules fixée dans la directive 91/542/CEE soit plutôt d'application à compter de 1999; qu'il est cependant raisonnable, pour des motifs techniques, de maintenir une différence en matière d'émissions de particules pour les petits moteurs Diesel à grand régime dont la cylindrée unitaire est inférieure à 0,75 dm³ et le régime nominal supérieur à 3 000 min⁻¹, mais de supprimer cette différence en 2005;

(5) considérant que, selon l'article 5, paragraphe 3, de la directive 91/542/CEE, il incombe à la Commission de rendre compte au Conseil, avant la fin de 1996, des

⁽¹⁾ JO C 173 du 8.6.1998, p. 1, et JO C 43 du 17.2.1999, p. 25.

⁽²⁾ JO C 407 du 28.12.1998, p. 27.

⁽³⁾ Avis du Parlement européen du 21 octobre 1998 (JO C 341 du 9.11.1998, p. 74), position commune du Conseil du 22 avril 1999 (JO C 296 du 15.10.1999, p. 1) et décision du Parlement européen du 16 novembre 1999.

⁽⁴⁾ JO C 112 du 20.12.1973, p. 1.

⁽⁵⁾ JO C 138 du 17.5.1993, p. 1.

⁽⁶⁾ JO L 36 du 9.2.1988, p. 33.

⁽⁷⁾ JO L 295 du 25.10.1991, p. 1.

⁽⁸⁾ JO L 40 du 17.2.1996, p. 1.

progrès accomplis dans la révision des valeurs limites des émissions polluantes combinées, au besoin, avec une révision de la procédure d'essai; que ces limites révisées ne seront pas applicables aux nouvelles réceptions avant le 1^{er} octobre 1999;

- (6) considérant que la Commission a mis en œuvre un programme européen sur la qualité de l'air, les émissions produites par le trafic routier, les carburants et les techniques des moteurs, intitulé «programme Auto-Oil», afin de satisfaire aux exigences de l'article 4 de la directive 94/12/CE⁽¹⁾; qu'une étude des aspects coûts/efficacité réalisée dans le cadre du programme Auto-Oil a montré qu'une amélioration supplémentaire des techniques des moteurs Diesel destinés aux véhicules lourds était nécessaire pour atteindre en l'an 2010 les objectifs de qualité d'air décrits dans la communication de la Commission sur le programme Auto-Oil;
- (7) considérant qu'un renforcement des exigences imposées aux nouveaux moteurs Diesel par la directive 88/77/CEE fait partie d'une stratégie communautaire globale qui comprend aussi la révision des normes applicables aux véhicules utilitaires légers et aux voitures particulières à partir de l'an 2000, une amélioration des carburants et une évaluation plus précise des émissions des véhicules en circulation;
- (8) considérant que la directive 88/77/CEE est l'une des directives particulières de la procédure de réception instituée par la directive 70/156/CEE du Conseil du 6 février 1970 concernant le rapprochement des législations des États membres relatives à la réception des véhicules à moteur et de leurs remorques⁽²⁾; que l'objectif de réduction du niveau des émissions polluantes des véhicules à moteur ne peut être atteint de manière satisfaisante par chaque État membre individuellement, mais qu'il peut être réalisé plus efficacement par le rapprochement des législations des États membres relatives aux mesures à prendre contre la pollution de l'air provenant des véhicules à moteur;
- (9) considérant que des réductions des limites fixées pour les émissions applicables à partir de l'an 2000 correspondant à des diminutions de 30 % des émissions de monoxyde de carbone, du total des hydrocarbures, d'oxyde d'azote et de particules ont été identifiées par le programme Auto-Oil comme des mesures clés pour atteindre une qualité de l'air à moyen terme satisfaisante; qu'une réduction de 30 % de l'opacité des fumées d'échappement par rapport à celle mesurée sur les types de moteur actuels et complétant la directive 72/306/CEE du Conseil⁽³⁾ contribuera à réduire les émissions de particules; que des réductions supplémentaires des limites d'émissions, applicables à partir de 2005, de 30 % pour le monoxyde de carbone, le total des hydrocarbures et l'oxyde d'azote, et de 80 % pour les particules, contribueront largement à améliorer la qualité de l'air à moyen terme; que ces réductions tiendront compte de

l'incidence sur les émissions des nouveaux cycles d'essais qui représentent mieux les schémas de conduite des véhicules en circulation; que la nouvelle valeur limite pour l'oxyde d'azote, applicable à compter de l'année 2008, entraînera une nouvelle réduction de 43 % de la limite d'émission de ce polluant; qu'à la fin de l'année 2002 au plus tard, la Commission doit, dans un rapport au Parlement européen et au Conseil, accompagné, le cas échéant, de propositions appropriées, examiner la technologie disponible en vue de confirmer la norme obligatoirement applicable pour l'oxyde d'azote en 2008;

- (10) considérant que sont introduites des valeurs limites d'émissions à caractère facultatif qui sont applicables aux véhicules définis comme «véhicules plus respectueux de l'environnement» (EEV);
- (11) considérant que les systèmes de diagnostic embarqués (OBD) ne sont pas tout à fait au point en ce qui concerne les véhicules lourds et doivent être introduits à partir de l'année 2005 afin de permettre la détection rapide de tout dysfonctionnement de l'équipement anti-pollution des véhicules et, partant, d'améliorer considérablement le maintien du niveau initial d'émissions sur les véhicules en circulation en améliorant le contrôle et l'entretien des véhicules; que des exigences spécifiques en matière de durée de vie des nouveaux moteurs de véhicules lourds et de contrôle de conformité des véhicules lourds en circulation devraient être introduites à partir de 2005;
- (12) considérant que de nouveaux cycles d'essai de réception sont mis en place pour les émissions de gaz et de particules et l'opacité des fumées en vue de permettre une évaluation plus représentative des émissions de moteurs Diesel dans des conditions d'essai plus proches de celles rencontrées par les véhicules en circulation; qu'une nouvelle procédure d'essai combinée (à deux cycles) est instaurée pour les moteurs Diesel traditionnels et les moteurs Diesel équipés de catalyseurs d'oxydation; qu'une nouvelle procédure d'essai combinée (à deux cycles) est introduite pour les moteurs fonctionnant au gaz et, en outre, pour les moteurs Diesel équipés de systèmes avancés de contrôle des émissions; que, à partir de 2005, tous les moteurs Diesel devront faire l'objet d'essais dans le cadre des deux cycles d'essai applicables; que la Commission contrôlera les progrès réalisés dans les négociations en vue de l'instauration d'une procédure d'essai harmonisée au niveau mondial;
- (13) considérant qu'il convient de permettre aux États membres d'encourager la mise sur le marché de véhicules satisfaisant aux prescriptions adoptées au niveau communautaire par l'octroi d'incitations fiscales qui doivent être conformes aux dispositions du traité et répondre à certaines conditions destinées à éviter des distorsions du marché intérieur; que les dispositions de la présente directive n'affectent pas le droit des États membres d'inclure les émissions de polluants et d'autres substances dans la base de calcul des taxes de circulation des véhicules à moteur;

⁽¹⁾ JO L 100 du 19.4.1994, p. 42.

⁽²⁾ JO L 42 du 23.2.1970, p. 1. Directive modifiée en dernier lieu par la directive 98/91/CE du Parlement européen et du Conseil (JO L 11 du 16.1.1999, p. 25).

⁽³⁾ JO L 190 du 20.8.1972, p. 1. Directive modifiée en dernier lieu par la directive 97/20/CE (JO L 125 du 16.5.1997, p. 21).

- (14) considérant que les résultats des recherches en cours sur les caractéristiques des particules devraient être pris en considération lors du développement de la législation communautaire relative aux émissions des véhicules à moteur;
- (15) considérant que la Commission devra rendre compte, avant le 31 décembre 2000, de l'évolution des équipements de contrôle des émissions destinés aux véhicules lourds à moteur Diesel et des liens avec la qualité des carburants, de la nécessité d'améliorer la précision et la reproductibilité des mesures d'émissions de particules et des procédures d'échantillonnage ainsi que de la mise au point d'un cycle d'essais harmonisé au niveau mondial;
- (16) considérant qu'il convient de modifier la directive 88/77/CEE en conséquence,

ONT ARRÊTÉ LA PRÉSENTE DIRECTIVE:

Article premier

La directive 88/77/CEE est modifiée comme suit:

- 1) Le titre est remplacé par le texte suivant:

«Directive 88/77/CEE du Conseil du 3 décembre 1987 concernant le rapprochement des législations des États membres relatives aux mesures à prendre contre les émissions de gaz polluants et de particules polluantes provenant des moteurs à allumage par compression destinés à la propulsion des véhicules et les émissions de gaz polluants provenant des moteurs à allumage commandé fonctionnant au gaz naturel ou au gaz de pétrole liquéfié et destinés à la propulsion des véhicules».

- 2) L'article 1^{er} est remplacé par le texte suivant:

«Article premier

Aux fins de la présente directive, on entend par:

- "véhicule", tout véhicule tel que défini à l'annexe II, partie A, de la directive 70/156/CEE et propulsé par un moteur à allumage par compression ou un moteur à gaz, à l'exception des véhicules de la catégorie M 1 dont la masse en charge maximale techniquement admissible est égale ou inférieure à 3,5 tonnes,
- "moteur à allumage par compression ou moteur à gaz", la source de propulsion motrice d'un véhicule qui peut faire l'objet d'une réception en tant qu'entité technique distincte au sens de l'article 2 de la directive 70/156/CEE,
- "EEV", un véhicule plus respectueux de l'environnement, c'est-à-dire un véhicule propulsé par un moteur qui respecte les valeurs limites d'émissions à caractère facultatif indiquées à la ligne C des tableaux figurant au point 6.2.1 de l'annexe I.»

- 3) Les annexes I à VIII sont remplacées par les annexes I à VII figurant à l'annexe de la présente directive.

Article 2

1. À partir du 1^{er} juillet 2000, les États membres ne peuvent, pour des motifs concernant les émissions de gaz polluants et de particules polluantes ainsi que l'opacité des émissions de fumées provenant d'un moteur:

- ni refuser la réception CE, la délivrance du document prévu à l'article 10, paragraphe 1, dernier tiret, de la directive 70/156/CEE ou la réception de portée nationale pour un type de véhicule propulsé par un moteur à allumage par compression ou un moteur à gaz,
- ni interdire l'immatriculation, la vente, la mise en service ou l'utilisation de véhicules neufs de ce type,
- ni refuser la réception CE pour un type de moteur à allumage par compression ou de moteur à gaz,
- ni interdire la vente ou l'utilisation de moteurs à allumage par compression ou de moteurs à gaz neufs,

s'ils satisfont aux exigences appropriées énoncées dans les annexes de la directive 88/77/CEE, telle que modifiée par la présente directive, notamment lorsque les émissions de gaz polluants et de particules polluantes et l'opacité des fumées provenant du moteur sont conformes aux valeurs limites indiquées soit à la ligne A soit aux lignes B 1 ou B 2 ou aux valeurs limites indiquées à la ligne C des tableaux figurant au point 6.2.1 de l'annexe I de la directive 88/77/CEE, telle que modifiée par la présente directive.

2. À partir du 1^{er} octobre 2000, les États membres:

- ne peuvent plus accorder la réception CE ou délivrer le document prévu à l'article 10, paragraphe 1, dernier tiret, de la directive 70/156/CEE

et

- refusent la réception de portée nationale

pour des types de moteurs à allumage par compression ou de moteurs à gaz et des types de véhicules propulsés par un moteur à allumage par compression ou un moteur à gaz lorsque les émissions de gaz polluants et de particules polluantes et l'opacité des fumées provenant du moteur ne sont pas conformes aux valeurs limites indiquées à la ligne A des tableaux figurant au point 6.2.1 de l'annexe I de la directive 88/77/CEE, telle que modifiée par la présente directive.

3. À partir du 1^{er} octobre 2001 et sauf dans le cas des véhicules et moteurs destinés à l'exportation vers les pays tiers et dans le cas des moteurs de rechange pour véhicules en circulation, les États membres:

— ne reconnaissent plus, aux fins de l'article 7, paragraphe 1, de la directive 70/156/CEE, la validité des certificats de conformité qui accompagnent des véhicules ou des moteurs neufs conformément à ladite directive

et

— interdisent l'immatriculation, la vente, la mise en circulation ou l'utilisation de véhicules neufs propulsés par un moteur à allumage par compression ou un moteur à gaz ainsi que la vente et l'utilisation de moteurs à allumage par compression ou de moteurs à gaz neufs

lorsque les émissions de gaz polluants et de particules polluantes et l'opacité des fumées provenant du moteur ne sont pas conformes aux valeurs limites indiquées à la ligne A des tableaux figurant au point 6.2.1 de l'annexe I de la directive 88/77/CEE, telle que modifiée par la présente directive.

4. À partir du 1^{er} octobre 2005, les États membres:

— ne peuvent plus accorder la réception CE ou délivrer le document prévu à l'article 10, paragraphe 1, dernier tiret, de la directive 70/156/CEE

et

— refusent la réception de portée nationale

pour des types de moteurs à allumage par compression ou de moteurs à gaz et des types de véhicules propulsés par un moteur à allumage par compression ou un moteur à gaz lorsque les émissions de gaz polluants et de particules polluantes et l'opacité des fumées provenant du moteur ne sont pas conformes aux valeurs limites indiquées à la ligne B 1 des tableaux figurant au point 6.2.1 de l'annexe I de la directive 88/77/CEE, telle que modifiée par la présente directive.

5. À partir du 1^{er} octobre 2006 et sauf dans le cas des véhicules et moteurs destinés à l'exportation vers les pays tiers et dans le cas des moteurs de rechange pour véhicules en circulation, les États membres:

— ne reconnaissent plus, aux fins de l'article 7, paragraphe 1, de la directive 70/156/CEE, la validité des certificats de conformité qui accompagnent des véhicules ou des moteurs neufs conformément à ladite directive

et

— interdisent l'immatriculation, la vente, la mise en service ou l'utilisation de véhicules neufs propulsés par un moteur à allumage par compression ou un moteur à gaz ainsi que la vente et l'utilisation de moteurs à allumage par compression ou de moteurs à gaz neufs

lorsque les émissions de gaz polluants et de particules polluantes et l'opacité des fumées provenant du moteur ne sont pas conformes aux valeurs limites indiquées à la ligne B 1 des tableaux figurant au point 6.2.1 de l'annexe I de la directive 88/77/CEE, telle que modifiée par la présente directive.

6. À partir du 1^{er} octobre 2008, les États membres:

— ne peuvent plus accorder la réception CE ou délivrer le document prévu à l'article 10, paragraphe 1, dernier tiret, de la directive 70/156/CEE

et

— refusent la réception de portée nationale

pour des types de moteurs à allumage par compression ou de moteurs à gaz et des types de véhicules propulsés par un moteur à allumage par compression ou un moteur à gaz lorsque les émissions de gaz polluants et de particules polluantes et l'opacité des fumées provenant du moteur ne sont pas conformes aux valeurs limites indiquées à la ligne B 2 des tableaux figurant au point 6.2.1 de l'annexe I de la directive 88/77/CEE, telle que modifiée par la présente directive.

7. À partir du 1^{er} octobre 2009 et sauf dans le cas des véhicules et moteurs destinés à l'exportation vers les pays tiers et dans le cas des moteurs de rechange pour véhicules en circulation, les États membres:

— ne reconnaissent plus, aux fins de l'article 7, paragraphe 1, de la directive 70/156/CEE, la validité des certificats de conformité qui accompagnent des véhicules ou des moteurs neufs conformément à ladite directive

et

— interdisent l'immatriculation, la vente, la mise en circulation ou l'utilisation de véhicules neufs propulsés par un moteur à allumage par compression ou un moteur à gaz ainsi que la vente et l'utilisation de moteurs à allumage par compression ou de moteurs à gaz neufs

lorsque les émissions de gaz polluants et de particules polluantes et l'opacité des fumées provenant du moteur ne sont pas conformes aux valeurs limites indiquées à la ligne B 2 des tableaux figurant au point 6.2.1 de l'annexe I de la directive 88/77/CEE, telle que modifiée par la présente directive.

8. Conformément au paragraphe 1, un moteur qui satisfait aux exigences appropriées des annexes de la directive 88/77/CEE, telle que modifiée par la présente directive, et qui respecte les valeurs limites indiquées à la ligne C des tableaux figurant au point 6.2.1 de l'annexe I de la directive 88/77/CEE, telle que modifiée par la présente directive, est considéré comme conforme aux exigences des paragraphes 2 à 7.

Article 3

1. Les États membres ne peuvent prévoir des incitations fiscales que pour les véhicules à moteur conformes à la directive 88/77/CEE, telle que modifiée par la présente directive. Ces incitations doivent être conformes aux dispositions du traité et répondre aux conditions suivantes fixées aux points a) ou b):

- a) elles sont valables pour la totalité des véhicules neufs commercialisés sur le marché d'un État membre qui satisfait, par anticipation, aux valeurs limites indiquées à la ligne A des tableaux figurant au point 6.2.1 de l'annexe I de la directive 88/77/CEE, telle que modifiée par la présente directive, et par la suite, à partir du 1^{er} octobre 2000, aux valeurs limites indiquées aux lignes B 1 ou B 2 desdits tableaux.

Elles prennent fin dès l'application obligatoire des valeurs limites d'émission fixées à l'article 2, paragraphe 3, pour les véhicules neufs ou, au plus tard, à la date prévue pour l'application obligatoire des valeurs limites d'émission indiquées aux lignes B 1 ou B 2 des tableaux figurant au point 6.2.1 de l'annexe I de la directive 88/77/CEE, telle que modifiée par la présente directive;

- b) elles sont valables pour la totalité des véhicules neufs commercialisés sur le marché d'un État membre qui satisfait aux valeurs limites à caractère facultatif indiquées à la ligne C des tableaux figurant au point 6.2.1 de l'annexe I de la directive 88/77/CEE, telle que modifiée par la présente directive.

2. Pour chaque type de véhicule, les incitations ne dépassent pas le montant du coût supplémentaire des dispositifs techniques adoptés pour respecter les valeurs limites indiquées soit à la ligne A soit aux lignes B 1 ou B 2 ou les valeurs limites indiquées à la ligne C des tableaux figurant au point 6.2.1 de l'annexe I de la directive 88/77/CEE, telle que modifiée par la présente directive, et de leur installation sur le véhicule.

3. La Commission est informée en temps utile des projets tendant à introduire ou à modifier les incitations fiscales visées au présent article, de manière à pouvoir présenter ses observations.

Article 4

À partir du 1^{er} octobre 2005, les nouveaux types de véhicules, et à partir du 1^{er} octobre 2006, tous les types de véhicules sont équipés d'un système de diagnostic embarqué (OBD) ou d'un système de mesure embarqué (OBM) pour le contrôle des émissions à l'échappement en fonctionnement.

La Commission propose au Parlement européen et au Conseil des dispositions à cet effet. Elles comprennent:

- l'accès illimité et normalisé au système OBD à des fins d'inspection, de diagnostic, d'entretien et de réparation,
- la normalisation des codes de dysfonctionnement,
- la compatibilité des pièces de rechange pour faciliter la réparation, le remplacement et l'entretien des véhicules équipés d'un système OBD.

Article 5

À partir du 1^{er} octobre 2005 pour les nouveaux types et à partir du 1^{er} octobre 2006 pour tous les types, les réceptions octroyées aux véhicules et aux moteurs homologuent également le bon fonctionnement des équipements antipollution pendant la durée de vie normale d'un véhicule ou d'un moteur.

La Commission examine les différences entre les durées de vie normales de diverses catégories de véhicules et envisage de proposer des exigences de durabilité appropriées pour chaque catégorie.

Article 6

À partir du 1^{er} octobre 2005 pour les nouveaux types et à partir du 1^{er} octobre 2006 pour tous les types, les réceptions octroyées aux véhicules devront également homologuer le bon fonctionnement des équipements antipollution pendant la durée de vie normale d'un véhicule dans des conditions normales d'utilisation (contrôle de conformité des véhicules en circulation correctement entretenus et utilisés).

Cette disposition doit être confirmée et complétée par la Commission conformément à l'article 7.

Article 7

La Commission présente au Parlement européen et au Conseil une proposition confirmant ou complétant la présente directive au plus tard douze mois à compter de son entrée en vigueur ou le 31 décembre 2000, selon la date qui précède.

La proposition prend en considération:

- la procédure d'examen précisée à l'article 3 de la directive 98/69/CE du Parlement européen et du Conseil⁽¹⁾ et à l'article 9 de la directive 98/70/CE du Parlement européen et du Conseil⁽²⁾,
- l'évolution des techniques de contrôle des émissions des moteurs à allumage par compression et des moteurs à gaz, y compris les techniques de post-traitement, compte tenu des liens réciproques entre lesdites techniques et la qualité des carburants,
- la nécessité d'améliorer la précision et la répétabilité des procédures actuelles de mesure et d'échantillonnage des émissions très faibles de particules provenant des moteurs,

⁽¹⁾ JO L 350 du 28.12.1998, p. 1.

⁽²⁾ JO L 350 du 28.12.1998, p. 58.

— les progrès réalisés à l'échelle mondiale en matière d'harmonisation d'un cycle d'essai destiné aux essais de réception,

et elle comprend:

- des dispositions relatives à l'introduction d'un système OBD pour les véhicules lourds à partir du 1^{er} octobre 2005, conformément aux dispositions de l'article 4 de la présente directive et par analogie avec les dispositions de la directive 98/69/CE relative à la réduction des émissions polluantes des voitures particulières et des véhicules utilitaires légers,
- des dispositions relatives à la durée de vie des équipements antipollution à partir du 1^{er} octobre 2005, conformément aux dispositions de l'article 5 de la présente directive,
- des dispositions visant à assurer la conformité des véhicules en circulation dans la procédure de réception des véhicules à partir du 1^{er} octobre 2005, conformément aux dispositions de l'article 6 de la présente directive, compte tenu des particularités des essais effectués sur les moteurs de ces véhicules et des informations spécifiques provenant du système OBD dans le cadre d'une approche coût-efficacité,
- des valeurs limites appropriées pour les polluants qui ne sont pas réglementés pour le moment du fait de l'introduction généralisée de nouveaux carburants de substitution.

La Commission rend compte, pour le 31 décembre 2001 au plus tard, de l'état d'avancement des négociations relatives à l'harmonisation mondiale des cycles d'essai.

La Commission soumet au Parlement européen et au Conseil, au plus tard le 30 juin 2002, un rapport sur les exigences relatives à l'utilisation d'un système OBM. Sur la base de ce rapport, la Commission soumet une proposition prévoyant que les mesures devant entrer en vigueur au plus tard le 1^{er} janvier 2005 incluront les spécifications techniques et les annexes correspondantes de manière à prévoir que la réception des systèmes OBM garantit des niveaux de contrôle au moins équivalents à ceux des systèmes OBD et leur compatibilité avec ces systèmes.

La Commission examinera, pour le 31 décembre 2002 au plus tard, la technologie disponible afin de confirmer la norme NO_x obligatoire pour 2008 dans un rapport qu'elle soumettra au Parlement européen et au Conseil, accompagné, le cas échéant, de propositions appropriées.

Article 8

1. Les États membres mettent en vigueur les dispositions législatives, réglementaires et administratives nécessaires pour se conformer à la présente directive avant le 1^{er} juillet 2000. 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 dispositions essentielles de droit interne qu'ils adoptent dans le domaine régi par la présente directive.

Article 9

La présente directive entre en vigueur le jour de sa publication au *Journal officiel des Communautés européennes*.

Article 10

Les États membres sont destinataires de la présente directive.

Fait à Bruxelles, le 13 décembre 1999.

Par le Parlement européen

Le président

N. FONTAINE

Par le Conseil

Le président

S. HASSI

ANNEXE

TABLE DES MATIÈRES

| | <i>Page</i> |
|--|-------------|
| ANNEXE I CHAMP D'APPLICATION, DÉFINITIONS ET ABRÉVIATIONS, DEMANDE DE RÉCEPTION CE, PRESCRIPTIONS ET ESSAIS, CONFORMITÉ DE LA PRODUCTION | 10 |
| 1. Champ d'application | 10 |
| 2. Définitions et abréviations | 10 |
| 3. Demande de réception CE | 16 |
| 4. Réception CE | 17 |
| 5. Marquage du moteur | 19 |
| 6. Prescriptions et essais | 21 |
| 7. Montage sur le véhicule | 23 |
| 8. Famille de moteurs | 23 |
| 9. Conformité de la production | 25 |
| Appendice 1 Procédure de vérification de la conformité de la production lorsque l'écart type est satisfaisant | 28 |
| Appendice 2 Procédure de vérification de la conformité de la production lorsque l'écart type n'est pas satisfaisant ou disponible | 30 |
| Appendice 3 Procédure de vérification de la conformité de la production à la demande du constructeur | 32 |
| ANNEXE II FICHE DE RENSEIGNEMENTS | 34 |
| Appendice 1 Caractéristiques essentielles du moteur | 35 |
| 1. Description du moteur | 35 |
| 2. Mesures prises contre la pollution atmosphérique | 36 |
| 3. Alimentation en carburant | 37 |
| 4. Distribution | 40 |
| 5. Système d'allumage (moteurs à allumage commandé uniquement) | 40 |
| 6. Équipements entraînés par le moteur | 40 |
| 7. Informations supplémentaires sur les conditions d'essai | 41 |
| 8. Performances du moteur | 42 |
| Appendice 2 Caractéristiques essentielles de la famille de moteurs | 44 |
| 1. Paramètres communs | 44 |
| 2. Liste des familles de moteurs | 44 |
| Appendice 3 Caractéristiques essentielles des types de moteurs de la famille | 46 |
| 1. Description du moteur | 46 |
| 2. Mesures prises contre la pollution atmosphérique | 47 |
| 3. Alimentation en carburant | 48 |
| 4. Distribution | 51 |
| 5. Système d'allumage (moteurs à allumage commandé uniquement) | 51 |
| Appendice 4 Caractéristiques des parties du véhicule en liaison avec le moteur | 52 |

| | Page |
|---|------|
| ANNEXE III PROCÉDURE D'ESSAI | 53 |
| 1. Introduction | 53 |
| 2. Conditions d'essai | 54 |
| Appendice 1 Cycles d'essai ESC et ELR | 56 |
| 1. Réglages du moteur et calibrage dynamométrique | 56 |
| 2. Exécution de l'essai ESC | 57 |
| 3. Exécution de l'essai ELR | 59 |
| 4. Mesure des émissions de gaz polluants | 61 |
| 5. Mesure des émissions de particules | 64 |
| 6. Calcul des valeurs de fumées | 66 |
| Appendice 2 Cycle d'essai ETC | 68 |
| 1. Procédure de réalisation de la cartographie du moteur | 68 |
| 2. Élaboration du cycle d'essai de référence | 68 |
| 3. Exécution de l'essai de mesure des émissions | 69 |
| 4. Calcul des émissions de gaz polluants | 73 |
| 5. Calcul des émissions de particules (moteurs diesel uniquement) | 77 |
| Appendice 3 Programmation du dynamomètre accouplé au moteur pour l'essai ETC | 79 |
| Appendice 4 Procédures de mesure et de prélèvement | 89 |
| 1. Introduction | 89 |
| 2. Dynamomètre et équipement de la cellule d'essai | 89 |
| 3. Détermination de la quantité de gaz polluants | 90 |
| 4. Détermination de la quantité de particules | 92 |
| 5. Détermination des fumées | 94 |
| Appendice 5 Procédure d'étalonnage | 96 |
| 1. Étalonnage des analyseurs | 96 |
| 2. Étalonnage du système CVS | 102 |
| 3. Étalonnage du système de mesure des particules | 104 |
| 4. Étalonnage de l'équipement de mesure des fumées | 105 |
| ANNEXE IV CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DU CARBURANT DE RÉFÉRENCE | 106 |
| 1. Carburant Diesel | 106 |
| 2. Gaz naturel (GN) | 107 |
| 3. Gaz de pétrole liquéfié (GPL) | 108 |
| ANNEXE V SYSTÈMES D'ANALYSE ET DE PRÉLÈVEMENT | 109 |
| 1. Détermination des émissions de gaz polluants | 109 |
| 2. Dilution des gaz d'échappement et détermination des particules | 116 |
| 3. Détermination des fumées | 131 |
| ANNEXE VI CERTIFICAT DE RÉCEPTION CE | 135 |
| ANNEXE VII EXEMPLE DE PROCÉDURE DE CALCUL | 137 |

INDEX DES FIGURES

| | <i>Page</i> |
|-----------|--|
| Figure 1 | Définitions spécifiques des cycles d'essai 12 |
| Figure 2 | Schéma des essais de conformité de la production 27 |
| Figure 3 | Cycle de l'essai ELR 60 |
| Figure 4 | Interpolation du point de contrôle des émissions de NO _x 63 |
| Figure 5 | Programmation du dynamomètre pour l'essai ETC 88 |
| Figure 6 | Schéma du dispositif de mesure de l'efficacité du convertisseur de NO ₂ 99 |
| Figure 7 | Schéma du système d'analyse des gaz d'échappement bruts pour le CO, le CO ₂ , les NO _x et les HC 109 |
| Figure 8 | Schéma du système d'analyse des gaz d'échappement dilués pour le CO, le CO ₂ , les NO _x et les HC 110 |
| Figure 9 | Schéma d'analyse du méthane (méthode CG) 113 |
| Figure 10 | Schéma d'analyse du méthane avec le séparateur de méthane (NMC) 115 |
| Figure 11 | Système de dilution en dérivation avec sonde isocinétique et échantillonnage fractionné (régulation SB) 117 |
| Figure 12 | Système de dilution en dérivation avec sonde isocinétique et échantillonnage fractionné (régulation PB) 117 |
| Figure 13 | Système de dilution en dérivation avec mesure de la concentration de CO ₂ ou de NO _x et échantillonnage fractionné 118 |
| Figure 14 | Système de dilution en dérivation avec mesure de la concentration de CO ₂ , bilan carbone et échantillonnage total 118 |
| Figure 15 | Système de dilution en dérivation avec venturi unique, mesure de concentrations et échantillonnage fractionné 119 |
| Figure 16 | Système de dilution en dérivation avec double venturi ou double organe déprimogène, mesure de la concentration et échantillonnage fractionné 120 |
| Figure 17 | Système de dilution en dérivation avec diviseur à tubes multiples, mesure de la concentration et échantillonnage fractionné 121 |
| Figure 18 | Système de dilution en dérivation avec régulation de débit et échantillonnage total 122 |
| Figure 19 | Système de dilution en dérivation avec régulation de débit et échantillonnage fractionné 122 |
| Figure 20 | Système de dilution en circuit principal 126 |
| Figure 21 | Système de prélèvement de particules 129 |
| Figure 22 | Système de dilution double (système en circuit principal uniquement) 129 |
| Figure 23 | Opacimètre à flux total 132 |
| Figure 24 | Opacimètre à flux partiel 133 |

INDEX DES TABLEAUX

| | |
|-----------|---|
| Tableau 1 | Valeurs limites — essais ESC et ELR 22 |
| Tableau 2 | Valeurs limites — essai ETC 22 |
| Tableau 3 | Seuils d'acceptation et de refus pour le plan d'échantillonnage de l'appendice 1 29 |
| Tableau 4 | Seuils d'acceptation et de refus pour le plan d'échantillonnage de l'appendice 2 31 |
| Tableau 5 | Seuils d'acceptation et de refus pour le plan d'échantillonnage de l'appendice 3 33 |
| Tableau 6 | Tolérances de la droite de régression 72 |
| Tableau 7 | Effacements autorisés de points dans une analyse de régression 73 |
| Tableau 8 | Précision des instruments de mesure 89 |
| Tableau 9 | Charges recommandées pour les filtres 93 |

ANNEXE I

CHAMP D'APPLICATION, DÉFINITIONS ET ABRÉVIATIONS, DEMANDE DE RÉCEPTION CE, PRESCRIPTIONS ET ESSAIS, CONFORMITÉ DE LA PRODUCTION

1. CHAMP D'APPLICATION

La présente directive s'applique aux gaz polluants et aux particules polluantes de tous les véhicules équipés de moteurs à allumage par compression et aux gaz polluants de tous les véhicules équipés de moteurs à allumage commandé qui fonctionnent au gaz naturel ou au GPL ainsi qu'aux moteurs à allumage par compression et aux moteurs à allumage commandé tels que définis à l'article 1^{er}, à l'exception des véhicules des catégories N₁, N₂ et M₂ pour lesquels la certification a été délivrée conformément à la directive 70/220/CEE du Conseil⁽¹⁾, modifiée en dernier lieu par la directive 98/77/CE de la Commission⁽²⁾.

2. DÉFINITIONS ET ABRÉVIATIONS

Aux fins de la présente directive, il faut entendre par:

- 2.1. «cycle d'essai», une séquence de points d'essai, chaque point étant défini par une vitesse et un couple, que le moteur doit respecter en modes stabilisés (essai ESC) ou dans des conditions de fonctionnement transitoires (essais ETC, ELR);
- 2.2. «réception d'un moteur (d'une famille de moteurs)», la réception d'un type de moteur (d'une famille de moteurs) en ce qui concerne le niveau d'émission de gaz polluants et de particules polluantes;
- 2.3. «moteur Diesel», un moteur qui fonctionne selon le principe de l'allumage par compression;
- «moteur à gaz», un moteur qui fonctionne au gaz naturel (GN) ou au gaz de pétrole liquéfié (GPL);
- 2.4. «type de moteur», une catégorie de moteurs qui ne présentent pas entre eux de différence quant aux aspects essentiels comme les caractéristiques du moteur définies à l'annexe II de la présente directive;
- 2.5. «famille de moteurs», un regroupement de moteurs de constructeurs qui, de par leur conception, telle que définie à l'annexe II, appendice 2, de la présente directive, présentent des caractéristiques similaires en matière d'émission de gaz d'échappement; tous les membres de la famille doivent satisfaire aux valeurs limites d'émissions en vigueur;
- 2.6. «moteur parent», un moteur sélectionné dans une famille de moteurs de manière que ses caractéristiques d'émissions soient représentatives de cette famille de moteurs;
- 2.7. «gaz polluants», le monoxyde de carbone, les hydrocarbures [en supposant un taux de CH_{1,85} pour le Diesel, de CH_{2,525} pour le GPL et de CH_{2,93} pour le gaz naturel (NMHC)], le méthane (en supposant un taux de CH₄ pour le gaz naturel) et les oxydes d'azote, ces derniers exprimés en équivalent de dioxyde d'azote (NO₂);
- «particules polluantes», toute substance recueillie sur une matière filtrante déterminée après dilution avec de l'air filtré propre, des gaz d'échappement, de sorte que la température ne dépasse pas 325 K (52°C);
- 2.8. «fumées», les particules en suspension dans le flux de gaz d'échappement d'un moteur Diesel qui absorbent, réfléchissent ou réfractent la lumière;

⁽¹⁾ JO L 76 du 6.4.1970, p. 1.

⁽²⁾ JO L 286 du 23.10.1998, p. 1.

- 2.9. «puissance nette», la puissance en kW «CE» mesurée au banc d'essai, en bout du vilebrequin ou de l'organe équivalent, conformément à la méthode de mesure fixée par la directive 80/1269/CEE de la Commission ⁽¹⁾, modifiée en dernier lieu par la directive 97/21/CE ⁽²⁾;
- 2.10. «puissance maximale déclarée (P_{max})», la puissance maximale en kW «CE» (puissance nette) qui est déclarée par le constructeur dans sa demande de réception;
- 2.11. «taux de charge», la proportion du couple maximal disponible utilisée à un régime donné du moteur;
- 2.12. «essai ESC», cycle d'essai de 13 modes en régimes stabilisés à appliquer conformément au point 6.2 de la présente annexe;
- 2.13. «essai ELR», un cycle d'essai comportant une séquence de prises en charges dynamiques à régimes constants du moteur à appliquer conformément au point 6.2 de la présente annexe;
- 2.14. «essai ETC», un cycle d'essai comportant 1 800 modes transitoires seconde par seconde à appliquer conformément au point 6.2 de la présente annexe;
- 2.15. «gamme de régimes d'exploitation du moteur», la gamme des régimes du moteur les plus fréquents en exploitation du moteur qui est comprise entre le régime inférieur et le régime supérieur définis à l'annexe III de la présente directive;
- 2.16. «régime inférieur (n_{inf})», le régime le plus bas du moteur auquel 50 % de la puissance maximale déclarée sont disponibles;
- 2.17. «régime supérieur (n_{sup})», le régime le plus élevé du moteur auquel 70 % de la puissance maximale déclarée sont disponibles;
- 2.18. «régimes A, B et C du moteur», les régimes d'essai, compris dans la gamme des régimes d'exploitation du moteur, qui doivent être utilisés pour les essais ESC et ELR définis à l'annexe III, appendice 1, de la présente directive;
- 2.19. «zone de contrôle», la zone comprise entre les régimes A et C du moteur et entre un taux de charge de 25 à 100 %;
- 2.20. «régime de référence (n_{ref})», la valeur de régime à 100 % à utiliser pour dénormaliser les valeurs de régime relatives de l'essai ETC définies à l'annexe III, appendice 2, de la présente directive;
- 2.21. «opacimètre», un instrument destiné à mesurer l'opacité des particules de fumée selon le principe d'extinction de la lumière;
- 2.22. «gamme de gaz naturel», une des gammes H ou L définies dans la norme européenne EN 437 de novembre 1993;
- 2.23. «auto-adaptabilité», tout dispositif du moteur qui permet de maintenir le rapport air/carburant constant;
- 2.24. «rééquilibrage», un réglage fin d'un moteur à gaz naturel destiné à assurer les mêmes performances (puissance, consommation de carburant) dans une autre gamme de gaz naturel;
- 2.25. «indice de Wobbe (W_{inf} , inférieur ou W_{sup} , supérieur)», le rapport de la valeur calorifique correspondante d'un gaz par unité de volume à la racine carrée de sa densité relative dans les mêmes conditions de référence:

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

⁽¹⁾ JO L 375 du 31.12.1980, p. 46.

⁽²⁾ JO L 125 du 16.5.1997, p. 31.

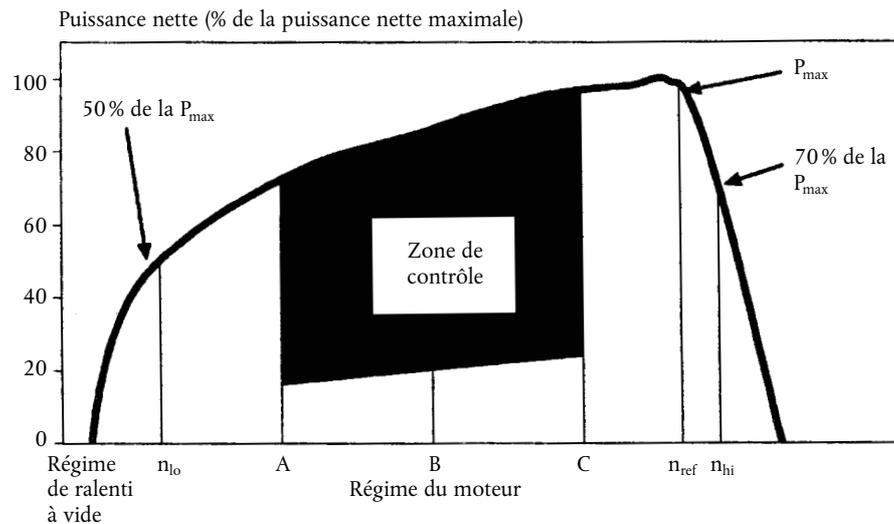
- 2.26. «coefficient de recalage $\lambda (S_\lambda)$ », une expression qui décrit la souplesse requise du système de gestion du moteur en ce qui concerne une modification du rapport d'excès d'air λ si le moteur est alimenté avec une composition de gaz différente du méthane pur (voir l'annexe VII pour la détermination de S_λ);
- 2.27. «EEV», un véhicule plus respectueux de l'environnement (Enhanced Environmentally Friendly Vehicle), à savoir un type de véhicule propulsé par un moteur qui respecte les valeurs cibles d'émission à caractère facultatif indiquées à la ligne C des tableaux figurant au point 6.2.1 de la présente annexe;
- 2.28. «dispositifs de manipulation», les éléments de construction du moteur ou du véhicule qui mesurent ou détectent la vitesse du véhicule, le régime du moteur, la vitesse enclenchée, la température, la pression d'admission ou tout autre paramètre en vue d'activer, de moduler, de ralentir ou de désactiver le fonctionnement d'un composant du système de contrôle des émissions de telle sorte que l'efficacité du système de contrôle des émissions soit réduite dans des conditions normales d'utilisation du véhicule.

Un tel dispositif ne sera pas considéré comme un dispositif de manipulation si

- la nécessité de ce dispositif est justifiée pour protéger le moteur des dommages ou des défaillances et s'il n'existe pas d'autres mesures applicables à cet effet qui ne réduisent pas l'efficacité du système de contrôle des émissions;
- le dispositif ne fonctionne qu'en cas de nécessité lors du démarrage et/ou de la mise en température du moteur et s'il n'existe pas d'autres mesures applicables à cet effet qui ne réduisent pas l'efficacité du système de contrôle des émissions.

Figure 1

Définitions spécifiques des cycles d'essai



2.29. Symboles et abréviations

2.29.1. Symboles des paramètres d'essai

| Symbole | Unité | Explication |
|---------|-------|--|
| A_p | m^2 | Aire de la section de la sonde de prélèvement isocinétique |
| A_T | m^2 | Aire de la section du tuyau d'échappement |
| CE_E | — | Sensibilité à l'éthane |
| CE_M | — | Sensibilité au méthane |
| CI | — | Hydrocarbures équivalents en carbone 1 |

| Symbole | Unité | Explication |
|-------------|-----------|--|
| conc | ppm/% vol | Indice indiquant la concentration |
| D_0 | m^3/s | Coordonnée à l'origine de la fonction d'étalonnage de la pompe volumétrique |
| DF | — | Facteur de dilution |
| D | — | Constante de la fonction de Bessel |
| E | — | Constante de la fonction de Bessel |
| E_Z | g/kWh | Émissions interpolées de NO_x du point de contrôle |
| f_a | — | Facteur atmosphérique en laboratoire |
| f_c | s^{-1} | Fréquence de coupure du filtre de Bessel |
| F_{FH} | — | Facteur spécifique de carburant pour calculer la concentration humide à partir de la concentration sèche |
| F_S | — | Facteur stœchiométrique |
| G_{AIRW} | kg/h | Débit massique d'air à l'admission dans des conditions humides |
| G_{AIRD} | kg/h | Débit massique d'air à l'admission dans des conditions sèches |
| G_{DILW} | kg/h | Débit massique d'air de dilution dans des conditions humides |
| G_{EDFW} | kg/h | Débit massique équivalent de gaz d'échappement dilués dans des conditions humides |
| G_{EXHW} | kg/h | Débit massique de gaz d'échappement dans des conditions humides |
| G_{FUEL} | kg/h | Débit massique de carburant |
| G_{TOTW} | kg/h | Débit massique de gaz d'échappement dilués dans des conditions humides |
| H | MJ/ m^3 | Pouvoir calorifique |
| $H_{Réf}$ | g/kg | Valeur de référence d'humidité absolue (10,71 g/kg) |
| H_a | g/kg | Humidité absolue de l'air d'admission |
| H_d | g/kg | Humidité absolue de l'air de dilution |
| H_{TCRAT} | mol/mol | Rapport hydrogène-carbone |
| i | — | Indice indiquant un mode individuel |
| K | — | Constante de Bessel |
| k | m^{-1} | Coefficient d'absorption de la lumière |
| $K_{H,D}$ | — | Facteur de correction d'humidité de NO_x pour moteurs Diesel |
| $K_{H,G}$ | — | Facteur de correction d'humidité de NO_x pour moteurs à gaz |
| K_v | — | Fonction d'étalonnage de CFV |
| $K_{W,a}$ | — | Facteur de correction lors du passage de conditions sèches à des conditions humides pour l'air d'admission |

| Symbole | Unité | Explication |
|--------------|----------|---|
| $K_{W,d}$ | — | Facteur de correction lors du passage de conditions sèches à des conditions humides pour l'air de dilution |
| $K_{W,e}$ | — | Facteur de correction lors du passage de conditions sèches à des conditions humides pour les gaz d'échappement dilués |
| $K_{W,r}$ | — | Facteur de correction lors du passage de conditions sèches à des conditions humides pour les gaz d'échappement bruts |
| L | % | Taux de couple en fonction du couple maximum pour le régime du moteur d'essai |
| L_a | m | Longueur effective du chemin optique |
| m | | Pente de la fonction d'étalonnage de la pompe volumétrique |
| mass | g/h ou g | Indice indiquant le débit massique des émissions |
| M_{DIL} | kg | Masse de l'échantillon d'air de dilution au travers des filtres de prélèvement des particules |
| M_d | mg | Masse de l'échantillon de particules de l'air de dilution collecté |
| M_f | mg | Masse collectée de l'échantillon de particules |
| $M_{f,p}$ | mg | Masse collectée de l'échantillon de particules sur le filtre primaire |
| $M_{f,b}$ | mg | Masse collectée de l'échantillon de particules sur le filtre secondaire |
| M_{SAM} | kg | Masse de l'échantillon de gaz d'échappement dilués au travers des filtres de prélèvement des particules |
| M_{SEC} | kg | Masse de l'air de dilution secondaire |
| M_{TOTW} | kg | Masse totale de l'échantillon à volume constant sur la durée du cycle dans des conditions humides |
| $M_{TOTW,i}$ | kg | Masse instantanée de l'échantillon à volume constant dans des conditions humides |
| N | % | Opacité |
| N_p | — | Nombre total de tours de la pompe volumétrique sur la durée du cycle |
| $N_{p,i}$ | — | Nombre de tours de la pompe volumétrique durant un intervalle de temps |
| n | tr/min | Régime du moteur |
| n_p | s^{-1} | Vitesse de la pompe volumétrique |
| n_{hi} | tr/min | Régime élevé du moteur |
| n_{lo} | tr/min | Régime bas du moteur |
| n_{ref} | tr/min | Régime de référence du moteur pour l'essai ETC |
| p_a | kPa | Pression de vapeur saturante de l'air d'admission du moteur |
| p_A | kPa | Pression absolue |
| p_B | kPa | Pression atmosphérique totale |

| Symbole | Unité | Explication |
|--------------|----------|---|
| p_d | kPa | Pression de vapeur saturante de l'air de dilution |
| p_s | kPa | Pression atmosphérique sèche |
| p_1 | kPa | Dépression à la lumière d'aspiration |
| $P(a)$ | kW | Puissance absorbée par les dispositifs auxiliaires à monter pour l'essai |
| $P(b)$ | kW | Puissance absorbée par les dispositifs auxiliaires à enlever pour l'essai |
| $P(n)$ | kW | Puissance nette non corrigée |
| $P(m)$ | kW | Puissance mesurée au banc d'essai |
| Ω | — | Constante de Bessel |
| Q_s | m^3/s | Débit volumique de l'échantillon à volume constant |
| q | — | Taux de dilution |
| r | — | Rapport de l'aire de la section de la sonde isocinétique à celle du tuyau d'échappement |
| R_a | % | Humidité relative de l'air d'admission |
| R_d | % | Humidité relative de l'air de dilution |
| R_f | — | Taux de réponse du détecteur d'ionisation de flamme |
| ρ | kg/m^3 | Densité |
| S | kW | Calibrage du dynamomètre |
| S_i | m^{-1} | Valeur instantanée des fumées |
| S_λ | — | Facteur de recalage |
| T | K | Température absolue |
| T_a | K | Température absolue de l'air d'admission |
| t | s | Temps de mesure |
| t_e | s | Temps de réponse électrique |
| t_f | s | Temps de réponse des filtres pour la fonction de Bessel |
| t_p | s | Temps de réponse physique |
| Δt | s | Intervalle de temps entre des données de fumées successives (= 1/fréquence de prélèvement des échantillons) |
| Δt_i | s | Intervalle de temps pour un écoulement instantané du CFV |
| τ | % | Transmittance des fumées |
| V_0 | m^3/tr | Débit volumique de la pompe volumétrique dans des conditions réelles |
| W | — | Indice de Wobbe |
| $W_{eff.}$ | kWh | Travail du cycle effectif de l'essai ETC |

| Symbole | Unité | Explication |
|------------------|------------------------|---|
| $W_{\text{réf}}$ | kWh | Travail du cycle de référence de l'essai ETC |
| WF | — | Facteur de pondération |
| WF_E | — | Facteur de pondération effectif |
| X_0 | m^3/tr | Fonction d'étalonnage du débit volumique de la pompe volumétrique |
| Y_i | m^{-1} | Moyenne de Bessel sur 1 s des fumées |

2.29.2. Symboles des composants chimiques

| | |
|------------------------|-------------------------------|
| CH_4 | Méthane |
| C_2H_6 | Éthane |
| C_3H_8 | Propane |
| CO | Monoxyde de carbone |
| CO_2 | Dioxyde de carbone |
| DOP | Di-octylphalate |
| HC | Hydrocarbures |
| NMHC | Hydrocarbures non méthaniques |
| NO | Monoxyde d'azote |
| NO_2 | Dioxyde d'azote |
| NO_x | Oxydes d'azote |
| PT | Particules |

2.29.3. Abréviations

| | |
|------|--|
| CFV | Venturi à écoulement critique |
| CG | Chromatographe à gaz |
| CLD | Détecteur à chimiluminescence |
| ELR | Essai européen de prises en charges dynamiques |
| ESC | Essai européen en modes stabilisés |
| ETC | Essai européen en cycle transitoire |
| FID | Détecteur d'ionisation de flamme |
| GN | Gaz naturel |
| GPL | Gaz de pétrole liquéfié |
| HCLD | Détecteur à chimiluminescence chauffé |
| HFID | Détecteur d'ionisation de flamme chauffé |
| NDIR | Analyseur non dispersif à absorption dans l'infrarouge |
| NMC | Séparateur de méthane |

3. DEMANDE DE RÉCEPTION CE

3.1. Demande de réception CE d'un type de moteur ou d'une famille de moteurs considéré comme une entité technique distincte

3.1.1. La demande de réception d'un type de moteur ou d'une famille de moteurs en ce qui concerne le niveau d'émission de gaz polluants et de particules polluantes de moteurs Diesel et le niveau d'émission de gaz polluants de moteurs à gaz est introduite par le constructeur du moteur ou un mandataire dûment accrédité.

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

3.1.2.1. une description du type de moteur ou, lorsqu'il y a lieu, de la famille de moteurs, spécifiant toutes les caractéristiques énumérées à l'annexe II de la présente directive en application des articles 3 et 4 de la directive 70/156/CEE.

3.1.3. Un moteur conforme aux caractéristiques du «type de moteur» ou du «moteur parent» définies à l'annexe II doit être présenté au service technique chargé des essais de réception prescrits au point 6.

3.2. **Demande de réception CE d'un type de véhicule en ce qui concerne son moteur**

3.2.1. La demande de réception d'un véhicule en ce qui concerne l'émission de gaz polluants et de particules polluantes par son moteur ou sa famille de moteurs Diesel et le niveau d'émission de gaz polluants par son moteur ou sa famille de moteurs à gaz est introduite par le constructeur du véhicule ou par un mandataire dûment accrédité.

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

3.2.2.1. une description du type de véhicule, des éléments du véhicule liés au moteur et, lorsqu'il y a lieu, du type de moteur ou de la famille de moteurs, spécifiant les caractéristiques énumérées à l'annexe II ainsi que la documentation demandée conformément à l'article 3 de la directive 70/156/CEE.

3.3. **Demande de réception CE d'un type de véhicule équipé d'un moteur réceptionné**

3.3.1. La demande de réception d'un véhicule en ce qui concerne l'émission de gaz polluants et de particules polluantes par son moteur ou sa famille de moteurs Diesel réceptionné et le niveau d'émission de gaz polluants par son moteur ou sa famille de moteurs à gaz réceptionné est introduite par le constructeur du véhicule ou par un mandataire dûment accrédité.

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

3.3.2.1. une description du type de véhicule et des éléments du véhicule liés au moteur, spécifiant les caractéristiques énumérées à l'annexe II, dans la mesure où elles sont pertinentes, ainsi qu'une copie du certificat de réception CE (annexe VI) délivré pour le moteur ou, lorsqu'il y a lieu, pour la famille de moteurs en tant qu'entité technique distincte installée sur le type de véhicule ainsi que la documentation demandée conformément à l'article 3 de la directive 70/156/CEE.

4. RÉCEPTION CE

4.1. **Délivrance d'une réception CE universelle vis-à-vis du carburant**

Une réception CE universelle vis-à-vis du carburant est délivrée lorsque les exigences suivantes sont satisfaites:

4.1.1. Dans le cas d'un carburant Diesel, le moteur parent satisfait aux exigences de la présente directive qui sont posées au carburant de référence prescrit à l'annexe IV.

4.1.2. Dans le cas du gaz naturel, le moteur parent doit démontrer son aptitude à s'adapter à toute composition de carburant susceptible d'être rencontrée sur le marché. En ce qui concerne le gaz naturel, il existe en général deux types de carburants — le carburant à haut pouvoir calorifique (gaz H) et le carburant à faible pouvoir calorifique (gaz L) — qui sont néanmoins très variables dans les deux gammes; ils diffèrent sensiblement par leur contenu énergétique exprimé selon l'indice de Wobbe et leur coefficient «S» de recalage λ . Les formules permettant de déterminer l'indice de Wobbe et S_λ figurent aux points 2.25 et 2.26. La composition des carburants de référence reflète les variations de ces paramètres.

Le moteur parent doit satisfaire aux exigences de la présente directive qui sont posées aux carburants de référence G20 et G25, tels que définis à l'annexe IV, sans corriger l'alimentation entre les deux essais. Toutefois, il est permis de procéder à une adaptation sur un cycle ETC sans mesure après le changement de carburant. Avant les essais, le moteur parent doit être rodé en appliquant la procédure indiquée au paragraphe 3 de l'appendice 2 de l'annexe III.

4.1.3. Dans le cas d'un moteur fonctionnant au gaz naturel qui s'adapte automatiquement à la gamme des gaz H et à la gamme des gaz L et qui passe d'une gamme à l'autre au moyen d'un commutateur, le moteur parent doit être testé avec les deux carburants de référence en question, tels que définis à l'annexe IV pour chaque gamme, et ce, dans chaque position du commutateur: les carburants sont G20 (carburant 1) et G23 (carburant 2) pour la gamme des gaz H, G23 (carburant 1) et G25 (carburant 2) pour la gamme des gaz L. Le moteur parent doit satisfaire aux exigences de la présente directive dans les deux

positions du commutateur sans corriger l'alimentation entre les deux essais effectués dans chaque position du commutateur.

Toutefois, il est permis de procéder à une adaptation sur un cycle ETC sans mesure après le changement de carburant. Avant les essais, le moteur parent doit être rodé en appliquant la procédure indiquée au troisième alinéa de l'appendice 2 de l'annexe III.

4.1.3.1. À la demande du constructeur, le moteur peut être testé avec un troisième carburant (carburant 3) si le facteur de recalage λ (S_λ) se situe entre ceux des carburants G20 et G25, c'est-à-dire lorsque le carburant 3 est un carburant du marché. Les résultats de cet essai peuvent servir de base pour évaluer la conformité de la production.

4.1.3.2. Le taux des résultats d'émissions «r» est déterminé comme suit pour chaque polluant:

$$r = \frac{\text{résultat des émissions pour le carburant de référence 2}}{\text{résultat des émissions pour le carburant de référence 1}}$$

ou

$$r_a = \frac{\text{résultat des émissions pour le carburant de référence 2}}{\text{résultat des émissions pour le carburant de référence 3}}$$

et

$$r_b = \frac{\text{résultat des émissions pour le carburant de référence 1}}{\text{résultat des émissions pour le carburant de référence 3}}$$

4.1.4. Dans le cas du GPL, le moteur parent doit faire preuve de son aptitude à s'adapter à toute composition de carburant susceptible d'être rencontrée sur le marché. Il existe à cet égard des variations dans la composition C_3/C_4 . Ces variations se reflètent dans les carburants de référence. Le moteur parent doit satisfaire aux exigences d'émission posées aux carburants de référence A et B, tels que définis à l'annexe IV, sans corriger l'alimentation entre les deux essais.

Toutefois, il est permis de procéder à une adaptation sur un cycle ETC sans mesure après le changement de carburant. Avant les essais, le moteur parent doit être rodé en appliquant la procédure indiquée au troisième alinéa de l'appendice 2 de l'annexe III.

4.1.4.1. Le taux des résultats d'émissions «r» est déterminé comme suit pour chaque polluant:

$$r = \frac{\text{résultat des émissions pour le carburant de référence 2}}{\text{résultat des émissions pour le carburant de référence 1}}$$

4.2. **Délivrance d'une réception CE restreinte pour une gamme de carburants**

Dans l'état d'avancement actuel de la technique, il n'est pas encore possible de rendre auto-adaptatifs les moteurs GNV à mélange pauvre. Néanmoins, ces moteurs offrent des avantages en matière d'efficacité et d'émissions de CO_2 . Si un utilisateur a la certitude de pouvoir disposer d'un carburant de composition uniforme, il peut opter pour un moteur à mélange pauvre pour lequel une réception de portée restreinte en matière de carburant pourrait être délivrée. Dans l'intérêt de l'harmonisation internationale, il apparaît souhaitable de délivrer une réception de portée internationale à un exemplaire de ce type de moteur. Dans ce cas, les variantes de carburant restreintes doivent être identiques à l'exception du contenu de la base de données du bloc électronique de commande du système d'alimentation et d'éléments du système d'alimentation (tels que les injecteurs) à adapter au flux de carburant différent.

La réception CE restreinte est délivrée pour une gamme de carburants lorsque celle-ci satisfait aux exigences suivantes:

4.2.1. *Réception, en ce qui concerne les émissions de gaz d'échappement, d'un moteur fonctionnant au gaz naturel et conçu pour opérer dans la gamme des gaz H ou dans la gamme des gaz L*

Le moteur parent est testé avec les deux carburants de référence en question, tels que définis à l'annexe IV pour la gamme correspondante. Les carburants sont G20 (carburant 1) et G23 (carburant 2) pour la gamme des gaz H, G23 (carburant 1) et G25 (carburant 2) pour la gamme des gaz L. Le moteur parent satisfait aux exigences d'émission sans corriger l'alimentation entre les deux essais. Toutefois, il est permis de procéder à une adaptation sur un cycle ETC sans mesure après le changement de carburant. Avant les essais, le moteur parent doit être rodé en appliquant la procédure indiquée au troisième alinéa de l'appendice 2 de l'annexe III.

4.2.1.1. À la demande du constructeur, le moteur peut être testé avec un troisième carburant (carburant 3) si le facteur de recalage λ (S_λ) se situe entre ceux des carburants G20 et G23 ou G23 et G25 selon le cas, c'est-à-dire lorsque le carburant 3 est un carburant du marché. Les résultats de cet essai peuvent servir de base pour évaluer la conformité de la production.

- 4.2.1.2. Le taux des résultats d'émissions «r» est déterminé comme suit pour chaque polluant:

$$r = \frac{\text{résultat des émissions pour le carburant de référence 2}}{\text{résultat des émissions pour le carburant de référence 1}}$$

ou

$$r_a = \frac{\text{résultat des émissions pour le carburant de référence 2}}{\text{résultat des émissions pour le carburant de référence 3}}$$

et

$$r_b = \frac{\text{résultat des émissions pour le carburant de référence 1}}{\text{résultat des émissions pour le carburant de référence 3}}$$

- 4.2.1.3. À la livraison chez le client, le moteur porte une étiquette (voir le paragraphe 5.1.5) qui indique la gamme des gaz pour laquelle le moteur est réceptionné.

- 4.2.2. *Réception, en ce qui concerne les émissions de gaz d'échappement, d'un moteur fonctionnant au gaz naturel ou au GPL et conçu pour une composition de carburant spécifique*

- 4.2.2.1. Le moteur parent satisfait aux exigences d'émission posées aux carburants de référence G20 et G25 dans le cas du gaz naturel et des carburants de référence A et B dans le cas du GPL, tels que définis à l'annexe IV. Entre les essais, le système d'alimentation peut faire l'objet d'un réglage fin. Il s'agit d'un réétalonnage de la base de données d'alimentation qui ne peut modifier ni la stratégie fondamentale de commande ni la structure élémentaire de la base de données. S'il y a lieu, des éléments qui sont directement liés au volume du flux de carburant (tels que les injecteurs) peuvent être remplacés.

- 4.2.2.2. Si le constructeur le souhaite, le moteur peut être testé avec les carburants de référence G20 et G23 ou G23 et G25, auquel cas la réception n'est valable, selon le cas, que pour la gamme des gaz H ou L.

- 4.2.2.3. À la livraison chez le client, le moteur porte une étiquette (voir le paragraphe 5.1.5) qui indique la composition de carburant pour laquelle le moteur a été étalonné.

4.3. **Réception d'un membre d'une famille en ce qui concerne les émissions de gaz d'échappement**

- 4.3.1. À l'exception du cas mentionné au paragraphe 4.3.2, la réception d'un moteur parent est étendue, sans essais complémentaires, à tous les membres de la famille pour toute composition de carburant pour laquelle le moteur parent a été réceptionné (dans le cas des moteurs décrits au paragraphe 4.2.2) ou la même gamme de carburants (dans le cas des moteurs décrits au paragraphe 4.1 ou 4.2) pour lesquels le moteur parent a été réceptionné.

4.3.2. *Moteur d'essai secondaire*

Dans le cas d'une demande de réception d'un moteur ou d'un véhicule en ce qui concerne son moteur, ce moteur appartenant à une famille de moteurs, un autre moteur et, le cas échéant, un moteur d'essai de référence supplémentaire peuvent être retenus par l'organisme chargé de la réception et soumis à des essais si cet organisme décide que, pour le moteur parent sélectionné, la demande introduite ne représente pas toute la famille de moteurs définie à l'annexe I, appendice 1.

4.4. **Certificat de réception**

Un certificat conforme au modèle figurant à l'annexe VI est délivré pour les réceptions visées aux points 3.1, 3.2 et 3.3.

5. MARQUAGE DU MOTEUR

- 5.1. Le moteur réceptionné en tant qu'entité technique doit porter:

- 5.1.1. La marque de fabrique ou de commerce du constructeur du moteur.

- 5.1.2. La description commerciale du constructeur.
- 5.1.3. Le numéro de réception CE précédé de la ou des lettres distinctives du pays ayant délivré la réception CE⁽¹⁾.
- 5.1.4. Dans le cas d'un moteur fonctionnant au gaz naturel, un des marquages suivants à placer derrière le numéro de réception CE:
- H dans le cas d'un moteur réceptionné et étalonné pour la gamme des gaz H;
 - L dans le cas d'un moteur réceptionné et étalonné pour la gamme des gaz L;
 - HL dans le cas d'un moteur réceptionné et étalonné pour les gammes des gaz H et L;
 - H_t dans le cas d'un moteur réceptionné et étalonné pour une composition de gaz spécifique de la gamme des gaz H et convertible à un autre gaz spécifique de la gamme des gaz H grâce à un réglage fin de l'alimentation du moteur;
 - L_t dans le cas d'un moteur réceptionné et étalonné pour une composition de gaz spécifique de la gamme des gaz L et convertible à un autre gaz spécifique de la gamme des gaz L grâce à un réglage fin de l'alimentation du moteur;
 - HL_t dans le cas d'un moteur réceptionné et étalonné pour une composition de gaz spécifique de la gamme des gaz H ou L et convertible à un autre gaz spécifique de la gamme des gaz H ou L grâce à un réglage fin de l'alimentation du moteur.

5.1.5. *Étiquettes*

Les étiquettes suivantes doivent être apposées sur des moteurs fonctionnant au gaz naturel et au GPL visés par une réception restreinte de la gamme de carburants.

5.1.5.1. *Marquage*

Les informations suivantes doivent être indiquées:

Dans le cas du paragraphe 4.2.1.3, l'étiquette doit comporter la mention «UTILISER UNIQUEMENT AVEC DU GAZ NATUREL DE LA GAMME H». Lorsqu'il y a lieu, «H» est remplacé par «L».

Dans le cas du paragraphe 4.2.1.3, l'étiquette doit comporter, selon les cas, la mention «UTILISER UNIQUEMENT AVEC DU GAZ NATUREL RÉPONDANT À LA SPÉCIFICATION ...» ou «UTILISER UNIQUEMENT AVEC DU GAZ DE PÉTROLE LIQUÉFIÉ RÉPONDANT À LA SPÉCIFICATION ...». Toutes les informations qui figurent dans le ou les tableaux correspondants de l'annexe IV sont indiquées avec les différents éléments constitutifs et les limites prescrites par le constructeur du moteur.

Les lettres et les chiffres doivent avoir une hauteur minimale de 4 mm.

Note:

Dans le cas où, pour des raisons de place disponible, il ne pourrait être procédé à un tel marquage, une codification simplifiée pourra être utilisée. En ce cas, un explicatif contenant toutes les informations prévues ci-dessus devra être aisément accessible à toute personne susceptible de remplir le réservoir de carburant ou de procéder à l'entretien ou à des réparations sur le moteur et ses accessoires, ainsi qu'aux autorités concernées. L'emplacement et la forme de cet explicatif seront déterminés d'un commun accord entre le constructeur et l'autorité compétente en matière de réception.

5.1.5.2. *Propriétés*

Les étiquettes doivent résister pendant toute la durée de vie du moteur. Elles doivent être clairement lisibles et leurs lettres et chiffres doivent être indélébiles. En outre, elles doivent être apposées de façon durable pour toute la durée de vie du moteur et ne doivent pas pouvoir être enlevées sans être abîmées ou détruites.

⁽¹⁾ 1 = Allemagne, 2 = France, 3 = Italie, 4 = Pays-Bas, 5 = Suède, 6 = Belgique, 9 = Espagne, 11 = Royaume-Uni, 12 = Autriche, 13 = Luxembourg, 16 = Norvège, 17 = Finlande, 18 = Danemark, 21 = Portugal, 23 = Grèce, FL = Liechtenstein, IS = Islande et IRL = Irlande.

5.1.5.3. Pose

Les étiquettes doivent être apposées sur un élément du moteur qui est nécessaire à son fonctionnement normal et ne doit en général pas être remplacé pendant la durée de vie du moteur. En outre, ces étiquettes doivent être situées, une fois le moteur entièrement équipé de tous les dispositifs auxiliaires nécessaires à son fonctionnement, à un emplacement directement visible par l'utilisateur moyen.

5.2. Dans le cas d'une demande de réception CE d'un type de véhicule en ce qui concerne son moteur, le marquage prescrit au point 5.1.5 est aussi apposé près de l'ouverture de remplissage de carburant.

5.3. Dans le cas d'une demande de réception CE d'un type de véhicule équipé d'un moteur réceptionné, le marquage prescrit au point 5.1.5 est aussi apposé près de l'ouverture de remplissage de carburant.

6. PRESCRIPTIONS ET ESSAIS

6.1. **Généralités**

Les éléments susceptibles d'influer sur l'émission de gaz polluants et de particules polluantes de moteurs Diesel et l'émission de gaz polluants de moteurs à gaz doivent être conçus, construits et montés de telle façon que, dans des conditions normales d'utilisation, le moteur continue de satisfaire aux prescriptions de la présente directive.

6.1.1. Le recours à un dispositif de manipulation et/ou à des stratégies irrationnelles de réduction des émissions est interdit. Si l'autorité qui effectue la réception a lieu de supposer qu'un type de véhicules a recours à un ou plusieurs dispositifs de manipulation et/ou à des stratégies irrationnelles de réduction des émissions dans certaines conditions de fonctionnement, sur demande, le constructeur doit fournir des informations sur le fonctionnement et les effets sur les émissions du recours à de tels dispositifs et/ou à de telles stratégies de contrôle. Ces informations comportent une description de tous les composants du système de contrôle des émissions, de la logique du système de contrôle d'alimentation, y compris le calage et des points de commutation au cours de tous les modes de fonctionnement. Ces informations doivent rester strictement confidentielles et ne seront pas jointes à la documentation exigée à l'annexe I, section 3.

6.2. **Prescriptions relatives à l'émission de gaz polluants, de particules polluantes et de fumées**

Pour la réception par rapport à la ligne A des tableaux figurant au point 6.2.1, les émissions doivent être mesurées par les essais ESC et ELR sur des moteurs Diesel traditionnels, y compris ceux équipés d'un système d'injection électronique de carburant, d'un dispositif de recyclage des gaz d'échappement et/ou de catalyseurs d'oxydation. Les moteurs Diesel dotés de systèmes avancés de post-traitement des gaz d'échappement, y compris les catalyseurs de NO_x et/ou les filtres à particules, doivent de plus subir l'essai ETC.

Pour les essais de réception par rapport aux lignes B 1 ou B 2 ou à la ligne C des tableaux figurant au point 6.2.1, les émissions sont déterminées par les essais ESC, ELR et ETC.

Pour les moteurs à gaz, les émissions de gaz sont déterminées par l'essai ETC.

Les procédures d'essai ESC et ELR sont décrites à l'annexe III, appendice 1, et la procédure d'essai ETC est expliquée à l'annexe III, appendices 2 et 3.

Les émissions de gaz polluants, de particules polluantes — lorsqu'il y a lieu — et de fumées — lorsqu'il y a lieu — du moteur testé doivent être mesurées par les méthodes décrites à l'annexe III, appendice 4. L'annexe V décrit les systèmes d'analyse des gaz polluants recommandés, les systèmes de prélèvement des particules recommandés et le système de mesure des fumées recommandé.

Le service technique peut réceptionner d'autres systèmes ou analyseurs s'il estime qu'ils produisent des résultats équivalents pour le cycle d'essai en question. La détermination de l'équivalence d'un système doit reposer sur une étude de corrélation de sept paires d'échantillons (ou plus) entre le système projeté et l'un des systèmes de référence de la présente directive. En ce qui concerne les émissions de particules, seul le système de dilution en circuit principal est agréé comme système de référence. Par «résultats», il faut entendre la valeur d'émission spécifique du cycle. Les essais de corrélation doivent être effectués dans le même laboratoire et la même chambre d'essai ainsi que sur le même moteur et ils doivent de préfé-

rence se dérouler simultanément. Le critère d'équivalence est défini comme une concordance à $\pm 5\%$ des moyennes des paires d'échantillons. Aux fins de l'introduction d'un nouveau système dans la directive, la détermination de l'équivalence doit reposer sur le calcul de la répétabilité et de la reproductibilité décrit dans la norme ISO 5725.

6.2.1. Valeurs limites

Les masses spécifiques du monoxyde de carbone, des hydrocarbures totaux, des oxydes d'azote et des particules, déterminées par l'essai ESC, et de l'opacité des fumées, déterminées par l'essai ERL, ne doivent pas dépasser les valeurs figurant au tableau 1.

Tableau 1

Valeurs limites — essais ESC et ELR

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

⁽¹⁾ Pour les moteurs dont la cylindrée unitaire est inférieure à 0,7 dm³ et le régime nominal est supérieur à 3 000 min⁻¹.

Dans le cas des moteurs Diesel qui subissent également l'essai ETC, et surtout dans le cas des moteurs à gaz, les masses spécifiques du monoxyde de carbone, des hydrocarbures non méthaniques, du méthane (le cas échéant), des oxydes d'azote et des particules (le cas échéant) ne doivent pas dépasser les valeurs figurant au tableau 2.

Tableau 2

Valeurs limites — essai ETC ⁽¹⁾

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

⁽¹⁾ Les conditions permettant de vérifier si les essais ETC sont acceptables (cf. annexe III, appendice 2, point 3.9) lorsqu'il s'agit de mesurer les émissions des moteurs à gaz et de les comparer aux valeurs limites applicables fixées à la ligne A sont réexaminées et, au besoin, modifiées selon la procédure prévue à l'article 13 de la directive 70/156/CEE.

⁽²⁾ Pour des moteurs fonctionnant au gaz naturel uniquement.

⁽³⁾ Non applicable aux moteurs fonctionnant au gaz pour la phase A et les phases B 1 et B 2.

⁽⁴⁾ Pour les moteurs dont la cylindrée unitaire est inférieure à 0,75 dm³ et le régime nominal est supérieur à 3 000 min⁻¹.

- 6.2.2. *Mesure des hydrocarbures pour des moteurs Diesel et des moteurs à gaz*
- 6.2.2.1. Un constructeur peut choisir de mesurer, lors de l'essai ETC, la masse des hydrocarbures totaux (HCT) au lieu de la masse des hydrocarbures non méthaniques. Dans ce cas, la limite fixée pour la masse des hydrocarbures totaux est la même que celle indiquée au tableau 2 pour la masse des hydrocarbures non méthaniques.
- 6.2.3. *Exigences spécifiques posées aux moteurs Diesel*
- 6.2.3.1. La masse spécifique des oxydes d'azote mesurée aux points de contrôle aléatoires de la zone de contrôle de l'essai ESC ne doit pas excéder de plus de 10 % les valeurs interpolées à partir des modes d'essai adjacents (référence annexe III, appendice 1, points 4.6.2 et 4.6.3).
- 6.2.3.2. La valeur de fumées obtenue au régime d'essai aléatoire de l'essai ELR ne doit pas excéder la valeur de fumées la plus élevée des deux régimes d'essai adjacents de plus de 20 % ou de plus de 5 % de la valeur limite, la plus grande de ces deux valeurs étant retenue.
7. MONTAGE SUR LE VÉHICULE
- 7.1. Le montage du moteur sur le véhicule doit correspondre aux caractéristiques suivantes en ce qui concerne la réception du moteur:
- 7.1.1. la dépression à l'admission ne doit pas dépasser celle spécifiée à l'annexe VI pour le moteur réceptionné;
- 7.1.2. la contre-pression à l'échappement ne doit pas dépasser celle spécifiée à l'annexe VI pour le moteur réceptionné;
- 7.1.3. le volume du système d'échappement ne doit pas différer de plus de 40 % de celui spécifié à l'annexe VI pour le moteur réceptionné;
- 7.1.4. la puissance absorbée par les équipements auxiliaires nécessaires au fonctionnement du moteur ne doit pas dépasser celle spécifiée à l'annexe VI pour le moteur réceptionné.
8. FAMILLE DE MOTEURS
- 8.1. **Paramètres qui définissent la famille de moteurs**
- La famille de moteurs, telle qu'elle est déterminée par le constructeur du moteur, peut être définie par des caractéristiques de base qui doivent être communes aux moteurs de la famille. Il peut parfois exister des interactions entre des paramètres. Il faut aussi tenir compte de ces effets afin de garantir qu'une famille de moteurs ne comporte que des moteurs présentant des caractéristiques similaires en matière d'émissions de gaz d'échappement.
- La liste suivante de paramètres de base doit être commune pour que les moteurs puissent être considérés comme appartenant à la même famille de moteurs:
- 8.1.1. Cycles de combustion:
- 2 cycles
 - 4 cycles
- 8.1.2. Liquide de refroidissement:
- air
 - eau
 - huile
- 8.1.3. Pour les moteurs à gaz et les moteurs équipés d'un dispositif de post-traitement
- Nombre de cylindres
- (les autres moteurs Diesel comptant moins de cylindres que le moteur parent peuvent être considérés comme appartenant à la même famille de moteurs pour autant que le système d'alimentation mesure le carburant pour chaque cylindre individuel).

- 8.1.4. Cylindrée unitaire:
 - moteurs qui doivent être compris dans une fourchette totale de 15 %

- 8.1.5. Méthode d'aspiration de l'air:
 - aspiration naturelle
 - suralimentation
 - suralimentation avec refroidisseur d'air de suralimentation

- 8.1.6. Type/conception de la chambre de combustion:
 - chambre de précombustion
 - chambre à turbulence
 - chambre de combustion ouverte

- 8.1.7. Soupape et volutes — configuration, taille et nombre:
 - culasse de cylindre
 - paroi de cylindre
 - carter-moteur

- 8.1.8. Système d'injection de carburant (moteurs Diesel):
 - pompe-tube-injecteur
 - pompe en ligne
 - pompe à distributeur
 - élément unique
 - injecteur pompe

- 8.1.9. Système d'alimentation (moteurs à gaz):
 - chambre de mélange
 - induction/injection de gaz (monopoint, multipoint)
 - injection de liquide (monopoint, multipoint)

- 8.1.10. Système d'allumage (moteurs à gaz)

- 8.1.11. Caractéristiques diverses:
 - recyclage des gaz d'échappement
 - injection/émulsion d'eau
 - injection d'air secondaire
 - refroidissement de l'air de suralimentation

- 8.1.12. Post-traitement des gaz d'échappement
 - catalyseur à trois voies
 - catalyseur d'oxydation
 - catalyseur de réduction
 - réacteur thermique
 - filtre à particules

8.2. **Choix du moteur parent**

8.2.1. *Moteurs Diesel*

Le moteur parent de la famille doit être sélectionné selon le critère primaire du débit de carburant maximal par course à la vitesse de couple maximale déclarée. Lorsque deux moteurs ou plus partagent ce critère primaire, le moteur parent doit être sélectionné au moyen du critère secondaire du débit de carburant maximal par course au régime nominal. Dans certains cas, l'organisme chargé de la réception peut conclure que le débit d'émission le plus défavorable de la famille peut être caractérisé au mieux par l'essai d'un second moteur. Par conséquent, l'organisme chargé de la réception peut sélectionner un moteur supplémentaire pour l'essai en se fondant sur des propriétés indiquant qu'il est susceptible de présenter le niveau d'émission le plus élevé des moteurs de cette famille.

Si des moteurs de la famille possèdent d'autres propriétés variables susceptibles d'être considérées comme influant sur les émissions de gaz d'échappement, il convient également de les recenser et d'en tenir compte dans le choix du moteur parent.

8.2.2. *Moteurs à gaz*

Le moteur parent de la famille doit être sélectionné sur la base du critère primaire de la plus grande cylindrée. Lorsque ce critère primaire est commun à deux moteurs ou plus, le moteur parent doit être sélectionné au moyen du critère secondaire, et ce, dans l'ordre suivant:

- le débit de carburant le plus élevé par course au régime de la puissance nominale déclarée,
- l'avance à l'allumage la plus grande,
- le taux le plus faible de recyclage des gaz d'échappement,
- l'absence de pompe à air ou la pompe à débit d'air effectif le plus faible.

Dans certains cas, l'organisme chargé de la réception peut conclure que l'essai d'un second moteur permettra la meilleure détermination du débit d'émission le plus défavorable de la famille. En conséquence, il peut sélectionner un moteur supplémentaire pour l'essai en se fondant sur des propriétés indiquant qu'il pourrait présenter le niveau d'émission le plus élevé des moteurs appartenant à cette famille.

9. CONFORMITÉ DE LA PRODUCTION

9.1. Les mesures destinées à assurer la conformité de la production doivent être prises selon les dispositions de l'article 10 de la directive 70/156/CEE. La conformité de la production est vérifiée sur la base de la description donnée dans les certificats de réception figurant à l'annexe VI de la présente directive.

Les points 2.4.2 et 2.4.3 de l'annexe X de la directive 70/156/CEE s'appliquent lorsque les autorités compétentes ne sont pas satisfaites de la procédure d'audit du constructeur.

9.1.1. Si les émissions de polluants doivent être mesurées et que la réception du moteur a fait l'objet d'une ou plusieurs extensions, les essais seront effectués sur le ou les moteurs décrits dans le dossier d'information relatif à l'extension concernée.

9.1.1.1. Conformité du moteur soumis au contrôle des émissions de polluants:

Après présentation du moteur aux autorités, le constructeur ne doit effectuer aucun réglage sur les moteurs sélectionnés.

9.1.1.1.1. Trois moteurs sont prélevés au hasard dans la série. Les moteurs qui ne sont soumis qu'aux essais ESC et ELR ou qui ne sont soumis qu'à l'essai ETC pour la réception par rapport à la ligne A des tableaux qui figurent au point 6.2.1 sont soumis aux essais applicables pour le contrôle de conformité de la production. Moyennant l'accord de l'autorité, tous les autres types de moteurs réceptionnés par rapport aux lignes A, B 1 et B 2 ou C des tableaux figurant au point 6.2.1 sont soumis soit aux cycles d'essai ESC et ELR soit au cycle d'essai ETC pour le contrôle de conformité de la production. Les valeurs limites figurent au point 6.2.1 de la présente annexe.

9.1.1.1.2. Les essais sont réalisés suivant l'appendice 1 de la présente annexe lorsque l'autorité compétente est satisfaite de l'écart type de production donné par le constructeur, conformément à l'annexe X de la directive 70/156/CEE qui s'applique aux véhicules à moteur et à leurs remorques.

Les essais sont réalisés suivant l'appendice 2 de la présente annexe lorsque l'autorité compétente n'est pas satisfaite de l'écart type de production donné par le constructeur, conformément à l'annexe X de la directive 70/156/CEE qui s'applique aux véhicules à moteur et à leurs remorques.

À la demande du constructeur, les essais peuvent être effectués suivant l'appendice 3 de la présente annexe.

- 9.1.1.1.3. À l'issue d'un essai effectué par échantillonnage de moteurs, la production d'une série est jugée conforme lorsqu'une décision positive (acceptation) est prise pour tous les polluants et non conforme lorsqu'une décision négative (refus) est prise pour un polluant, conformément aux critères d'essai figurant dans l'appendice correspondant.

Lorsqu'une décision positive est prise pour un polluant, elle ne peut pas être modifiée par des essais supplémentaires destinés à prendre une décision sur les autres polluants.

Si aucune décision positive n'est prise pour tous les polluants et qu'aucune décision négative n'est prise pour un polluant, un essai est effectué sur un autre moteur (voir la figure 2).

Si aucune décision n'est prise, le constructeur peut décider à tout moment d'interrompre les essais. On enregistre dans ce cas une décision négative.

- 9.1.1.2. Les essais sont effectués sur des moteurs neufs. Les moteurs à gaz doivent être rodés en appliquant la procédure définie au paragraphe 3 de l'appendice 2 de l'annexe III.

- 9.1.1.2.1. Toutefois, à la demande du constructeur, les essais peuvent être effectués sur des moteurs Diesel ou des moteurs à gaz ayant subi un rodage plus long que la période indiquée au paragraphe 9.1.1.2 avec un maximum de 100 heures. Dans ce cas, le rodage sera réalisé par le constructeur qui ne devra effectuer aucun réglage sur les moteurs.

- 9.1.1.2.2. Lorsque le constructeur demande à effectuer un rodage conformément au paragraphe 9.1.1.2.1, celui-ci peut porter sur:

— tous les moteurs testés

ou

— le premier moteur testé auquel est affecté un coefficient d'évolution calculé de la manière suivante:

— les émissions de polluants sont mesurées à zéro et à «x» heures sur le premier moteur testé,

— le coefficient d'évolution des émissions entre zéro et «x» heures est calculé pour chacun des polluants:

$$\frac{\text{émissions «x» heures}}{\text{émissions zéro heure}}$$

Ce coefficient peut être inférieur à 1.

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

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

— les valeurs à «x» heures pour le premier moteur,

— les valeurs à zéro heure multipliées par le coefficient d'évolution pour les autres moteurs.

- 9.1.1.2.3. Pour des moteurs Diesel et des moteurs à gaz fonctionnant au GPL, tous ces essais peuvent être effectués avec du carburant commercial. Toutefois, à la demande du constructeur, les carburants de référence décrits à l'annexe IV peuvent être utilisés. Cela signifie qu'il faut effectuer, sur au moins deux des carburants de référence sélectionnés pour chaque moteur à gaz, des essais tels que ceux décrits au point 4 de la présente annexe.

- 9.1.1.2.4. Pour des moteurs fonctionnant au gaz naturel, tous ces essais peuvent être effectués avec du carburant commercial de la manière suivante:
- dans le cas de moteurs portant le repère H, avec un carburant commercial de la gamme H,
 - dans le cas de moteurs portant le repère L, avec un carburant commercial de la gamme L,
 - dans le cas de moteurs portant le repère HL, avec un carburant commercial de la gamme H ou de la gamme L.

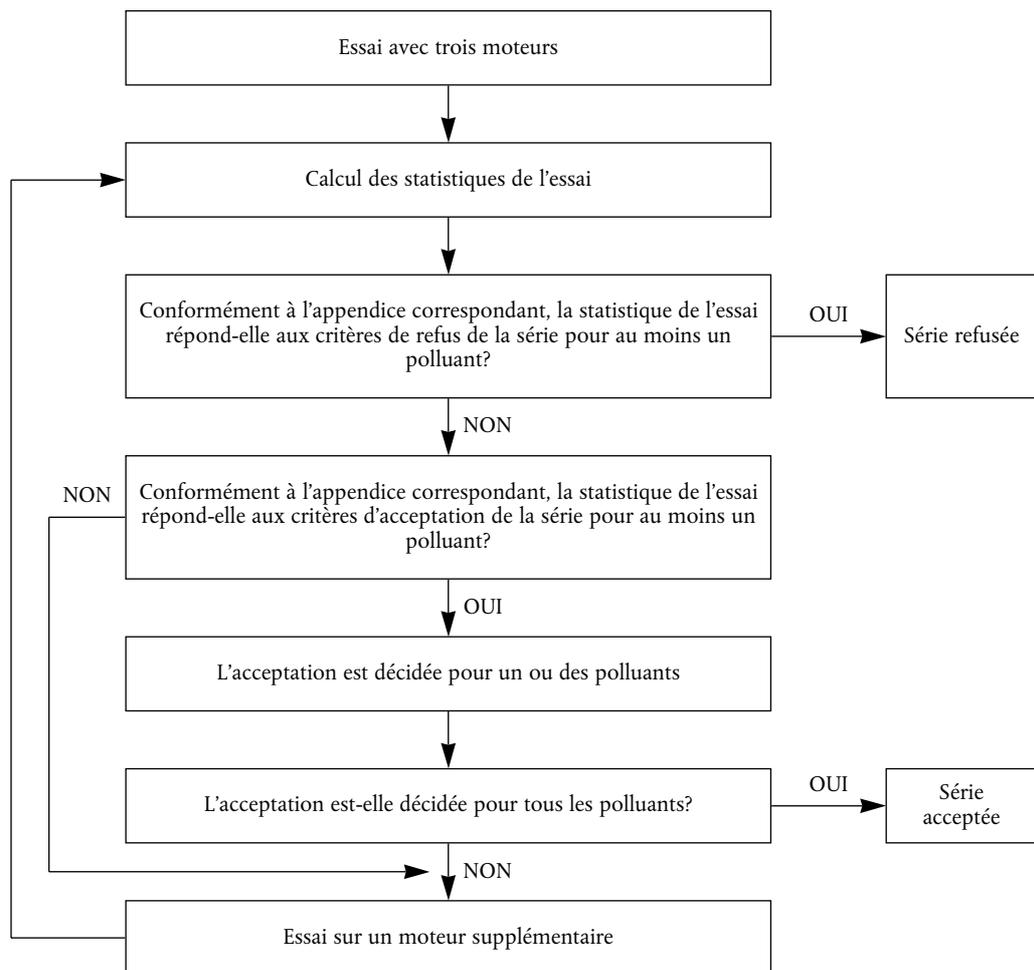
À la demande du constructeur, les carburants de référence décrits à l'annexe IV peuvent cependant être utilisés. Ceci implique d'effectuer, sur au moins deux des carburants de référence sélectionnés pour chaque moteur à gaz, des essais tels que ceux décrits au point 4 de la présente annexe.

- 9.1.1.2.5. En cas de litige résultant de la non-conformité de moteurs à gaz utilisés avec un carburant du commerce, les essais doivent être effectués avec un carburant de référence déjà utilisé sur le moteur parent ou avec l'éventuel carburant 3 supplémentaire qui est indiqué aux points 4.1.3.1 et 4.2.1.1 et qui peut avoir été utilisé sur le moteur parent. Les résultats doivent être convertis par calcul en appliquant le ou les facteurs correspondants «r», «r_a» ou «r_b» décrits aux points 4.1.3.2, 4.1.4.1 et 4.2.1.2. Si r, r_a ou r_b est inférieur à un, aucune correction n'est nécessaire. Les résultats mesurés et calculés doivent attester que le moteur respecte les valeurs limites avec tous les carburants correspondants (carburants 1, 2 et, lorsqu'il y a lieu, 3).

- 9.1.1.2.6. Les essais de conformité de la production d'un moteur à gaz conçu pour être exploité avec une composition de carburant spécifique doivent porter sur le carburant pour lequel le moteur a été étalonné.

Figure 2

Schéma des essais de conformité de la production



Appendice 1

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

1. Le présent appendice décrit la procédure à suivre afin de vérifier la conformité de la production sur le plan des émissions de polluants lorsque l'écart type de production donné par le constructeur est satisfaisant.
2. Avec un échantillon minimal de trois moteurs, la procédure d'échantillonnage est établie afin que la probabilité qu'un lot soit accepté soit 0,95 (risque fournisseur = 5%), avec une proportion de défectueux de 40%, et que la probabilité qu'un lot soit accepté soit 0,10 (risque client = 10%), avec une proportion de défectueux de 65%.
3. Pour chacun des polluants visés au point 6.2.1 de l'annexe I (voir la figure 2), la procédure suivante est appliquée :

avec:

L = le logarithme naturel de la valeur limite pour le polluant;

χ_i = le logarithme naturel de la valeur mesurée pour le i ème véhicule de l'échantillon;

s = une estimation de l'écart type de production (après transformation des mesurages en logarithme naturel);

n = la taille de l'échantillon.

4. Pour chaque échantillon, la somme des écarts normalisés par rapport à la limite est calculée au moyen de la formule suivante:

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

5. Alors:

- si la statistique de l'essai est supérieure au seuil d'acceptation prévu pour la taille de l'échantillon, apparaissant dans le tableau 3, l'acceptation est décidée pour le polluant,
- si la statistique de l'essai est inférieure au seuil de refus prévu pour la taille de l'échantillon, apparaissant dans le tableau 3, le refus est décidé pour le polluant,
- sinon, un moteur supplémentaire est testé conformément au point 9.1.1.1 de l'annexe I et le calcul s'applique à l'échantillon augmenté d'une unité.

Tableau 3

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

Taille minimale de l'échantillon: 3

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

Appendice 2

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

1. Le présent appendice décrit la procédure à suivre afin de vérifier la conformité de la production sur le plan des émissions de polluants lorsque l'écart type de production donné par le constructeur n'est pas satisfaisant ou disponible.
2. Avec un échantillon minimal de trois moteurs, la procédure d'échantillonnage est établie afin que la probabilité qu'un lot soit accepté soit 0,95 (risque fournisseur = 5%), avec une proportion de défectueux de 40%, et que la probabilité qu'un lot soit accepté soit 0,10 (risque client = 10%), avec une proportion de défectueux de 65%.
3. La valeur, mesurées pour les polluants définis au point 6.2.1 de l'annexe I, sont supposées être distribuées suivant la loi «log-normale» et doivent être transformées à l'aide de leur logarithme naturel. On note m_0 et m les tailles d'échantillons respectivement minimales et maximales ($m_0 = 3$ et $m = 32$) et n la taille de l'échantillon en cours.
4. Si les logarithmes naturels des valeurs mesurées dans la série sont $\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_j$ et L est le logarithme naturel de la valeur limite pour le polluant, alors, on définit:

$$d_i = \chi_i - L$$

et

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

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

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

Pour $m_0 \leq n \leq m$:

— accepter la série si $\frac{\bar{d}_n}{V_n} \leq A_n$

— refuser la série si $\frac{\bar{d}_n}{V_n} \geq B_n$

— essayer un véhicule supplémentaire si $A_n \leq \frac{\bar{d}_n}{V_n} \leq B_n$

6. Remarques

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

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

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

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

Tableau 4

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

Taille minimale de l'échantillon: 3

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

Appendice 3

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

1. Le présent appendice décrit la procédure à suivre pour vérifier, à la demande du constructeur, la conformité de la production sur le plan des émissions de polluants.
2. Avec un échantillon minimal de trois moteurs, la procédure d'échantillonnage est établie afin que la probabilité qu'un lot soit accepté soit 0,90 (risque fournisseur = 10%), avec une proportion de défectueux de 30%, et que la probabilité qu'un lot soit accepté soit 0,10 (risque client = 10%), avec une proportion de défectueux de 65%.
3. La procédure suivante est utilisée pour chacun des polluants visés au point 6.2.1 de l'annexe I (voir la figure 2):

avec:

L = valeur limite définie pour le polluant,

x_i = valeur mesurée pour le i ème moteur de l'échantillon,

n = taille de l'échantillon.

4. On calcule pour chaque échantillon la statistique de l'essai représentant le nombre de moteurs non conformes, soit $x_i \geq L$.
5. Puis:
 - si la statistique de l'essai est inférieure ou égale au seuil d'acceptation donné par taille d'échantillon du tableau 5 une décision positive (acceptation) est prise pour le polluant concerné,
 - si la statistique de l'essai est supérieure ou égale au seuil de refus donné par taille d'échantillon du tableau 5 une décision négative (refus) est prise pour le polluant concerné,
 - dans les autres cas un moteur supplémentaire est soumis à l'essai visé au point 9.1.1.1 de l'annexe I et la procédure de calcul s'applique à l'échantillon augmenté d'une unité.

Les valeurs d'acceptation et de refus figurant dans le tableau 5 sont calculées au moyen de la norme internationale ISO 8422/1991.

Tableau 5

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

Taille minimale de l'échantillon: 3

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

ANNEXE II

FICHE DE RENSEIGNEMENTS N° ...

ÉTABLIE CONFORMÉMENT À L'ANNEXE I DE LA DIRECTIVE 70/156/CEE DU CONSEIL CONCERNANT LA RÉCEPTION CE

et se référant aux mesures à prendre contre les émissions de gaz polluants et de particules polluantes provenant des moteurs à allumage par compression destinés à la propulsion des véhicules et les émissions de gaz polluants provenant des moteurs à allumage commandé fonctionnant au gaz naturel ou au gaz de pétrole liquéfié et destinés à la propulsion des véhicules

(Directive 88/77/CEE modifiée en dernier lieu par la directive 1999/96/CE)

Type de véhicule/moteur parent/type de moteur ⁽¹⁾:

0. GÉNÉRALITÉS
- 0.1. Marque (nom de l'entreprise):
- 0.2. Type et description commerciale (mentionner les variantes éventuelles):
- 0.3. Moyens et emplacement de l'identification du type, s'il est indiqué sur le véhicule:
- 0.4. Catégorie du véhicule (le cas échéant):
- 0.5. Catégorie du moteur: Diesel/gaz naturel/GPL⁽¹⁾:
- 0.6. Nom et adresse du constructeur:
- 0.7. Emplacement et mode d'apposition des plaques et inscriptions réglementaires:
- 0.8. Dans le cas de composants et d'entités techniques distinctes, emplacement et mode de fixation de la marque de réception CE:
- 0.9. Adresse du ou des ateliers de montage:

DOCUMENTS JOINTS

1. Caractéristiques essentielles du moteur (parent) et renseignements concernant la conduite des essais (appendice 1).
2. Caractéristiques essentielles de la famille de moteurs (appendice 2).
3. Caractéristiques essentielles des types de moteurs de la famille (appendice 3).
4. Caractéristiques des parties du véhicule en liaison avec le moteur (s'il y a lieu) (appendice 4).
5. Photographies et/ou schémas du moteur parent/type de moteur et, s'il y a lieu, du logement du compartiment moteur.
6. Donner la liste des autres documents éventuels.

Date, dossier

⁽¹⁾ Biffer la mention inutile.

Appendice 1

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

1. **Description du moteur**
 - 1.1. Constructeur:
 - 1.2. Numéro de code du moteur du constructeur:
 - 1.3. Cycle: quatre temps/deux temps ⁽²⁾
 - 1.4. Nombre et disposition des cylindres:
 - 1.4.1. Alésage: mm
 - 1.4.2. Course: mm
 - 1.4.3. Ordre d'allumage:
 - 1.5. Capacité du moteur: cm³
 - 1.6. Taux de compression volumétrique ⁽³⁾:
 - 1.7. Dessin(s) de la chambre de combustion et de la calotte du piston:
 - 1.8. Section minimale des chapelles d'admission et d'échappement: cm²
 - 1.9. Régime de ralenti: tr/min
 - 1.10. Puissance nette maximale: kW à tr/min
 - 1.11. Régime maximal autorisé: tr/min
 - 1.12. Couple maximal net: Nm à tr/min
 - 1.13. Système de combustion: allumage par compression/allumage commandé ⁽²⁾
 - 1.14. Carburant: Diesel/GPL/GN H/GN L/GN HL ⁽²⁾
 - 1.15. *Système de refroidissement*
 - 1.15.1. *Liquide*
 - 1.15.1.1. Nature du liquide:
 - 1.15.1.2. Pompe(s) de circulation: avec/sans ⁽²⁾
 - 1.15.1.3. Caractéristiques ou marque(s) et type(s) (s'il y a lieu):
 - 1.15.1.4. Rapport(s) d'entraînement (s'il y a lieu):
 - 1.15.2. *Air*
 - 1.15.2.1. Soufflante: avec/sans ⁽²⁾
 - 1.15.2.2. Caractéristiques ou marque(s) et type(s) (s'il y a lieu):
 - 1.15.2.3. Rapport(s) d'entraînement (s'il y a lieu):
 - 1.16. *Température admise par le constructeur*
 - 1.16.1. Refroidissement par liquide: température maximale de sortie: K
 - 1.16.2. Refroidissement par air: point de référence:
Température maximale au point de référence: K

⁽¹⁾ Pour les moteurs et systèmes non classiques, le constructeur fournira les données équivalentes à celles demandées ici.⁽²⁾ Biffer la mention inutile.⁽³⁾ Indiquer la tolérance.

- 1.16.3. Température maximale de l'air à la sortie de l'échangeur d'admission (s'il y a lieu): K
- 1.16.4. Température maximale au ou aux tuyaux d'échappement au droit de la ou des brides de sortie du ou des collecteurs d'échappement ou du ou des turbocompresseurs: K
- 1.16.5. Température du carburant: min. K, max. K
à l'admission de la pompe d'injection pour des moteurs Diesel, à l'étage final du détendeur pour des moteurs à gaz
- 1.16.6. Pression de carburant: min. kPa, max. kPa
à l'étage final du détendeur, moteurs à gaz fonctionnant au gaz naturel uniquement
- 1.16.7. Température du lubrifiant: min. K, max. K
- 1.17. *Suralimentation: avec/sans* ⁽¹⁾
- 1.17.1. Marque:
- 1.17.2. Type:
- 1.17.3. Description du système (p. ex. pression de charge max., soupape de décharge, s'il y a lieu)
.....
- 1.17.4. Échangeur intermédiaire: avec/sans ⁽¹⁾
- 1.18. *Système d'admission*

Dépression à l'admission maximale autorisée au régime du moteur nominal et à pleine charge, spécifiée dans la directive 80/1269/CEE ⁽²⁾, modifiée en dernier lieu par la directive 97/21/CE ⁽³⁾, et dans les conditions de fonctionnement qui y sont énoncées: kPa
- 1.19. *Système d'échappement*

Contre-pression à l'échappement maximale autorisée au régime du moteur nominal et à pleine charge, spécifiée dans la directive 80/1269/CEE ⁽²⁾, modifiée en dernier lieu par la directive 97/21/CE ⁽³⁾, et dans les conditions de fonctionnement qui y sont énoncées: kPa

Volume du système d'échappement: dm³
2. **Mesures prises contre la pollution atmosphérique**
- 2.1. Dispositif de recyclage des gaz de carter (description et schémas):
- 2.2. Dispositifs antipollution supplémentaires (s'ils existent et s'ils n'apparaissent pas dans une autre rubrique)
- 2.2.1. Convertisseur catalytique: oui/non ⁽¹⁾
- 2.2.1.1. Marque(s):
- 2.2.1.2. Type(s):
- 2.2.1.3. Nombre de convertisseurs catalytiques et d'éléments:
- 2.2.1.4. Dimensions, forme et volume du ou des convertisseurs catalytiques:
- 2.2.1.5. Type d'action catalytique:
- 2.2.1.6. Quantité totale de métaux précieux:

⁽¹⁾ Biffer la mention inutile.

⁽²⁾ JO L 375 du 31.12.1980, p. 46.

⁽³⁾ JO L 125 du 16.5.1997, p. 31.

- 2.2.1.7. Concentration relative:
- 2.2.1.8. Substrat (structure et matériaux):
- 2.2.1.9. Densité alvéolaire:
- 2.2.1.10. Type de carter pour le/les convertisseur(s) catalytique(s):
- 2.2.1.11. Emplacement des convertisseurs catalytiques (localisation et distance de référence le long du système d'échappement):
- 2.2.2. Capteur d'oxygène: oui/non ⁽¹⁾
- 2.2.2.1. Marque(s):
- 2.2.2.2. Type:
- 2.2.2.3. Emplacement:
- 2.2.3. Injection d'air: oui/non ⁽¹⁾
- 2.2.3.1. Type (air pulsé, pompe à air, etc.):
- 2.2.4. Recyclage des gaz d'échappement: oui/non ⁽¹⁾
- 2.2.4.1. Caractéristiques (débit, etc.):
- 2.2.5. Filtre à particules: oui/non ⁽¹⁾
- 2.2.5.1. Dimensions, forme et contenance du filtre à particules:
- 2.2.5.2. Type et conception du filtre à particules:
- 2.2.5.3. Emplacement (distance de référence le long du système d'échappement):
- 2.2.5.4. Méthode ou système de régénération, description et/ou dessin:
- 2.2.6. Autres systèmes: oui/non ⁽¹⁾
- 2.2.6.1. Description et fonctionnement:

3. Alimentation en carburant

- 3.1. *Moteurs Diesel*
- 3.1.1. Pompe d'alimentation en carburant
Pression⁽²⁾: kPa ou diagramme caractéristique ⁽¹⁾:
- 3.1.2. Système d'injection
- 3.1.2.1. Pompe
- 3.1.2.1.1. Marque(s):
- 3.1.2.1.2. Type(s):
- 3.1.2.1.3. Débit: mm³ ⁽²⁾ par course au régime du moteur de tr/min à pleine injection ou diagramme caractéristique ⁽¹⁾ ⁽²⁾:
Indiquer la méthode utilisée: sur moteur/sur banc de pompe ⁽¹⁾
En présence d'un correcteur piloté par la pression de suralimentation, indiquer le débit de carburant caractéristique et la pression de suralimentation en fonction du moteur.
- 3.1.2.1.4. Avance à l'injection
- 3.1.2.1.4.1. Courbe d'avance à l'injection ⁽²⁾:
- 3.1.2.1.4.2. Calage statique ⁽²⁾:
- 3.1.2.2. Tuyauterie d'injection
- 3.1.2.2.1. Longueur: mm
- 3.1.2.2.2. Diamètre intérieur: mm
- 3.1.2.3. Injecteur(s)

⁽¹⁾ Biffer la mention inutile.

⁽²⁾ Indiquer la tolérance.

- 3.1.2.3.1. Marque(s):
- 3.1.2.3.2. Type(s):
- 3.1.2.3.3. «Pression d'ouverture»: kPa ⁽²⁾
ou diagramme caractéristique ⁽¹⁾ ⁽²⁾:
- 3.1.2.4. Régulateur
- 3.1.2.4.1. Marque(s):
- 3.1.2.4.2. Type(s):
- 3.1.2.4.3. Régime de début de coupure à pleine charge: tr/min
- 3.1.2.4.4. Régime maximal à vide: tr/min
- 3.1.2.4.5. Régime de ralenti: tr/min
- 3.1.3. Système de démarrage à froid
- 3.1.3.1. Marque(s):
- 3.1.3.2. Type(s):
- 3.1.3.3. Description:
- 3.1.3.4. Dispositif de démarrage auxiliaire:
- 3.1.3.4.1. Marque:
- 3.1.3.4.2. Type:
- 3.2. Moteurs à gaz ⁽³⁾
- 3.2.1. Carburant: gaz naturel/GPL ⁽¹⁾
- 3.2.2. Régulateur(s) de pression ou vaporisateur/régulateur(s) de pression ⁽²⁾
- 3.2.2.1. Marque(s):
- 3.2.2.2. Type(s):
- 3.2.2.3. Nombre d'étages de détente:
- 3.2.2.4. Pression à l'étage final: min. kPa, max. kPa
- 3.2.2.5. Nombre de points de réglage principaux:
- 3.2.2.6. Nombre de points de réglage du ralenti:
- 3.2.2.7. Numéro du certificat délivré conformément à la directive 1999/96/CE:
- 3.2.3. Système d'alimentation: unité de mélange/injection de gaz/injection de liquide/injection directe ⁽¹⁾
- 3.2.3.1. Régulation de la richesse:
- 3.2.3.2. Description du système et/ou diagramme et schémas:
- 3.2.3.3. Numéro du certificat délivré conformément à la directive 1999/96/CE:
- 3.2.4. Mélangeur
- 3.2.4.1. Nombre:
- 3.2.4.2. Marque(s):
- 3.2.4.3. Type(s):
- 3.2.4.4. Emplacement:
- 3.2.4.5. Possibilités de réglage:

⁽¹⁾ Biffer la mention inutile.

⁽²⁾ Indiquer la tolérance.

⁽³⁾ Dans le cas de systèmes installés différemment, fournir des informations équivalentes (pour le point 3.2).

- 3.2.4.6. Numéro du certificat délivré conformément à la directive 1999/96/CE:
- 3.2.5. Injection dans le collecteur d'admission
- 3.2.5.1. Injection: monopoint/multipoint ⁽¹⁾
- 3.2.5.2. Injection: continue/simultanée/séquentielle ⁽¹⁾
- 3.2.5.3. Équipement d'injection
- 3.2.5.3.1. Marque(s):
- 3.2.5.3.2. Type(s):
- 3.2.5.3.3. Possibilités de réglage:
- 3.2.5.3.4. Numéro du certificat délivré conformément à la directive 1999/96/CE:
- 3.2.5.4. Pompe d'alimentation (s'il y a lieu):
- 3.2.5.4.1. Marque(s):
- 3.2.5.4.2. Type(s):
- 3.2.5.4.3. Numéro du certificat délivré conformément à la directive 1999/96/CE:
- 3.2.5.5. Injecteur(s):
- 3.2.5.5.1. Marque(s):
- 3.2.5.5.2. Type(s):
- 3.2.5.5.3. Numéro du certificat délivré conformément à la directive 1999/96/CE:
- 3.2.6. Injection directe
- 3.2.6.1. Pompe d'injection/régulateur de pression ⁽¹⁾
- 3.2.6.1.1. Marque(s):
- 3.2.6.1.2. Type(s):
- 3.2.6.1.3. Calage d'injection:
- 3.2.6.1.4. Numéro du certificat délivré conformément à la directive 1999/96/CE:
- 3.2.6.2. Injecteur(s)
- 3.2.6.2.1. Marque(s):
- 3.2.6.2.2. Type(s):
- 3.2.6.2.3. Pression d'ouverture ou diagramme caractéristique ⁽²⁾:
- 3.2.6.2.4. Numéro du certificat délivré conformément à la directive 1999/96/CE:
- 3.2.7. Bloc électronique de commande
- 3.2.7.1. Marque(s):
- 3.2.7.2. Type(s):
- 3.2.7.3. Possibilités de réglage:
- 3.2.8. Équipement spécifique au gaz naturel
- 3.2.8.1. Variante 1
(uniquement dans le cas de réceptions de moteurs pour plusieurs compositions de carburant spécifiques)
- 3.2.8.1.1. Composition de carburant:
- méthane (CH₄): de base: % mole; min. % mole; max. % mole
- éthane (C₂H₆): de base: % mole; min. % mole; max. % mole
- propane (C₃H₈): de base: % mole; min. % mole; max. % mole

⁽¹⁾ Biffer la mention inutile.⁽²⁾ Indiquer la tolérance.

- butane (C₄H₁₀): de base: % mole; min. % mole; max. % mole
- C5/C5+: de base: % mole; min. % mole; max. % mole
- oxygène (O₂): de base: % mole; min. % mole; max. % mole
- gaz inerte (N₂, He, etc.): de base: % mole; min. % mole; max. % mole
- 3.2.8.1.2. Injecteur(s)
- 3.2.8.1.2.1. Marque(s):
- 3.2.8.1.2.2. Type(s):
- 3.2.8.1.3. Divers (s'il y a lieu)
- 3.2.8.2 Variante 2
(uniquement dans le cas de réceptions de moteurs pour plusieurs compositions de carburant spécifiques)
4. **Distribution**
- 4.1. Levée maximale des soupapes et angles d'ouverture et de fermeture par rapport aux points morts ou données équivalentes:
- 4.2. Référence et/ou gammes de réglage ⁽¹⁾:
5. **Système d'allumage (moteurs à allumage commandé uniquement)**
- 5.1. *Type de système d'allumage*: bobine et bougies communes/bobine et bougies individuelles/bobine sur bougie/autre (préciser) ⁽¹⁾
- 5.2. Dispositif de commande de l'avance à l'allumage
- 5.2.1. Marque(s):
- 5.2.2. Type(s):
- 5.3. Courbe d'avance à l'allumage/cartographie d'avance à l'allumage ⁽¹⁾ ⁽²⁾:
- 5.4. Calage d'allumage ⁽²⁾: degrés avant le PMH à un régime de tr/min et une pression absolue dans la tubulure d'admission de kPa
- 5.5. *Bougies d'allumage*
- 5.5.1. Marque(s):
- 5.5.2. Type(s):
- 5.5.3. Écartement des électrodes: mm
- 5.6. *Bobine(s) d'allumage*
- 5.6.1. Marque(s):
- 5.6.2. Type(s):
6. **Équipements entraînés par le moteur**
- Le moteur doit être soumis aux essais avec tous les dispositifs auxiliaires nécessaires à son fonctionnement (p. ex. ventilateur, pompe à eau, etc.), tels qu'ils sont prescrits dans la directive 80/1269/CEE ⁽³⁾, modifiée en dernier lieu par la directive 97/21/CE ⁽⁴⁾, annexe I, point 5.1.1, et dans les conditions de fonctionnement qui y sont énoncées.

⁽¹⁾ Biffer la mention inutile.

⁽²⁾ Indiquer la tolérance.

⁽³⁾ JO L 375 du 31.12.1980, p. 46.

⁽⁴⁾ JO L 125 du 16.5.1997, p. 31.

6.1. *Dispositifs auxiliaires à installer pour l'essai*

S'il est impossible ou inadéquat d'installer les dispositifs auxiliaires sur le banc d'essai, la puissance absorbée par ces dispositifs doit être calculée et soustraite de la puissance mesurée pour le moteur sur toute la zone de fonctionnement du ou des cycles d'essai.

6.2. *Dispositifs auxiliaires à enlever pour l'essai*

Les dispositifs auxiliaires uniquement nécessaires au fonctionnement du véhicule (p. ex. compresseur d'air, système de climatisation, etc.) doivent être enlevés pour l'essai. Lorsque cela est impossible, la puissance absorbée par ces dispositifs peut être calculée et additionnée à la puissance mesurée pour le moteur sur toute la zone de fonctionnement du ou des cycles d'essai.

7. **Informations supplémentaires sur les conditions d'essai**7.1. *Lubrifiant utilisé*

7.1.1. Marque:

7.1.2. Type:

(Indiquer la proportion d'huile dans le mélange si le lubrifiant et le carburant sont mélangés):

7.2. *Équipement entraîné par le moteur (s'il y a lieu)*

La puissance absorbée par les dispositifs auxiliaires doit seulement être calculée

— si des dispositifs auxiliaires nécessaires au fonctionnement du moteur ne sont pas installés sur le moteur

et/ou

— si des dispositifs qui ne sont pas nécessaires au fonctionnement du moteur sont installés sur le moteur.

7.2.1. Liste et identification des détails:

7.2.2. Puissance absorbée à différents régimes du moteur spécifiés:

| Équipement | Puissance absorbée (kW) à différents régimes du moteur | | | | | | |
|---|--|------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| | Ralenti | Régime inférieur | Régime supérieur | Régime A ⁽¹⁾ | Régime B ⁽¹⁾ | Régime C ⁽¹⁾ | Régime de référence ⁽²⁾ |
| P(a) Dispositifs auxiliaires nécessaires au fonctionnement du moteur (à soustraire de la puissance mesurée pour le moteur) voir le point 6.1 | | | | | | | |
| P(b) Dispositifs auxiliaires non nécessaires au fonctionnement du moteur (à additionner à la puissance mesurée pour le moteur) voir le point 6.2 | | | | | | | |

⁽¹⁾ Essai ESC.

⁽²⁾ Essai ETC uniquement.

8. Performances du moteur

8.1. Régimes du moteur ⁽¹⁾Régime inférieur (n_{inf}): tr/minRégime supérieur (n_{sup}): tr/min

pour les cycles ESC et ELR

Ralenti: tr/min

Régime A: tr/min

Régime B: tr/min

Régime C: tr/min

pour le cycle ETC

Régime de référence: tr/min

8.2. Puissance du moteur (mesurée conformément aux dispositions de la directive 80/1269/CEE ⁽²⁾, modifiée en dernier lieu par la directive 97/21/CE ⁽³⁾, en kW

| | Régime du moteur | | | | |
|---|------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| | Ralenti | Régime A ⁽¹⁾ | Régime B ⁽¹⁾ | Régime C ⁽¹⁾ | Régime de référence ⁽²⁾ |
| P(m) Puissance mesurée au banc d'essai | | | | | |
| P(a) Puissance absorbée par les dispositifs auxiliaires à installer pour l'essai (point 6.1) — si installés — si pas installés | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P(b) Puissance absorbée par les dispositifs auxiliaires à enlever pour l'essai (point 6.2) — si installés — si pas installés | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P(n) Puissance nette du moteur = P(m) - P(a) + P(b) | | | | | |

⁽¹⁾ Essai ESC.⁽²⁾ Essai ETC uniquement.⁽¹⁾ Indiquer la tolérance pour qu'elle se situe à $\pm 3\%$ au maximum des valeurs déclarées par le constructeur.⁽²⁾ JO L 375 du 31.12.1980, p. 46.⁽³⁾ JO L 125 du 16.5.1997, p. 31.

8.3. *Calibrage dynamométrique (kW)*

Pour les essais ESC et ELR ainsi que pour le cycle de référence de l'essai ETC, le calibrage dynamométrique doit reposer sur la puissance nette du moteur P(n) indiquée au point 8.2. Il est recommandé d'installer le moteur sur le banc d'essai à l'état net. Dans ce cas, P(m) et P(n) sont identiques. S'il est impossible ou inadéquat de faire fonctionner le moteur dans des conditions nettes, le calibrage dynamométrique doit être corrigé au moyen de la formule ci-dessus pour refléter des conditions nettes.

8.3.1. Essais ESC et ELR

Le calibrage dynamométrique doit être déterminé au moyen de la formule qui figure à l'annexe III, appendice 1, point 1.2.

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

8.3.2. Essai ETC

Si le moteur n'est pas testé dans des conditions nettes, la formule de correction relative à la conversion de la puissance mesurée ou du travail du cycle mesuré, telle qu'elle est déterminée selon l'annexe III, appendice 2, point 2, en puissance nette ou en travail du cycle net doit être présentée par le constructeur du moteur pour toute la zone de fonctionnement du cycle et approuvée par le service technique.

Appendice 2

CARACTÉRISTIQUES ESSENTIELLES DE LA FAMILLE DE MOTEURS

1. **Paramètres communs**
- 1.1. Cycle de combustion:
- 1.2. Liquide de refroidissement:
- 1.3. Nombre de cylindres ⁽¹⁾:
- 1.4. Cylindrée unitaire:
- 1.5. Méthode d'aspiration d'air:
- 1.6. Type/conception de la chambre de combustion:
- 1.7. Soupape et volutes — configuration, dimension et nombre:
- 1.8. Système d'alimentation en carburant:
- 1.9. Système d'allumage (moteurs à gaz):
- 1.10. Propriétés diverses:
- système de refroidissement de l'air de suralimentation ⁽¹⁾:
 - recyclage des gaz d'échappement ⁽¹⁾:
 - injection/émulsion d'eau ⁽¹⁾:
 - injection d'air ⁽¹⁾:
- 1.11. Post-traitement des gaz d'échappement ⁽¹⁾:
- Preuve de taux identique (ou le plus bas pour le moteur parent): capacité du système/débit de carburant par course selon le ou les numéros de diagramme:

2. **Liste des familles de moteurs**

- 2.1. Nom de la famille de moteurs Diesel:
- 2.1.1. Spécification des moteurs de cette famille:

| | | | | | Moteur parent |
|--|--|--|--|--|---------------|
| Type de moteur | | | | | |
| Nombre de cylindres | | | | | |
| Régime nominal (tr/min) | | | | | |
| Débit de carburant par course (mg) | | | | | |
| Puissance nette nominale (kW) | | | | | |
| Vitesse au couple maximal (tr/min) | | | | | |
| Débit de carburant par course (mm ³) | | | | | |
| Couple maximal (Nm) | | | | | |
| Régime inférieur de ralenti (tr/min) | | | | | |
| Cylindrée (en % du moteur parent) | | | | | 100 |

⁽¹⁾ Si sans objet, indiquer s.o.

- 2.2. Nom de la famille de moteurs à gaz:
- 2.2.1. Spécification des moteurs de cette famille:

| | | | | | Moteur parent |
|--|--|--|--|--|---------------|
| Type de moteur | | | | | |
| Nombre de cylindres | | | | | |
| Régime nominal (tr/min) | | | | | |
| Débit de carburant par course (mg) | | | | | |
| Puissance nette nominale (kW) | | | | | |
| Vitesse au couple maximal (tr/min) | | | | | |
| Débit de carburant par course (mm ³) | | | | | |
| Couple maximal (Nm) | | | | | |
| Régime inférieur de ralenti (tr/min) | | | | | |
| Cylindrée (en % du moteur parent) | | | | | 100 |
| Calage d'allumage | | | | | |
| Débit de recyclage des gaz d'échappement | | | | | |
| Pompe à air: oui/non | | | | | |
| Débit effectif de la pompe à air | | | | | |

Appendice 3

CARACTÉRISTIQUES ESSENTIELLES DES TYPES DE MOTEURS À L'INTÉRIEUR DE LA FAMILLE ⁽¹⁾

1. **Description du moteur**
 - 1.1. Constructeur:
 - 1.2. Numéro de code du moteur du constructeur:
 - 1.3. Cycle: quatre temps/deux temps ⁽²⁾
 - 1.4. Nombre et disposition des cylindres:
 - 1.4.1. Alésage: mm
 - 1.4.2. Course: mm
 - 1.4.3. Ordre d'allumage:
 - 1.5. Cylindrée: cm³
 - 1.6. Taux de compression volumétrique ⁽³⁾:
 - 1.7. Dessin(s) de la chambre de combustion et de la calotte du piston:
 - 1.8. Section minimale des chapelles d'admission et d'échappement: cm²
 - 1.9. Régime de ralenti: tr/min
 - 1.10. Puissance nette maximale: kW à tr/min
 - 1.11. Régime maximal autorisé: tr/min
 - 1.12. Couple maximal net: Nm à tr/min
 - 1.13. *Système de combustion*: allumage par compression/allumage commandé ⁽²⁾
 - 1.14. *Carburant*: Diesel/GPL/GN H/GN L/GN HL ⁽²⁾
 - 1.15. *Système de refroidissement*
 - 1.15.1. Liquide
 - 1.15.1.1. Nature du liquide:
 - 1.15.1.2. Pompe(s) de circulation: avec/sans ⁽²⁾
 - 1.15.1.3. Caractéristiques ou marque(s) et type(s) (s'il y a lieu):
 - 1.15.1.4. Rapport(s) d'entraînement (s'il y a lieu):
 - 1.15.2. Air
 - 1.15.2.1. Soufflante: avec/sans ⁽²⁾
 - 1.15.2.2. Caractéristiques ou marque(s) et type(s) (s'il y a lieu):
 - 1.15.2.3. Rapport(s) d'entraînement (s'il y a lieu):
 - 1.16. *Température admise par le constructeur*
 - 1.16.1. Refroidissement par liquide: température maximale de sortie: K
 - 1.16.2. Refroidissement par air: point de référence:

⁽¹⁾ À présenter pour chaque moteur de la famille.

⁽²⁾ Biffer la mention inutile.

⁽³⁾ Indiquer la tolérance.

- Température maximale au point de référence: K
- 1.16.3. Température maximale de l'air à la sortie de l'échangeur d'admission (s'il y a lieu): K
- 1.16.4. Température maximale au ou aux tuyaux d'échappement au droit de la ou des brides de sortie du ou des collecteurs d'échappement ou du ou des turbocompresseurs: K
- 1.16.5. Température du carburant: min. K, max. K
à l'admission de la pompe d'injection pour des moteurs Diesel, à l'étage final du détendeur pour des moteurs à gaz
- 1.16.6. Pression de carburant: min. KPa, max. kPa
à l'étage final du détendeur, moteurs à gaz fonctionnant au gaz naturel uniquement
- 1.16.7. Température du lubrifiant: min. K, max. K
- 1.17. *Suralimentation: avec/sans* ⁽¹⁾
- 1.17.1. Marque:
- 1.17.2. Type:
- 1.17.3. Description du système (p. ex. pression de charge max., soupape de décharge, s'il y a lieu)
.....
- 1.17.4. Échangeur intermédiaire: avec/sans ⁽¹⁾
- 1.18. *Système d'admission*

Dépression à l'admission maximale autorisée au régime du moteur nominal et à pleine charge, spécifiée dans la directive 80/1269/CEE ⁽²⁾, modifiée en dernier lieu par la directive 97/21/CE ⁽³⁾, et aux conditions de fonctionnement qui y sont énoncées:..... kPa
- 1.19. *Système d'échappement*

Contre-pression à l'échappement maximale autorisée au régime du moteur nominal et à pleine charge, spécifiée dans la directive 80/1269/CEE ⁽²⁾, modifiée en dernier lieu par la directive 97/21/CE ⁽³⁾, et dans les conditions de fonctionnement qui y sont énoncées: kPa

Volume du système d'échappement: dm³
2. **Mesures prises contre la pollution atmosphérique**
- 2.1. Dispositif de recyclage des gaz de carter (description et schémas):
- 2.2. Dispositifs antipollution supplémentaires (s'ils existent et s'ils n'apparaissent pas dans une autre rubrique)
- 2.2.1. Convertisseur catalytique: oui/non ⁽¹⁾
- 2.2.1.1. Nombre de convertisseurs catalytiques et d'éléments:
- 2.2.1.2. Dimensions, forme et volume du ou des convertisseurs catalytiques:
- 2.2.1.3. Type d'action catalytique:
- 2.2.1.4. Quantité totale de métaux précieux:
- 2.2.1.5. Concentration relative:
- 2.2.1.6. Substrat (structure et matériaux):
- 2.2.1.7. Densité alvéolaire:

⁽¹⁾ Biffer la mention inutile.

⁽²⁾ JO L 375 du 31.12.1980, p. 46.

⁽³⁾ JO L 125 du 16.5.1997, p. 31.

- 2.2.1.8. Type de carter pour le/les convertisseur(s) catalytique(s):
- 2.2.1.9. Emplacement des convertisseurs catalytiques (localisation et distance de référence le long du système d'échappement):
- 2.2.2. Capteur d'oxygène: oui/non ⁽¹⁾
- 2.2.2.1. Type:
- 2.2.3. Injection d'air: oui/non ⁽¹⁾
- 2.2.3.1. Type (air pulsé, pompe à air, etc.):
- 2.2.4. Recyclage des gaz d'échappement: oui/non ⁽¹⁾
- 2.2.4.1. Caractéristiques (débit, etc.):
- 2.2.5. Filtre à particules: oui/non ⁽¹⁾
- 2.2.5.1. Dimensions, forme et contenance du filtre à particules:
- 2.2.5.2. Type et conception du filtre à particules:
- 2.2.5.3. Emplacement (distance de référence le long du système d'échappement):
- 2.2.5.4. Méthode ou système de régénération, description et/ou dessin:
- 2.2.6. Autres systèmes: oui/non ⁽¹⁾
- 2.2.6.1. Description et fonctionnement:
- 3. Alimentation en carburant**
- 3.1. *Moteurs Diesel*
- 3.1.1. Pompe d'alimentation en carburant
- Pressure ⁽²⁾: kPa ou diagramme caractéristique ⁽¹⁾:
- 3.1.2. Système d'injection
- 3.1.2.1. Pompe
- 3.1.2.1.1. Marque(s):
- 3.1.2.1.2. Type(s):
- 3.1.2.1.3. Débit: mm³ ⁽²⁾ par course au régime du moteur de tr/min à pleine injection ou diagramme caractéristique ⁽¹⁾ ⁽²⁾:
- Indiquer la méthode utilisée: sur moteur/sur banc de pompe ⁽¹⁾
- En présence d'un correcteur piloté par la pression de suralimentation, indiquer le débit de carburant caractéristique et la pression de suralimentation en fonction du moteur.
- 3.1.2.1.4. Avance à l'injection
- 3.1.2.1.4.1. Courbe d'avance à l'injection ⁽²⁾:
- 3.1.2.1.4.2. Calage statique ⁽²⁾:
- 3.1.2.2. Tuyauterie d'injection
- 3.1.2.2.1. Longueur: mm
- 3.1.2.2.2. Diamètre intérieur: mm
- 3.1.2.3. Injecteur(s)
- 3.1.2.3.1. Marque(s):
- 3.1.2.3.2. Type(s):
- 3.1.2.3.3. «Pression d'ouverture» kPa ⁽²⁾
ou diagramme caractéristique ⁽¹⁾ ⁽²⁾:

⁽¹⁾ Biffer la mention inutile.

⁽²⁾ Indiquer la tolérance.

- 3.1.2.4. Régulateur
- 3.1.2.4.1. Marque(s):
- 3.1.2.4.2. Type(s):
- 3.1.2.4.3. Régime de début de coupure à pleine charge: tr/min
- 3.1.2.4.4. Régime maximal à vide: tr/min
- 3.1.2.4.5. Régime de ralenti: tr/min
- 3.1.3. Système de démarrage à froid
- 3.1.3.1. Marque(s):
- 3.1.3.2. Type(s):
- 3.1.3.3. Description:
- 3.1.3.4. Dispositif de démarrage auxiliaire:
- 3.1.3.4.1. Marque:
- 3.1.3.4.2. Type:
- 3.2. Moteurs à gaz ⁽¹⁾
- 3.2.1. Carburant: gaz naturel/GPL ⁽²⁾
- 3.2.2. Régulateur(s) de pression ou vaporisateur/régulateur(s) de pression ⁽²⁾
- 3.2.2.1. Marque(s):
- 3.2.2.2. Type(s):
- 3.2.2.3. Nombre d'étages de détente:
- 3.2.2.4. Pression à l'étage final: min. kPa, max. kPa
- 3.2.2.5. Nombre de points de réglage principaux:
- 3.2.2.6. Nombre de points de réglage du ralenti:
- 3.2.2.7. Numéro du certificat délivré conformément à la directive 1999/96/CE:
- 3.2.3. Système d'alimentation: unité de mélange/injection de gaz/injection de liquide/injection directe ⁽²⁾
- 3.2.3.1. Réglage du rapport de mélange:
- 3.2.3.2. Description du système et/ou diagramme et schémas:
- 3.2.3.3. Numéro du certificat délivré conformément à la directive 1999/96/CE:
- 3.2.4. Unité de mélange
- 3.2.4.1. Nombre:
- 3.2.4.2. Marque(s):
- 3.2.4.3. Type(s):
- 3.2.4.4. Emplacement:
- 3.2.4.5. Possibilités de réglage:
- 3.2.4.6. Numéro du certificat délivré conformément à la directive 1999/96/CE:
- 3.2.5. Injection dans le collecteur d'admission
- 3.2.5.1. Injection: monopoint/multipoint ⁽²⁾
- 3.2.5.2. Injection: continue/simultanée/séquentielle ⁽²⁾
- 3.2.5.3. Équipement d'injection

⁽¹⁾ Dans le cas de systèmes installés différemment, fournir des informations équivalentes (pour le point 3.2).

⁽²⁾ Biffer la mention inutile.

- 3.2.5.3.1. Marque(s):
- 3.2.5.3.2. Type(s):
- 3.2.5.3.3. Possibilités de réglage:
- 3.2.5.3.4. Numéro du certificat délivré conformément à la directive 1999/96/CE:
- 3.2.5.4. Pompe d'alimentation (s'il y a lieu):
- 3.2.5.4.1. Marque(s):
- 3.2.5.4.2. Type(s):
- 3.2.5.4.3. Numéro du certificat délivré conformément à la directive 1999/96/CE:
- 3.2.5.5. Injecteur(s)
- 3.2.5.5.1. Marque(s):
- 3.2.5.5.2. Type(s):
- 3.2.5.5.3. Numéro du certificat délivré conformément à la directive 1999/96/CE:
- 3.2.6. Injection directe
- 3.2.6.1. Pompe d'injection/régulateur de pression ⁽¹⁾
- 3.2.6.1.1. Marque(s):
- 3.2.6.1.2. Type(s):
- 3.2.6.1.3. Calage d'injection:
- 3.2.6.1.4. Numéro du certificat délivré conformément à la directive 1999/96/CE:
- 3.2.6.2. Injecteur(s)
- 3.2.6.2.1. Marque(s):
- 3.2.6.2.2. Type(s):
- 3.2.6.2.3. Pression d'ouverture ou diagramme caractéristique ⁽²⁾:
- 3.2.6.2.4. Numéro du certificat délivré conformément à la directive 1999/96/CE:
- 3.2.7. Bloc électronique de commande
- 3.2.7.1. Marque(s):
- 3.2.7.2. Type(s):
- 3.2.7.3. Possibilités de réglage:
- 3.2.8. Équipement spécifique au gaz naturel
- 3.2.8.1. Variante 1
- (uniquement dans le cas de réceptions de moteurs pour plusieurs compositions de carburant spécifiques)
- 3.2.8.1.1. Composition de carburant:
- | | | | | | | |
|---|----------------|---------|-----------|---------|-----------|--------|
| méthane (CH ₄): | de base: | % mole; | min. | % mole; | max. | % mole |
| éthane (C ₂ H ₆): | de base: | % mole; | min. | % mole; | max. | % mole |
| propane (C ₃ H ₈): | de base: | % mole; | min. | % mole; | max. | % mole |
| butane (C ₄ H ₁₀): | de base: | % mole; | min. | % mole; | max. | % mole |
| C5/C5+: | de base: | % mole; | min. | % mole; | max. | % mole |
| oxygène (O ₂): | de base: | % mole; | min. | % mole; | max. | % mole |
| gaz inerte (N ₂ , He, etc.): | de base: | % mole; | min. | % mole; | max. | % mole |

⁽¹⁾ Biffer la mention inutile.

⁽²⁾ Indiquer la tolérance.

- 3.2.8.1.2. Injecteur(s)
- 3.2.8.1.2.1. Marque(s):
- 3.2.8.1.2.2. Type(s):
- 3.2.8.1.3. Divers (s'il y a lieu)
- 3.2.8.2. Variante 2
(uniquement dans le cas de réceptions de moteurs pour plusieurs compositions de carburant spécifiques)
4. **Distribution**
- 4.1. Levée maximale des soupapes et angles d'ouverture et de fermeture par rapport aux points morts de données équivalentes:
- 4.2. Référence et/ou gammes de réglage ⁽¹⁾:
5. **Système d'allumage (moteurs à allumage commandé uniquement)**
- 5.1. *Type de système d'allumage*: bobine et bougies communes/bobine et bougies individuelles/bobine sur bougie/autre (préciser) ⁽¹⁾
- 5.2. *Dispositif de commande de l'avance à l'allumage*
- 5.2.1. Marque(s):
- 5.2.2. Type(s):
- 5.3. Courbe d'avance à l'allumage/cartographie d'avance à l'allumage ⁽¹⁾ ⁽²⁾:
- 5.4. Calage d'allumage ⁽²⁾: degrés avant le PMH à un régime de tr/min et une pression absolue dans la tubulure d'admission de kPa
- 5.5. *Bougies d'allumage*
- 5.5.1. Marque(s):
- 5.5.2. Type(s):
- 5.5.3. Écartement des électrodes: mm
- 5.6. *Bobine(s) d'allumage*:
- 5.6.1. Marque(s):
- 5.6.2. Type(s):

⁽¹⁾ Biffer la mention inutile.

⁽²⁾ Indiquer la tolérance.

Appendice 4

CARACTÉRISTIQUES DES PARTIES DU VÉHICULE EN LIAISON AVEC LE MOTEUR

1. Dépression du système d'admission au régime nominal du moteur et à pleine charge: kPa
2. Contre-pression du système d'échappement au régime nominal du moteur et à pleine charge: kPa
3. Volume du système d'échappement: dm³
4. Puissance absorbée par les dispositifs auxiliaires nécessaires au fonctionnement du moteur, spécifiée dans la directive 80/1269/CEE⁽¹⁾, modifiée en dernier lieu par la directive 97/21/CE⁽²⁾, annexe I, point 5.1.1, et dans les conditions de fonctionnement qui y sont énoncées.

| Équipement | Puissance absorbée (kW) à différents régimes du moteur | | | | | | |
|---|--|------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| | Ralenti | Régime inférieur | Régime supérieur | Régime A ⁽¹⁾ | Régime B ⁽¹⁾ | Régime C ⁽¹⁾ | Régime de référence ⁽²⁾ |
| P(a) Dispositifs auxiliaires nécessaires au fonctionnement du moteur (à soustraire de la puissance mesurée pour le moteur) voir le point 6.1 de l'appendice 1 | | | | | | | |

⁽¹⁾ Essai ESC.

⁽²⁾ Essai ETC uniquement.

⁽¹⁾ JO L 375 du 31.12.1980, p. 46.

⁽²⁾ JO L 125 du 16.5.1997, p. 31.

ANNEXE III

PROCÉDURE D'ESSAI

1. INTRODUCTION

1.1. La présente annexe décrit la méthode à appliquer pour mesurer les émissions de gaz, de particules et de fumées des moteurs soumis à l'essai. Trois cycles d'essai sont décrits et doivent être exécutés conformément aux dispositions de l'annexe I, point 6.2:

- l'essai ESC consistant en un cycle d'essai en 13 modes stabilisés;
- l'essai ELR consistant en des prises en charges dynamiques à différents régimes qui font partie intégrante d'une seule et même procédure d'essai et sont appliquées simultanément;
- l'essai ETC consistant en un cycle de modes transitoires appliqués seconde par seconde.

1.2. Pour l'essai, le moteur est monté sur un banc d'essai et accouplé à un dynamomètre.

1.3. **Principe de mesure**

Les émissions de gaz d'échappement du moteur à mesurer comprennent les éléments gazeux (monoxyde de carbone, hydrocarbures totaux pour les moteurs Diesel lors de l'essai ESC uniquement; hydrocarbures non méthaniques pour les moteurs Diesel et les moteurs à gaz lors de l'essai ETC uniquement; méthane pour les moteurs à gaz lors de l'essai ETC uniquement et oxydes d'azote), les particules (moteurs Diesel uniquement) et les fumées (moteurs Diesel lors de l'essai ELR uniquement). En outre, le dioxyde de carbone est souvent utilisé comme gaz de dépitage pour mesurer le taux de dilution de systèmes de dilution en dérivation et en circuit principal. Les règles de l'art recommandent de procéder à une mesure générale du dioxyde de carbone afin de détecter les problèmes de mesure durant la marche d'essai.

1.3.1. *Essai ESC*

Durant une séquence prescrite de conditions de fonctionnement d'un moteur chaud, les quantités d'émission de gaz d'échappement indiquées ci-dessus sont analysées en continu en prélevant un échantillon de gaz d'échappement bruts. Le cycle d'essai comprend plusieurs modes de régime et de puissance qui couvrent la gamme opérationnelle caractéristique de moteurs Diesel. Durant chaque mode, la concentration de chaque gaz polluant, le débit de gaz d'échappement et la puissance délivrée sont mesurés et les valeurs collectées pondérées. L'échantillon de particules est dilué dans de l'air ambiant conditionné. Un échantillon est prélevé durant toute la procédure d'essai et collecté sur des filtres appropriés. Les grammes de chaque polluant émis par kilowatt-heure sont calculés conformément à la description de l'appendice 1 de la présente annexe. En outre, les NO_x sont mesurés en trois points d'essai de la zone de contrôle sélectionnés par le service technique⁽¹⁾ et les valeurs mesurées comparées à celles déterminées à partir des modes du cycle d'essai qui recouvrent les points d'essai sélectionnés. Le contrôle des émissions de NO_x garantit l'efficacité de la lutte contre les émissions du moteur dans la plage de fonctionnement caractéristique du moteur.

1.3.2. *Essai ELR*

Durant un essai prescrit de prises en charges dynamiques, les fumées d'un moteur chaud sont mesurées à l'aide d'un opacimètre. L'essai consiste à appliquer, sur le moteur tournant à régime constant, une charge de 10% à 100% à trois régimes différents du moteur. En outre, un quatrième échelon de charge sélectionné par le service technique⁽¹⁾ est appliqué et le résultat est comparé aux valeurs des échelons de charge précédents. La pointe de fumées est mesurée à l'aide d'un algorithme de calcul de moyennes décrit à l'appendice 1 de la présente annexe.

⁽¹⁾ Les points d'essai doivent être sélectionnés à l'aide de méthodes statistiques agréées de prélèvement aléatoire.

1.3.3. *Essai ETC*

Durant un cycle transitoire prescrit de conditions de fonctionnement d'un moteur chaud, qui reflète fidèlement les modes de conduite typiquement routiers de moteurs de poids lourds et de bus, les polluants susmentionnés sont analysés après avoir dilué la totalité du volume de gaz d'échappement dans de l'air ambiant conditionné. Grâce aux signaux de couple et de régime du moteur renvoyés par le dynamomètre pour moteurs, la puissance doit être prise en compte pendant la durée du cycle afin de fournir le travail produit par le moteur durant le cycle. La concentration des NO_x et des hydrocarbures (HC) est mesurée sur tout le cycle en intégrant le signal émis par l'analyseur. La concentration de CO, CO₂ et de NMHC peut être mesurée en intégrant le signal de l'analyseur ou en prélevant des sacs. En ce qui concerne les particules, un échantillon proportionnel est collecté sur des filtres appropriés. Le débit des gaz d'échappement dilués est mesuré sur toute la durée du cycle afin de déterminer les valeurs d'émission massique des polluants. Ces dernières sont mises en relation avec le travail du moteur en vue d'obtenir les grammes de chaque polluant émis par kilowatt-heure conformément à la description de l'appendice 2 de la présente annexe.

2. CONDITIONS D'ESSAI

2.1. **Conditions d'essai du moteur**

2.1.1. La température absolue (T_a) de l'air du moteur à l'admission, exprimée en Kelvin, et la pression atmosphérique sèche (p_s), exprimée en kPa, sont mesurées et le paramètre F est déterminé conformément aux dispositions suivantes:

a) pour des moteurs Diesel:

moteurs à aspiration naturelle et à suralimentation mécanique:

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

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

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

b) pour des moteurs à gaz:

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

2.1.2. *Validité de l'essai*

Pour que la validité d'un essai soit reconnue, le paramètre F doit être tel que:

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

2.2. **Moteurs à refroidissement de l'air de suralimentation**

La température de l'air de suralimentation doit être enregistrée et se situer, au régime de la puissance maximale déclarée et à pleine charge, à moins de ± 5 K de la température maximale de l'air de suralimentation qui est spécifiée à l'annexe II, appendice 1, point 1.16.3. La température du liquide de refroidissement doit au moins atteindre 293 K (20 °C).

En présence d'un système d'essai en atelier ou d'une soufflerie externe, la température de l'air de suralimentation doit se situer, au régime de la puissance maximale déclarée et à pleine charge, à moins de ± 5 K de la température maximale de l'air de suralimentation qui est spécifiée à l'annexe II, appendice 1, point 1.16.3. Le réglage du refroidisseur d'air de suralimentation exécuté pour satisfaire aux conditions ci-dessus n'est pas contrôlé et est appliqué durant tout le cycle d'essai.

2.3. Système d'admission d'air du moteur

La restriction d'admission d'air du système d'admission d'air du moteur utilisé doit se situer à moins de ± 100 Pa de la limite supérieure de fonctionnement du moteur au régime de la puissance maximale déclarée et à pleine charge.

2.4. Système d'échappement du moteur

La contre-pression à l'échappement du système d'échappement utilisé doit se situer à moins de $\pm 1\,000$ Pa de la limite supérieure de fonctionnement du moteur au régime de la puissance maximale déclarée et à pleine charge et son volume doit être égal à $\pm 40\%$ de celui indiqué par le constructeur. Pour autant qu'il reflète les conditions réelles de fonctionnement du moteur, un système d'essai en atelier peut être utilisé. Le système d'échappement doit être conforme aux exigences posées en matière d'échantillonnage de gaz d'échappement qui sont prescrites à l'annexe III, appendice 4, point 3.4 et à l'annexe V, point 2.2.1, EP et point 2.3.1, EP.

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

2.5. Système de refroidissement

Il convient d'utiliser un système de refroidissement du moteur dont la capacité suffit à maintenir le moteur à des températures normales de fonctionnement prescrites par le constructeur.

2.6. Huile lubrifiante

Les spécifications de l'huile lubrifiante utilisée pour l'essai doivent être enregistrées et présentées avec les résultats de l'essai, conformément aux indications de l'annexe II, appendice 1, point 7.1.

2.7. Carburant

Il convient d'utiliser le carburant de référence indiqué à l'annexe IV.

Le constructeur spécifie la température et le point de mesure du carburant dans les limites indiquées à l'annexe II, appendice 1, point 1.16.5. La température du carburant ne doit pas être inférieure à 306 K (33°C). Si elle n'est pas indiquée, elle doit s'élever à 311 K ± 5 K (38°C ± 5 °C) à l'admission du système d'alimentation en carburant.

Pour les moteurs fonctionnant au gaz naturel ou au GPL, la température du carburant et le point de mesurage se situeront dans les limites fixées à l'annexe II, appendice 1, point 1.16.5, ou à l'annexe II, appendice 3, point 1.16.5, dans les cas où le moteur n'est pas un moteur parent.

2.8. Essai de systèmes de post-traitement des gaz d'échappement

Si le moteur est équipé d'un système de post-traitement des gaz d'échappement, les émissions mesurées durant le ou les cycles d'essai doivent être représentatives des émissions en utilisation réelle. Si ceci est impossible avec un cycle d'essai unique (p. ex. pour des filtres à particules à régénération périodique), plusieurs cycles d'essai doivent être exécutés et les résultats de l'essai moyennés et/ou pondérés. La procédure exacte doit être convenue entre le constructeur du moteur et le service technique en se fondant sur une bonne appréciation technique.

Appendice 1

CYCLES D'ESSAI ESC ET ELR

1. RÉGLAGES DU MOTEUR ET CALIBRAGE DU BANC DYNAMOMÉTRIQUE

1.1. **Mesure des régimes A, B et C du moteur**

Les régimes A, B et C du moteur doivent être déclarés par le constructeur conformément aux dispositions suivantes:

le régime supérieur $n_{sup.}$ est mesuré en calculant 70 % de la puissance maximale nette $P(n)$ déclarée, telle qu'elle est déterminée à l'annexe II, appendice 1, point 8.2. Le régime maximal du moteur auquel cette valeur de puissance apparaît sur la courbe de puissance est défini comme $n_{sup.}$.

Le régime inférieur $n_{inf.}$ est mesuré en calculant 50 % de la puissance maximale nette $P(n)$ déclarée, telle qu'elle est déterminée à l'annexe II, appendice 1, point 8.2. Le régime minimal du moteur auquel cette valeur de puissance apparaît sur la courbe de puissance est défini comme $n_{inf.}$.

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

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

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

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

Les régimes A, B et C du moteur peuvent être vérifiés selon l'une des deux méthodes suivantes:

- a) des points d'essai supplémentaires sont mesurés lors de la réception de la puissance du moteur conformément à la directive 80/1269/CEE afin de garantir une détermination précise des régimes $n_{sup.}$ et $n_{inf.}$. La puissance maximale $n_{sup.}$ et $n_{inf.}$ est mesurée à partir de la courbe de puissance et les régimes A, B et C du moteur sont déterminés conformément aux dispositions précitées;
- b) une cartographie du moteur est réalisée le long de la courbe de pleine charge, du régime maximal à vide au régime de ralenti, avec au moins 5 points de mesure par intervalles de 1 000 tr/min et des points de mesure à ± 50 tr/min du régime à la puissance maximale déclarée. La puissance maximale $n_{sup.}$ et $n_{inf.}$ est mesurée à partir de cette courbe de cartographie et les régimes A, B et C du moteur sont déterminés conformément aux dispositions précitées.

Si les régimes A, B et C mesurés pour le moteur se situent à $\pm 3\%$ des régimes du moteur déclarés par le constructeur, les régimes déclarés doivent être utilisés pour l'essai de mesure des émissions. Si la tolérance est franchie pour un de ces régimes du moteur, les régimes mesurés pour le moteur doivent être utilisés pour l'essai de mesure des émissions.

1.2. **Calcul du calibrage dynamométrique**

La courbe de couple à pleine charge doit être déterminée par expérimentation pour calculer les valeurs de couple pour les modes d'essai prescrits dans des conditions nettes qui sont indiquées à l'annexe II, appendice 1, point 8.2. S'il y a lieu, la puissance absorbée par l'équipement entraîné par le moteur doit être prise en considération. Le calibrage dynamométrique pour chaque mode d'essai est calculé au moyen de la formule suivante:

$$s = P(n) * \frac{L}{100} \text{ lors d'un essai réalisé dans des conditions nettes}$$

$$s = P(n) * \frac{L}{100} + (P(a) - P(b)) \text{ lors d'un essai non réalisé dans des conditions nettes}$$

où:

s = calibrage dynamométrique, en kW;

P(n) = puissance nette du moteur indiquée à l'annexe II, appendice 1, point 8.2, en kW;

L = taux de charge indiqué au point 2.7.1, en %;

P(a) = puissance absorbée par les dispositifs auxiliaires à installer conformément aux indications de l'annexe II, appendice 1, point 6.1;

P(b) = puissance absorbée par les dispositifs auxiliaires à enlever conformément aux indications de l'annexe II, appendice 1, point 6.2.

2. EXÉCUTION DE L'ESSAI ESC

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

2.1. Préparation des filtres de prélèvement

Une heure au moins avant l'essai, chacun des filtres est placé dans une boîte de Pétri fermée, mais non scellée, et placé dans une chambre de pesée aux fins de stabilisation. Au terme de la période de stabilisation, chaque filtre est pesé et le poids à vide est enregistré. Le filtre est ensuite rangé dans une boîte de Pétri fermée ou dans un porte-filtre scellé jusqu'à l'essai. Si le filtre n'est pas utilisé dans les huit heures suivant son retrait de la chambre de pesée, il doit être conditionné et repesé avant son utilisation.

2.2. Installation de l'équipement de mesure

L'appareillage et les sondes de prélèvement doivent être installés conformément aux prescriptions. Lors de l'utilisation d'un système de dilution en circuit principal pour la dilution des gaz d'échappement, le tuyau arrière d'échappement doit être connecté au système.

2.3. Démarrage du système de dilution et du moteur

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

2.4. Démarrage du système de prélèvement des particules

Le système de prélèvement des particules doit être démarré et fonctionner en dérivation. Le niveau initial de particules de l'air de dilution peut être mesuré en envoyant l'air de dilution à travers les filtres à particules. Si l'air de dilution a été filtré, une mesure peut être effectuée avant ou après l'essai. Sinon, les valeurs peuvent être mesurées au début et à la fin du cycle, puis moyennées.

2.5. Réglage du taux de dilution

L'air de dilution doit être réglé de sorte que la température des gaz d'échappement dilués mesurée juste avant le filtre primaire ne dépasse pas 325 K (52°C), quel que soit le mode. Le taux de dilution (q) ne doit pas être inférieur à 4.

Dans le cas de systèmes qui mesurent des concentrations de CO₂ ou de NO_x pour contrôler le taux de dilution, la teneur de l'air de dilution en CO₂ ou en NO_x doit être mesurée au début et à la fin de chaque essai. Les mesures de la concentration initiale du CO₂ ou des NO_x de l'air de dilution, réalisées avant ou après l'essai, doivent se situer respectivement à 100 ppm ou 5 ppm l'une de l'autre.

2.6. Contrôle des analyseurs

Les analyseurs d'émissions sont mis à zéro et étalonnés.

2.7. Cycle d'essai

2.7.1. Le cycle à 13 modes suivant doit être appliqué lorsque le dynamomètre est accouplé au moteur d'essai:

| Numéro de mode | Régime du moteur | Taux de charge | Facteur de pondération | Durée du mode |
|----------------|------------------|----------------|------------------------|---------------|
| 1 | Ralenti | — | 0,15 | 4 minutes |
| 2 | A | 100 | 0,08 | 2 minutes |
| 3 | B | 50 | 0,10 | 2 minutes |
| 4 | B | 75 | 0,10 | 2 minutes |
| 5 | A | 50 | 0,05 | 2 minutes |
| 6 | A | 75 | 0,05 | 2 minutes |
| 7 | A | 25 | 0,05 | 2 minutes |
| 8 | B | 100 | 0,09 | 2 minutes |
| 9 | B | 25 | 0,10 | 2 minutes |
| 10 | C | 100 | 0,08 | 2 minutes |
| 11 | C | 25 | 0,05 | 2 minutes |
| 12 | C | 75 | 0,05 | 2 minutes |
| 13 | C | 50 | 0,05 | 2 minutes |

2.7.2. Séquence d'essai

La séquence d'essai démarre. L'essai doit être exécuté dans l'ordre des numéros de modes prescrit au point 2.7.1.

Le moteur doit fonctionner dans chaque mode pendant la durée spécifiée, le régime du moteur étant atteint et les changements de charge réalisés au cours des 20 premières secondes. Le régime spécifié doit être maintenu à ± 50 tr/min et le couple spécifié à $\pm 2\%$ du couple maximal au régime d'essai.

À la demande du constructeur, la séquence d'essai peut être répétée un nombre suffisant de fois afin de prélever une masse de particules plus grande sur le filtre. Le constructeur fournit une description détaillée des procédures d'évaluation et de calcul des données. Les émissions de gaz ne sont mesurées que lors du premier cycle.

2.7.3. Réponse des analyseurs

Le résultat fourni par les analyseurs est enregistré sur un enregistreur à diagramme rectangulaire ou mesuré à l'aide d'un système d'acquisition de données équivalent, les gaz d'échappement devant passer dans les analyseurs durant tout le cycle d'essai.

2.7.4. Prélèvement de particules

Une paire de filtres (filtre primaire et filtre secondaire, voir l'annexe III, appendice 4) doit être utilisée pendant toute la durée de la procédure d'essai. Il convient de tenir compte des facteurs modaux de pondération prescrits dans la procédure du cycle d'essai en prélevant, à chaque mode individuel du cycle, un échantillon proportionnel au débit massique de gaz d'échappement; à cette fin, on peut régler en conséquence le débit de l'échantillon, la durée du prélèvement et/ou le taux de dilution pour satisfaire au critère d'application des facteurs de pondération effectifs indiqués au point 5.6.

La durée de prélèvement par mode doit au moins s'élever à 4 secondes par facteur de pondération 0,01. Dans chaque mode, le prélèvement doit être réalisé le plus tard possible. Les particules doivent être prélevées au plus tôt 5 secondes avant l'achèvement de chaque mode.

2.7.5. Conditions du moteur

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

Toutes les données supplémentaires nécessaires à la mesure doivent être enregistrées (voir les points 4 et 5).

2.7.6. *Vérification des émissions de NO_x dans la zone de contrôle*

Dans la zone de contrôle, les émissions de NO_x sont vérifiées au terme du mode 13.

Le moteur est conditionné en mode 13 pendant les trois minutes qui précèdent le début des mesures. Trois mesures doivent être conduites en des emplacements différents de la zone de contrôle qui sont sélectionnés par le service technique⁽¹⁾. Chaque mesure dure deux minutes.

La procédure de mesure est identique à celle utilisée pour la mesure des NO_x lors du cycle à 13 modes et elle est appliquée conformément aux points 2.7.3, 2.7.5 et 4.1 de la présente annexe et à l'annexe III, appendice 4, point 3.

La mesure doit être exécutée conformément au point 4.

2.7.7. *Nouvelle vérification des analyseurs*

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

3. EXÉCUTION DE L'ESSAI ELR

3.1. **Installation de l'équipement de mesure**

L'opacimètre et les sondes de prélèvement, s'il y a lieu, doivent être installés après le silencieux ou un éventuel dispositif de post-traitement conformément aux procédures générales d'installation préconisées par le fabricant de l'instrument. En outre, les exigences du point 10 de la norme ISO IDS 11614 doivent être respectées lorsqu'elles s'appliquent.

Avant toute vérification du zéro et de la pleine échelle, l'opacimètre doit être chauffé et stabilisé conformément aux recommandations du fabricant de l'instrument. S'il est équipé d'un système à air de purge destiné à éviter la formation de suies sur l'optique de l'appareil, ce système doit aussi être activé et réglé conformément aux recommandations du fabricant.

3.2. **Vérification de l'opacimètre**

Les vérifications du zéro et de la pleine échelle doivent être exécutées en mode de lecture d'opacité, car l'échelle d'opacité possède deux points d'étalonnage parfaitement définissables, à savoir une opacité nulle (0%) et une opacité totale (100%). Le coefficient d'absorption lumineuse est ensuite déterminé correctement à l'aide de l'opacité mesurée et de la base L_A fournie par le fabricant de l'opacimètre lorsque l'instrument est de nouveau réglé sur le mode de lecture k pour l'essai.

Lorsque le faisceau lumineux de l'opacimètre n'est pas obstrué, l'indicateur doit être réglé sur une opacité de 0,0% ± 1,0%. Lorsque le faisceau ne peut pas atteindre le récepteur, l'indicateur doit être réglé sur une opacité de 100,0% ± 1,0%.

3.3. **Cycle d'essai**

3.3.1. *Conditionnement du moteur*

Le moteur et le système doivent être mis en température à la puissance maximale afin de stabiliser les paramètres du moteur conformément à la recommandation du constructeur. La phase de préconditionnement doit également protéger la mesure proprement dite contre l'influence de dépôts dans le système d'échappement résultant d'un essai antérieur.

Une fois le moteur stabilisé, le cycle démarre dans les 20 ± 2 s qui suivent la phase de préconditionnement. À la demande du constructeur, un essai à blanc peut être exécuté en vue de garantir un conditionnement supplémentaire avant le cycle de mesure.

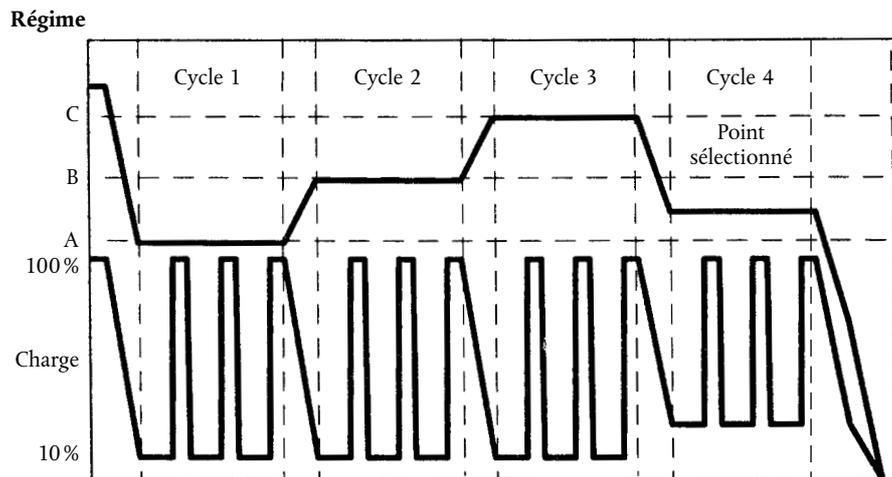
⁽¹⁾ Les points d'essai doivent être sélectionnés à l'aide de méthodes statistiques agréées de prélèvement aléatoire.

3.3.2. Séquence d'essai

L'essai se compose d'une séquence de trois échelons de charge à chacun des trois régimes A (cycle 1), B (cycle 2) et C (cycle 3) du moteur, définis conformément à l'annexe III, point 1.1; elle est suivie d'un cycle 4 réalisé à un régime compris dans la zone de contrôle et à une charge de 10% à 100% sélectionnée par le service technique⁽¹⁾. La séquence ci-dessous doit être conforme à la figure 3 lorsqu'un dynamomètre est accouplé au moteur d'essai.

Figure 3

Cycle de l'essai ELR



- Le moteur doit fonctionner au régime A et à un taux de charge de 10% pendant 20 ± 2 s. Le régime spécifié doit être maintenu à ± 20 tr/min et le couple spécifié à $\pm 2\%$ du couple maximal au régime d'essai.
- Au terme de la première étape, le levier de réglage du régime doit être amené rapidement et maintenu en position pleins gaz pendant 10 ± 1 s. La charge dynamométrique nécessaire doit être appliquée afin de maintenir le régime du moteur à ± 150 tr/min durant les 3 premières secondes, puis à ± 20 tr/min pendant le reste de l'étape.
- La séquence décrite sous les points a) et b) doit être répétée à deux reprises.
- Au terme du troisième échelon de charge, le moteur doit être réglé sur le régime B et sur un taux de charge de 10% en moins de 20 ± 2 s.
- La séquence a) à c) doit être exécutée lorsque le moteur tourne au régime B.
- Au terme du troisième échelon de charge, le moteur doit être réglé sur le régime C et un taux de charge de 10% en moins de 20 ± 2 s.
- La séquence a) à c) doit être exécutée lorsque le moteur tourne au régime C.
- Au terme du troisième échelon de charge, le moteur doit être réglé sur le régime du moteur sélectionné et une charge quelconque supérieure à 10% en moins de 20 ± 2 s.
- La séquence a) à c) doit être exécutée lorsque le moteur tourne au régime sélectionné.

3.4. Validation du cycle

Les écarts types relatifs des valeurs moyennes de fumées à chaque régime d'essai (A, B et C) doivent être inférieurs à 15% de la valeur moyenne correspondante (SV_A , SV_B , SV_C , tels que calculés, conformément au point 6.3.3, à partir de trois échelons de charge successifs à chaque régime d'essai) ou inférieurs à 10% de la valeur limite indiquée au tableau 1 de l'annexe I, la plus grande de ces deux valeurs étant retenue. Si la différence est supérieure, la séquence doit être répétée jusqu'à ce que trois échelons de charge successifs répondent aux critères de validation.

⁽¹⁾ Les points d'essai doivent être sélectionnés à l'aide de méthodes statistiques agréées de prélèvement aléatoire.

3.5. Nouvelle vérification de l'opacimètre

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

4. MESURE DES ÉMISSIONS DE GAZ POLLUANTS

4.1. Évaluation des résultats

Pour évaluer les émissions de gaz, il convient de calculer la moyenne des valeurs des diagrammes des 30 dernières secondes de chaque mode et de déterminer, durant chaque mode, les concentrations moyennes (conc) de HC, de CO et de NO_x à partir des valeurs moyennes des diagrammes et des données d'étalonnage correspondantes. Un type différent d'enregistrement peut être utilisé s'il garantit une acquisition équivalente des données.

Lors d'une vérification des émissions de NO_x dans la zone de contrôle, les exigences précitées ne valent que pour les émissions de NO_x .

Le débit de gaz d'échappement G_{EXHW} ou le débit de gaz d'échappement dilués G_{TOTW} — s'il est utilisé en option — doit être mesuré conformément à l'annexe III, appendice 4, point 2.3.

4.2. Correction en conditions sèches/humides

Si elles ne sont pas déjà mesurées en conditions humides, les concentrations mesurées doivent être converties en valeurs rapportées en conditions humides à l'aide de la formule ci-dessous:

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

Pour les gaz d'échappement bruts:

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

et

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

Pour les gaz d'échappement dilués:

$$K_{w,e,1} = \left(1 - \frac{\text{HTCRAT} * \text{CO}_2 \% (\text{humide})}{200} \right) - K_{w1}$$

ou

$$K_{w,e,2} = \left(\frac{(1 - K_{w1})}{1 + \frac{\text{HTCRAT} * \text{CO}_2 \% (\text{sec})}{200}} \right)$$

Pour l'air de dilution

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

$$K_{w1} = \frac{1,608 * H_d}{1\ 000 + (1,608 * H_d)}$$

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

où:

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

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

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

p_B = pression barométrique totale, en kPa

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

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

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

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

4.3. Correction de l'humidité et de la température des émissions de NO_x

Comme les émissions de NO_x dépendent des conditions atmosphériques ambiantes, la concentration de NO_x doit être corrigée en fonction de la température et de l'humidité de l'air ambiant en appliquant les facteurs de la formule ci-dessous:

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

où

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

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

T_a = température de l'air d'admission, en K (la température et l'humidité doivent être mesurées à la même position)

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

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

où:

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

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

p_B = pression barométrique totale, en kPa

4.4. Mesures des débits massiques d'émission

Les débits massiques d'émission (g/h) doivent être mesurés comme suit pour chaque mode, en supposant la densité des gaz d'échappement égale à 1,293 kg/m³ à 273 K (0 °C) et 101,3 kPa:

$$(1) \text{ NO}_{x \text{ masse}} = 0,001587 * \text{ NO}_{x \text{ conc}} * K_{H,D} * G_{EXHW}$$

$$(2) \text{ CO}_{\text{masse}} = 0,000966 * \text{ CO}_{\text{conc}} * G_{EXHW}$$

$$(3) \text{ HC}_{\text{masse}} = 0,000479 * \text{ HC}_{\text{conc}} * G_{EXHW}$$

où NO_{x conc}, CO_{conc}, HC_{conc} ⁽¹⁾ sont les concentrations moyennes (ppm) présentes dans les gaz d'échappement bruts mesurés au point 4.1.

Si, en option, les émissions de gaz sont mesurées à l'aide d'un système de dilution en circuit principal, la formule suivante s'applique:

$$(1) \text{ NO}_{x \text{ masse}} = 0,001587 * \text{ NO}_{x \text{ conc}} * K_{H,D} * G_{TOTW}$$

$$(2) \text{ CO}_{\text{masse}} = 0,000966 * \text{ CO}_{\text{conc}} * G_{TOTW}$$

$$(3) \text{ HC}_{\text{masse}} = 0,000479 * \text{ HC}_{\text{conc}} * G_{TOTW}$$

où NO_{x conc}, CO_{conc}, HC_{conc} ⁽¹⁾ sont les concentrations moyennes corrigées de l'air de dilution (ppm) de chaque mode dans les gaz d'échappement dilués, déterminés à l'annexe III, appendice 2, point 4.3.1.1.

4.5. Calcul des émissions spécifiques

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

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

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

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

Les facteurs de pondération (WF) utilisés dans le calcul ci-dessus sont conformes au point 2.7.1.

⁽¹⁾ À partir d'un équivalent C1.

4.6. Calcul des valeurs de la zone de contrôle

Pour les trois points de contrôle sélectionnés conformément au point 2.7.6, les émissions de NO_x sont mesurées et calculées conformément au point 4.6.1, puis déterminées par interpolation à partir des modes du cycle d'essai les plus proches des différents points de contrôle indiqués au point 4.6.2. Les valeurs mesurées sont ensuite comparées aux valeurs interpolées conformément au point 4.6.3.

4.6.1. Calcul des émissions spécifiques

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

$$NO_{x\text{ masse,Z}} = 0,001587 * NO_{x\text{ conc,Z}} * K_{H,D} * G_{EXHW}$$

$$NO_{x,Z} = NO_{x\text{ masse,Z}} / P(n)_Z$$

4.6.2. Détermination de la valeur des émissions du cycle d'essai

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

| | |
|--------------------|--------------------------------|
| Régime (R) | = Régime (T) = n _{RT} |
| Régime (S) | = Régime (U) = n _{SU} |
| Taux de charge (R) | = Taux de charge (S) |
| Taux de charge (T) | = Taux de charge (U) |

Les émissions de NO_x du point de contrôle sélectionné Z doivent être mesurées comme suit:

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

et

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

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

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

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

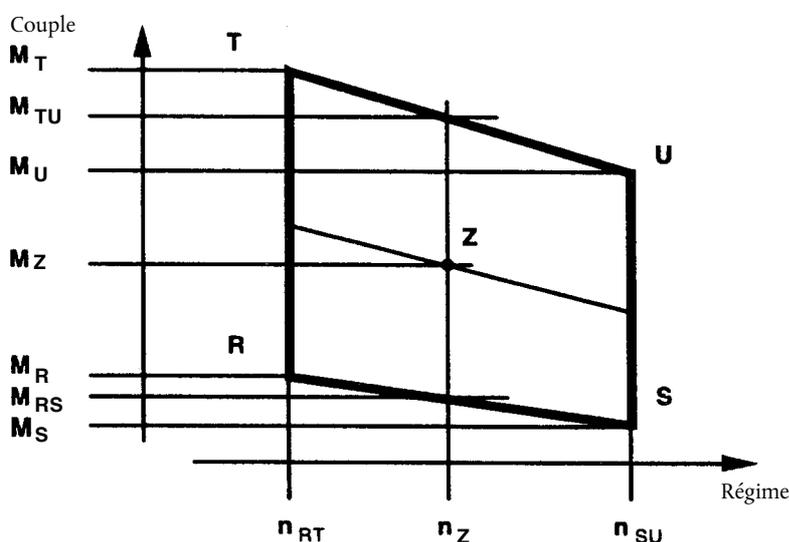
où:

E_R, E_S, E_T, E_U = émissions spécifiques de NO_x des modes enveloppants déterminés conformément au point 4.6.1

M_R, M_S, M_T, M_U = couple du moteur des modes enveloppants

Figure 4

Interpolation du point de contrôle des émissions de NO_x



4.6.3. *Comparaison des valeurs des émissions de NO_x*

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

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

5. MESURE DES ÉMISSIONS DE PARTICULES

5.1. **Évaluation des résultats**

Pour évaluer les particules, la masse totale de l'échantillon (M_{SAM,i}) au travers des filtres doit être enregistrée pour chaque mode.

Les filtres doivent être ramenés dans la chambre de pesée et conditionnés pendant au moins une heure mais pas plus de 80 heures, puis pesés. Le poids brut des filtres doit être enregistré et leur poids à vide (voir le point 2.1 du présent appendice) soustrait. La masse de particules M_f est la somme des masses de particules prélevées sur les filtres primaire et secondaire.

Si une correction doit être apportée pour l'air de dilution, la masse d'air de dilution (M_{DIL}) au travers des filtres et la masse de particules (M_d) doivent être enregistrées. Si plus d'une mesure a été effectuée, le quotient M_d/M_{DIL} doit être calculé pour chaque mesure individuelle et une moyenne de valeurs doit être calculée.

5.2. **Système de dilution en dérivation**

Les résultats d'essai définitifs communiqués pour l'émission de particules sont calculés comme suit. Puisque divers types de contrôle du taux de dilution peuvent être employés, différentes méthodes de calcul s'appliquent à G_{EDFW}. Tous les calculs doivent se fonder sur les valeurs moyennes des modes individuels au cours de la période de prélèvement.

5.2.1. *Systèmes isocinétiques*

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

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

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

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

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

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

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

où:

conc_E = concentration humide du gaz traceur dans les gaz d'échappement bruts

conc_D = concentration humide du gaz traceur dans les gaz d'échappement dilués

conc_A = concentration humide du gaz traceur dans l'air de dilution

Les concentrations mesurées en conditions sèches doivent être converties en valeurs rapportées à des conditions humides conformément au point 4.2 du présent appendice.

5.2.3. *Systèmes avec mesure du CO₂ et méthode du bilan carbone⁽¹⁾*

$$G_{\text{EDFW},i} = \frac{206,5 * G_{\text{FUEL},i}}{\text{CO}_{2D,i} - \text{CO}_{2A,i}}$$

où:

CO_{2D} = concentration de CO₂ des gaz d'échappement dilués

CO_{2A} = concentration de CO₂ de l'air de dilution

(concentrations en % vol en conditions humides)

⁽¹⁾ La valeur n'est valable que pour le carburant de référence indiqué à l'annexe IV.

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

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

et

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

5.2.4. Systèmes avec mesure du débit

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

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

5.3. Système de dilution en circuit principal

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

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

5.4. Calcul du débit massique de particules

Le débit massique de particules est calculé comme suit:

$$PT_{masse} = \frac{M_f}{M_{SAM}} * \frac{\overline{G_{EDFW}}}{1\ 000}$$

où:

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

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

$i = 1, \dots, n$

déterminés pendant le cycle d'essai en additionnant les valeurs moyennes des modes individuels au cours de la période de prélèvement.

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

$$PT_{masse} = \left[\frac{M_f}{M_{SAM}} - \left(\frac{M_d}{M_{DIL}} * \left(\sum_{i=1}^{i=n} \left(1 - \frac{1}{DF_i} \right) * WF_i \right) \right) \right] * \frac{\overline{G_{EDFW}}}{1\ 000}$$

Si plusieurs mesures sont effectuées, (M_d/M_{DIL}) est remplacé par $\overline{(M_d/M_{DIL})}$.

$DF_i = 13,4 / (\text{concCO}_2 + (\text{concCO} + \text{concHC}) * 10^{-4})$ pour les modes individuels

ou

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

5.5. Calcul des émissions spécifiques

Les émissions de particules sont calculées comme suit:

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

5.6. Facteur de pondération effectif

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

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

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

6. CALCUL DES VALEURS DE FUMÉES

6.1. Algorithme de Bessel

L'algorithme de Bessel sert à calculer les moyennes sur 1 s à partir des mesures instantanées de fumées, converties conformément au point 6.3.1. Il émule un filtre passe-bas de deuxième ordre et son utilisation impose d'effectuer des calculs itératifs afin de déterminer les coefficients. Ceux-ci dépendent du temps de réponse de l'opacimètre et de la fréquence de prélèvement. Par conséquent, le point 6.1.1 doit être répété à chaque variation du temps de réponse du système et/ou de la fréquence de prélèvement.

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

Le temps de réponse de Bessel requis (t_F) dépend des temps de réponse physique et électrique de l'opacimètre qui figurent à l'annexe III, appendice 4, point 5.2.4, et est dérivé de l'équation ci-dessous:

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

où:

t_p = temps de réponse physique, en s

t_e = temps de réponse électrique, en s

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

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

Les constantes de Bessel E et K sont dérivées des équations suivantes:

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

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

où:

$D = 0,618034$

$\Delta t = 1/\text{fréquence de prélèvement}$

$\Omega = 1/[\tan(\pi * \Delta t * f_c)]$

6.1.2. Calcul de l'algorithme de Bessel

Les valeurs de E et K permettent de calculer comme suit la moyenne de Bessel sur 1 s à un signal d'entrée progressif S_i :

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

où:

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

$S_i = 1$

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

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

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

6.2. Évaluation des résultats

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

6.3. Détermination des fumées

6.3.1. Conversion de données

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

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

et

$$N = 100 - \tau$$

où:

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

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

N = opacité, en %

τ = transmittance, en %

La conversion doit précéder tout traitement ultérieur des données.

6.3.2. Calcul de la moyenne de Bessel des fumées

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

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

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

Pour chaque échelon de charge des trois régimes A, B et C, la valeur 1 s maximale Y_{max} est sélectionnée parmi les différentes valeurs Y_i de chaque trace de fumées.

6.3.3. Résultats finals

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

pour le régime d'essai A:

$$SV_A = (Y_{max1,A} + Y_{max2,A} + Y_{max3,A})/3$$

pour le régime d'essai B:

$$SV_B = (Y_{max1,B} + Y_{max2,B} + Y_{max3,B})/3$$

pour le régime d'essai C:

$$SV_C = (Y_{max1,C} + Y_{max2,C} + Y_{max3,C})/3$$

où:

$Y_{max1}, Y_{max2}, Y_{max3}$ = moyenne de Bessel maximale sur 1 s des fumées à chacun des trois échelons de charge

La valeur finale est calculée comme suit:

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

Appendice 2

CYCLE D'ESSAI ETC

1. PROCÉDURE DE RÉALISATION DE LA CARTOGRAPHIE DU MOTEUR

1.1. Détermination de la gamme de régimes de la cartographie

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

Régime de cartographie minimal = régime de ralenti

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

1.2. Réalisation de la cartographie de puissance du moteur

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

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

1.3. Élaboration de la courbe de cartographie

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

1.4. Autres techniques de cartographie

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

1.5. Renouvellement des essais

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

- si, en vertu d'une appréciation technique, un laps de temps excessif s'est écoulé depuis la dernière cartographie
- ou
- si le moteur a subi des modifications physiques ou des réétalonnages susceptibles d'influencer potentiellement ses performances.

2. ÉLABORATION DU CYCLE D'ESSAI DE RÉFÉRENCE

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

2.1. Régime effectif

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

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

Le régime de référence (n_{ref}) correspond aux valeurs de régime à 100 % spécifiées dans la programmation de la génératrice de l'appendice 3. Il est défini comme suit (voir la figure 1 de l'annexe I):

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

où $n_{\text{sup.}}$ et $n_{\text{inf.}}$ sont spécifiés conformément à l'annexe I, point 2, ou calculés conformément à l'annexe III, appendice 1, point 1.1.

2.2. Couple effectif

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

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

pour le régime effectif correspondant tel qu'il est déterminé au point 2.1.

Pour pouvoir élaborer le cycle de référence, les valeurs de couple négatives «moteur entraîné» («m») sont des valeurs dénormalisées calculées selon une des méthodes ci-dessous:

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

2.3. Exemple de procédure de dénormalisation

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

% de régime = 43

% de couple = 82

En supposant les valeurs suivantes:

régime de référence = 2 200 tr/min

régime de ralenti = 600 tr/min

nous obtenons

$$\text{régime effectif} = \frac{43 * (2\ 200 - 600)}{100} + 600 = 1\ 288 \text{ tr/min}$$

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

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

3. EXÉCUTION DE L'ESSAI DE MESURE DES ÉMISSIONS

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

Les moteurs fonctionnant au gaz naturel et au GPL doivent être rodés en recourant à l'essai ETC. Le moteur doit tourner durant deux cycles ETC minimum et jusqu'à ce que les émissions de CO mesurées sur un cycle ETC ne dépassent pas de plus de 25 % les émissions de CO mesurées lors du cycle ETC précédent.

3.1. Préparation des filtres de prélèvement (moteurs Diesel uniquement)

Une heure au moins avant l'essai, chaque filtre (paire) est placé dans une boîte de Pétri fermée mais non scellée et placé dans une chambre de pesée aux fins de stabilisation. À la fin de la période de stabilisation, chaque filtre (paire) est pesé et le poids à vide est enregistré. Le filtre (paire) est ensuite rangé dans une boîte de Pétri fermée ou dans un porte-filtre scellé jusqu'à l'essai. Si le filtre (paire) n'est pas utilisé dans les huit heures suivant son retrait de la chambre de pesée, il doit être conditionné et repesé avant son utilisation.

3.2. Installation de l'équipement de mesure

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

3.3. Démarrage du système de dilution et du moteur

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

3.4. Démarrage du système de prélèvement des particules (moteurs Diesel uniquement)

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

3.5. Réglage du système de dilution en circuit principal

Le débit total de gaz d'échappement dilués est réglé afin d'éliminer la condensation d'eau dans le système et d'obtenir une température maximale inférieure ou égale à 325 K (52 °C) à la section d'entrée du filtre (voir l'annexe V, point 2.3.1, DT).

3.6. Contrôle des analyseurs

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

3.7. Procédure de démarrage du moteur

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

3.8. Cycle d'essai**3.8.1. Séquence d'essai**

La séquence d'essai débute lorsque le moteur a atteint le régime de ralenti. L'essai est exécuté conformément au cycle de référence défini au point 2 du présent appendice. Les points de réglage qui déterminent le régime et le couple du moteur sont sortis à 5 Hz (10 Hz recommandés) minimum. Le régime et le couple de réaction du moteur sont enregistrés au moins une fois par seconde durant le cycle d'essai et les signaux peuvent être filtrés par voie électronique.

3.8.2. Réponse des analyseurs

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

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

Les hydrocarbures (HC) et les NO_x sont mesurés en continu dans le tunnel de dilution à une fréquence de 2 Hz. Les concentrations moyennes sont calculées en intégrant les signaux de l'analyseur sur toute la durée du cycle d'essai. Le temps de réponse du système ne doit pas être supérieur à 20 s et, s'il y a lieu, doit être coordonné avec les fluctuations du débit de l'échantillon à volume constant et avec les écarts de la durée du prélèvement/du cycle d'essai. Les quantités de CO, de CO₂, de NMHC et de CH₄ sont calculées en intégrant ou en analysant les concentrations du sac de prélèvement collecté durant le cycle. Les concentrations de gaz polluants dans l'air de dilution sont calculées par intégration ou par une collecte dans le sac d'air de dilution. Toutes les autres valeurs sont enregistrées à raison d'une mesure par seconde (1 Hz) minimum.

3.8.3. *Prélèvement de particules (moteurs Diesel uniquement)*

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

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

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

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

3.8.4. *Calage du moteur*

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

3.8.5. *Opérations après l'essai*

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

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

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

Dans le cas de moteurs Diesel uniquement, les filtres à particules sont ramenés dans la chambre de pesée une heure au plus tard après la fin de l'essai, puis conditionnés dans une boîte de Pétri fermée mais pas scellée pendant au moins une heure, mais pas plus de 80 heures avant le pesage.

3.9. **Vérification de l'exécution de l'essai**

3.9.1. *Décalage de données*

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

3.9.2. *Calcul du travail du cycle*

Le travail du cycle effectif W_{eff} (kWh) est calculé avec chaque paire enregistrée de valeurs de réaction de régime et de couple du moteur, et ce, après tout décalage des données de réaction si cette option est sélectionnée. Le travail du cycle effectif W_{eff} sert à effectuer une comparaison avec le travail du cycle de référence W_{ref} et à déterminer les émissions spécifiques aux freins (voir les points 4.4 et 5.2). La même méthode est appliquée pour intégrer la puissance de référence et la puissance effective du moteur. Si les valeurs doivent être calculées entre des valeurs de référence ou de mesure adjacentes, une interpolation linéaire est effectuée.

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

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

3.9.3. *Statistiques de validation du cycle d'essai*

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

$$y = mx + b$$

où

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

m = pente de la ligne de régression

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

b = point de rencontre y de la ligne de régression

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

Il est recommandé d'effectuer cette analyse à 1 Hz. Toutes les valeurs négatives du couple de référence et toutes les valeurs de réaction associées sont éliminées du calcul des statistiques de validation du couple et de la puissance du cycle. Pour qu'un essai soit jugé valable, il doit satisfaire aux critères du tableau 6.

Tableau 6
Tolérances de la courbe de régression

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

Des points peuvent être effacés des analyses de régression lorsqu'ils sont indiqués dans le tableau 7.

Tableau 7

Effacements autorisés de points dans une analyse de régression

| Condition | Points à effacer |
|--|------------------------|
| Pleine charge/pleine ouverture des gaz et valeur de réaction du couple < valeur de référence du couple | Couple et/ou puissance |
| À vide, pas un point de ralenti et valeur de réaction du couple > valeur de référence du couple | Couple et/ou puissance |
| À vide/gaz fermés, point de ralenti et régime > régime de ralenti de référence | Régime et/ou puissance |

4. CALCUL DES ÉMISSIONS DE GAZ POLLUANTS

4.1. Détermination du débit de gaz d'échappement dilués

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

Pour le système PDP-CVS:

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

où:

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

V_0 = volume de gaz pompé par tour dans des conditions d'essai, m³/tour

N_p = nombre total de tours de la pompe par essai

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

p_1 = dépression sous la pression atmosphérique à l'orifice d'aspiration de la pompe, en kPa

T = température moyenne des gaz d'échappement dilués à l'orifice d'aspiration de la pompe durant le cycle, en K

Pour le système CFV-CVS:

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

où:

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

t = temps de cycle, en s

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

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

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

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

Pour le système PDP-CVS:

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

où:

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

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

Pour le système CFV-CVS:

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

où:

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

Δt_i = intervalle de temps, en s

Si la masse totale de l'échantillon de particules (M_{SAM}) et de gaz polluants dépasse 0,5 % du débit total de l'échantillon à volume constant (CVS) (M_{TOTW}), le débit du CVS est corrigé pour M_{SAM} ou le débit de l'échantillon de particules est ramené au CVS avant le débitmètre (PDP ou CFV).

4.2. Correction d'humidité des NO_x

Comme les émissions de NO_x dépendent des conditions atmosphériques ambiantes, la concentration de NO_x doit être corrigée en fonction de l'humidité de l'air ambiant à l'aide des facteurs de la formule ci-dessous:

a) pour des moteurs Diesel:

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

b) pour des moteurs à gaz:

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

où:

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

et

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

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

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

p_B = pression barométrique totale, en kPa

4.3. Calcul du débit massique des émissions

4.3.1. Systèmes à débit massique constant

Dans le cas de systèmes équipés d'un échangeur thermique, la masse de polluants (g/essai) est dérivée des équations suivantes:

(1) $\text{NO}_x_{\text{masse}} = 0,001587 * \text{NO}_x_{\text{conc}} * K_{\text{H,D}} * M_{\text{TOTW}}$ (moteurs Diesel)

(2) $\text{NO}_x_{\text{masse}} = 0,001587 * \text{NO}_x_{\text{conc}} * K_{\text{H,G}} * M_{\text{TOTW}}$ (moteurs à gaz)

(3) $\text{CO}_{\text{masse}} = 0,000966 * \text{CO}_{\text{conc}} * M_{\text{TOTW}}$

(4) $\text{HC}_{\text{masse}} = 0,000479 * \text{HC}_{\text{conc}} * M_{\text{TOTW}}$ (moteurs Diesel)

(5) $\text{HC}_{\text{masse}} = 0,000502 * \text{HC}_{\text{conc}} * M_{\text{TOTW}}$ (moteurs fonctionnant au GPL)

(6) $\text{NMHC}_{\text{masse}} = 0,000516 * \text{NMHC}_{\text{conc}} * M_{\text{TOTW}}$ (moteurs fonctionnant au gaz naturel)

(7) $\text{CH}_4_{\text{masse}} = 0,000552 * \text{CH}_4_{\text{conc}} * M_{\text{TOTW}}$ (moteurs fonctionnant au gaz naturel)

où:

$\text{NO}_x_{\text{conc}}$, CO_{conc} , HC_{conc} ⁽¹⁾, $\text{NMHC}_{\text{conc}}$ = concentrations moyennes de l'air de dilution corrigées sur la durée du cycle à partir de l'intégration (obligatoire pour les NO_x et les HC) ou de la mesure en sacs, en ppm

M_{TOTW} = masse totale de gaz d'échappement dilués sur la durée du cycle telle qu'elle est déterminée au point 4.1, en kg

$K_{\text{H,D}}$ = facteur de correction d'humidité de moteurs Diesel tel qu'il est déterminé au point 4.2

$K_{\text{H,G}}$ = facteur de correction d'humidité de moteurs à gaz tel qu'il est déterminé au point 4.2

⁽¹⁾ à partir d'un équivalent C1.

Les concentrations mesurées en conditions sèches doivent être converties en valeurs rapportées aux conditions humides conformément à l'annexe III, appendice 1, point 4.2.

La détermination de $NMHC_{conc}$ dépend de la méthode appliquée (voir l'annexe III, appendice 4, point 3.3.4). Dans les deux cas, la concentration de CH_4 doit être mesurée et soustraite de la concentration de HC de la manière suivante:

a) Méthode CG

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

b) Méthode NMC

$$NMHC_{conc} = \frac{HC(\text{sans séparateur}) * (1 - CE_M) - HC(\text{avec séparateur})}{CE_E - CE_M}$$

où:

HC(avec séparateur) = concentration de HC lorsque le gaz de l'échantillon s'écoule à travers le NMC

HC(sans séparateur) = concentration de HC lorsque le gaz de l'échantillon ne traverse pas le NMC

CE_M = rendement du méthane tel qu'il est déterminé à l'annexe III, appendice 5, point 1.8.4.1

CE_E = rendement de l'éthane tel qu'il est déterminé à l'annexe III, appendice 5, point 1.8.4.2

4.3.1.1. Détermination des concentrations corrigées de l'air de dilution

La concentration initiale moyenne de gaz polluants dans l'air de dilution doit être soustraite des concentrations mesurées afin d'obtenir les concentrations nettes de polluants. Les valeurs moyennes des concentrations initiales peuvent être mesurées à l'aide de la méthode des sacs de prélèvement ou d'une mesure continue avec intégration. La formule suivante est utilisée:

$$conc = conc_e - conc_d * (1 - (1/DF))$$

où:

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

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

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

DF = facteur de dilution

Le facteur de dilution est calculé comme suit:

a) pour des moteurs Diesel et des moteurs à gaz fonctionnant au GPL:

$$DF = \frac{F_S}{CO_{2\ conc} + (HC_{conc} + CO_{conc}) * 10^{-4}}$$

b) pour des moteurs à gaz fonctionnant au gaz naturel:

$$DF = \frac{F_S}{CO_{2\ conc} + (NMHC_{conc} + CO_{conc}) * 10^{-4}}$$

où:

$CO_{2\ conc}$ = concentration de CO_2 dans les gaz d'échappement dilués, en % vol

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

$NMHC_{conc}$ = concentration de NMHC dans les gaz d'échappement dilués, en ppm C1

CO_{conc} = concentration de CO dans les gaz d'échappement dilués, en ppm

F_S = facteur stœchiométrique

Les concentrations mesurées en conditions sèches doivent être converties en valeurs rapportées aux conditions humides conformément à l'annexe III, appendice 1, point 4.2.

Le facteur stœchiométrique est calculé comme suit:

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

où:

x, y = composition du carburant C_xH_y

À titre de variante, les facteurs stœchiométriques suivants peuvent être appliqués si la composition du carburant n'est pas connue:

F_S (Diesel) = 13,4

F_S (GPL) = 11,6

F_S (gaz naturel) = 9,5

4.3.2. Systèmes à compensation de l'écoulement

Lorsque le système n'est pas équipé d'un échangeur thermique, la masse des polluants (g/essai) est déterminée en calculant les émissions massiques instantanées et en intégrant les valeurs instantanées sur toute la durée du cycle. En outre, la correction initiale est appliquée directement à la valeur instantanée de concentration. Les formules suivantes sont appliquées:

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

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

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

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

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

$$(6) \text{ NMHC}_{\text{masse}} = \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} * \text{NMHC}_{\text{conce},i} * 0,000516) - (M_{\text{TOTW}} * \text{NMHC}_{\text{concd}} * (1 - 1/\text{DF}) * 0,000516) \text{ (moteurs au gaz naturel)}$$

$$(7) \text{ CH}_4 \text{ masse} = \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} * \text{CH}_4 \text{ conce},i * 0,000552) - (M_{\text{TOTW}} * \text{CH}_4 \text{ concd} * (1 - 1/\text{DF}) * 0,000552) \text{ (moteurs au gaz naturel)}$$

où:

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

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

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

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

K_{H,D} = facteur de correction d'humidité de moteurs Diesel tel qu'il est déterminé au point 4.2

K_{H,G} = facteur de correction d'humidité de moteurs à gaz tel qu'il est déterminé au point 4.2

DF = facteur de dilution tel qu'il est déterminé au point 4.3.1.1

4.4. Calcul des émissions spécifiques

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

$$\overline{\text{NO}_x} = \text{NO}_{x \text{ masse}} / W_{\text{eff.}} \text{ (moteurs Diesel et moteurs à gaz)}$$

$$\overline{\text{CO}} = \text{CO}_{\text{masse}} / W_{\text{eff.}} \text{ (moteurs Diesel et moteurs à gaz)}$$

$$\overline{\text{HC}} = \text{HC}_{\text{masse}} / W_{\text{eff.}} \text{ (moteurs Diesel et moteurs à gaz fonctionnant au GPL)}$$

$$\overline{\text{NMHC}} = \text{NMHC}_{\text{masse}} / W_{\text{eff.}} \text{ (moteurs à gaz fonctionnant au gaz naturel)}$$

$$\overline{\text{CH}_4} = \text{CH}_4 \text{ masse} / W_{\text{eff.}} \text{ (moteurs à gaz fonctionnant au gaz naturel)}$$

où:

$W_{\text{eff.}}$ = travail du cycle effectif tel qu'il est déterminé au point 3.9.2, en kWh

5. CALCUL DES ÉMISSIONS DE PARTICULES (MOTEURS DIESEL UNIQUEMENT)

5.1. Calcul du débit massique

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

$$PT_{\text{masse}} = \frac{M_f}{M_{\text{SAM}}} * \frac{M_{\text{TOTW}}}{1\ 000}$$

où:

M_f = masse de particules prélevée sur la durée du cycle, en mg

M_{TOTW} = masse totale de gaz d'échappement dilués sur la durée du cycle telle qu'elle est déterminée au point 4.1, en kg

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

et

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

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

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

Si un système de dilution double est utilisé, la masse d'air de dilution secondaire doit être soustraite de la masse totale de gaz d'échappement doublement dilués qui a été prélevée au travers des filtres à particules.

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

où:

M_{TOT} = masse de gaz d'échappement doublement dilués qui traverse le filtre à particules, en kg

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

Si le niveau de particules dans l'air de dilution est déterminé conformément au point 3.4, la masse de particules peut faire l'objet d'une correction initiale. Dans ce cas, la masse de particules (g/essai) est calculée comme suit:

$$PT_{\text{masse}} = \left[\frac{M_f}{M_{\text{SAM}}} - \left(\frac{M_d}{M_{\text{DIL}}} * \left(1 - \frac{1}{\text{DF}} \right) \right) \right] * \frac{M_{\text{TOTW}}}{1\ 000}$$

où:

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

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

M_d = masse de particules collectées dans l'air de dilution primaire, en mg

DF = facteur de dilution tel qu'il est déterminé au point 4.3.1.1

5.2. Calcul des émissions spécifiques

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

$$\overline{PT} = PT_{\text{masse}}/W_{\text{eff.}}$$

où:

$W_{\text{eff.}}$ = travail du cycle effectif tel qu'il est déterminé au point 3.9.2, en kWh

Appendice 3

PROGRAMMATION DU DYNAMOMÈTRE ACCOUPÉ AU MOTEUR POUR L'ESSAI ETC

| Temps s | Régime normal % | Couple normal % | Temps s | Régime normal % | Couple normal % | Temps s | Régime normal % | Couple normal % |
|------------|-----------------------|-----------------------|------------|-----------------------|-----------------------|------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 0 | 0 | 63 | 28,5 | 20,9 | 125 | 65,3 | «m» |
| 2 | 0 | 0 | 64 | 32 | 73,9 | 126 | 64 | «m» |
| 3 | 0 | 0 | 65 | 4 | 82,3 | 127 | 59,7 | «m» |
| 4 | 0 | 0 | 66 | 34,5 | 80,4 | 128 | 52,8 | «m» |
| 5 | 0 | 0 | 67 | 64,1 | 86 | 129 | 45,9 | «m» |
| 6 | 0 | 0 | 68 | 58 | 0 | 130 | 38,7 | «m» |
| 7 | 0 | 0 | 69 | 50,3 | 83,4 | 131 | 32,4 | «m» |
| 8 | 0 | 0 | 70 | 66,4 | 99,1 | 132 | 27 | «m» |
| 9 | 0 | 0 | 71 | 81,4 | 99,6 | 133 | 21,7 | «m» |
| 10 | 0 | 0 | 72 | 88,7 | 73,4 | 134 | 19,1 | 0,4 |
| 11 | 0 | 0 | 73 | 52,5 | 0 | 135 | 34,7 | 14 |
| 12 | 0 | 0 | 74 | 46,4 | 58,5 | 136 | 16,4 | 48,6 |
| 13 | 0 | 0 | 75 | 48,6 | 90,9 | 137 | 0 | 11,2 |
| 14 | 0 | 0 | 76 | 55,2 | 99,4 | 138 | 1,2 | 2,1 |
| 15 | 0 | 0 | 77 | 62,3 | 99 | 139 | 30,1 | 19,3 |
| 16 | 0,1 | 1,5 | 78 | 68,4 | 91,5 | 140 | 30 | 73,9 |
| 17 | 23,1 | 21,5 | 79 | 74,5 | 73,7 | 141 | 54,4 | 74,4 |
| 18 | 12,6 | 28,5 | 80 | 38 | 0 | 142 | 77,2 | 55,6 |
| 19 | 21,8 | 71 | 81 | 41,8 | 89,6 | 143 | 58,1 | 0 |
| 20 | 19,7 | 76,8 | 82 | 47,1 | 99,2 | 144 | 45 | 82,1 |
| 21 | 54,6 | 80,9 | 83 | 52,5 | 99,8 | 145 | 68,7 | 98,1 |
| 22 | 71,3 | 4,9 | 84 | 56,9 | 80,8 | 146 | 85,7 | 67,2 |
| 23 | 55,9 | 18,1 | 85 | 58,3 | 11,8 | 147 | 60,2 | 0 |
| 24 | 72 | 85,4 | 86 | 56,2 | «m» | 148 | 59,4 | 98 |
| 25 | 86,7 | 61,8 | 87 | 52 | «m» | 149 | 72,7 | 99,6 |
| 26 | 51,7 | 0 | 88 | 43,3 | «m» | 150 | 79,9 | 45 |
| 27 | 53,4 | 48,9 | 89 | 36,1 | «m» | 151 | 44,3 | 0 |
| 28 | 34,2 | 87,6 | 90 | 27,6 | «m» | 152 | 41,5 | 84,4 |
| 29 | 45,5 | 92,7 | 91 | 21,1 | «m» | 153 | 56,2 | 98,2 |
| 30 | 54,6 | 99,5 | 92 | 8 | 0 | 154 | 65,7 | 99,1 |
| 31 | 64,5 | 96,8 | 93 | 0 | 0 | 155 | 74,4 | 84,7 |
| 32 | 71,7 | 85,4 | 94 | 0 | 0 | 156 | 54,4 | 0 |
| 33 | 79,4 | 54,8 | 95 | 0 | 0 | 157 | 47,9 | 89,7 |
| 34 | 89,7 | 99,4 | 96 | 0 | 0 | 158 | 54,5 | 99,5 |
| 35 | 57,4 | 0 | 97 | 0 | 0 | 159 | 62,7 | 96,8 |
| 36 | 59,7 | 30,6 | 98 | 0 | 0 | 160 | 62,3 | 0 |
| 37 | 90,1 | «m» | 99 | 0 | 0 | 161 | 46,2 | 54,2 |
| 38 | 82,9 | «m» | 100 | 0 | 0 | 162 | 44,3 | 83,2 |
| 39 | 51,3 | «m» | 101 | 0 | 0 | 163 | 48,2 | 13,3 |
| 40 | 28,5 | «m» | 102 | 0 | 0 | 164 | 51 | «m» |
| 41 | 29,3 | «m» | 103 | 0 | 0 | 165 | 50 | «m» |
| 42 | 26,7 | «m» | 104 | 0 | 0 | 166 | 49,2 | «m» |
| 43 | 20,4 | «m» | 105 | 0 | 0 | 167 | 49,3 | «m» |
| 44 | 14,1 | 0 | 106 | 0 | 0 | 168 | 49,9 | «m» |
| 45 | 6,5 | 0 | 107 | 0 | 0 | 169 | 51,6 | «m» |
| 46 | 0 | 0 | 108 | 11,6 | 14,8 | 170 | 49,7 | «m» |
| 47 | 0 | 0 | 109 | 0 | 0 | 171 | 48,5 | «m» |
| 48 | 0 | 0 | 110 | 27,2 | 74,8 | 172 | 50,3 | 72,5 |
| 49 | 0 | 0 | 111 | 17 | 76,9 | 173 | 51,1 | 84,5 |
| 50 | 0 | 0 | 112 | 36 | 78 | 174 | 54,6 | 64,8 |
| 51 | 0 | 0 | 113 | 59,7 | 86 | 175 | 56,6 | 76,5 |
| 52 | 0 | 0 | 114 | 80,8 | 17,9 | 176 | 58 | «m» |
| 53 | 0 | 0 | 115 | 49,7 | 0 | 177 | 53,6 | «m» |
| 54 | 0 | 0 | 116 | 65,6 | 86 | 178 | 40,8 | «m» |
| 55 | 0 | 0 | 117 | 78,6 | 72,2 | 179 | 32,9 | «m» |
| 56 | 0 | 0 | 118 | 64,9 | «m» | 180 | 26,3 | «m» |
| 57 | 0 | 0 | 119 | 44,3 | «m» | 181 | 20,9 | «m» |
| 58 | 0 | 0 | 120 | 51,4 | 83,4 | 182 | 10 | 0 |
| 59 | 0 | 0 | 121 | 58,1 | 97 | 183 | 0 | 0 |
| 60 | 0 | 0 | 122 | 69,3 | 99,3 | 184 | 0 | 0 |
| 61 | 0 | 0 | 123 | 72 | 20,8 | 185 | 0 | 0 |
| 62 | 25,5 | 11,1 | 124 | 72,1 | «m» | 186 | 0 | 0 |

| Temps s | Régime normal % | Couple normal % | Temps s | Régime normal % | Couple normal % | Temps s | Régime normal % | Couple normal % |
|------------|-----------------------|-----------------------|------------|-----------------------|-----------------------|------------|-----------------------|-----------------------|
| 187 | 0 | 0 | 255 | 54,5 | «m» | 323 | 43 | 24,8 |
| 188 | 0 | 0 | 256 | 51,7 | 17 | 324 | 38,7 | 0 |
| 189 | 0 | 0 | 257 | 56,2 | 78,7 | 325 | 48,1 | 31,9 |
| 190 | 0 | 0 | 258 | 59,5 | 94,7 | 326 | 40,3 | 61 |
| 191 | 0 | 0 | 259 | 65,5 | 99,1 | 327 | 42,4 | 52,1 |
| 192 | 0 | 0 | 260 | 71,2 | 99,5 | 328 | 46,4 | 47,7 |
| 193 | 0 | 0 | 261 | 76,6 | 99,9 | 329 | 46,9 | 30,7 |
| 194 | 0 | 0 | 262 | 79 | 0 | 330 | 46,1 | 23,1 |
| 195 | 0 | 0 | 263 | 52,9 | 97,5 | 331 | 45,7 | 23,2 |
| 196 | 0 | 0 | 264 | 53,1 | 99,7 | 332 | 45,5 | 31,9 |
| 197 | 0 | 0 | 265 | 59 | 99,1 | 333 | 46,4 | 73,6 |
| 198 | 0 | 0 | 266 | 62,2 | 99 | 334 | 51,3 | 60,7 |
| 199 | 0 | 0 | 267 | 65 | 99,1 | 335 | 51,3 | 51,1 |
| 200 | 0 | 0 | 268 | 69 | 83,1 | 336 | 53,2 | 46,8 |
| 201 | 0 | 0 | 269 | 69,9 | 28,4 | 337 | 53,9 | 50 |
| 202 | 0 | 0 | 270 | 70,6 | 12,5 | 338 | 53,4 | 52,1 |
| 203 | 0 | 0 | 271 | 68,9 | 8,4 | 339 | 53,8 | 45,7 |
| 204 | 0 | 0 | 272 | 69,8 | 9,1 | 340 | 50,6 | 22,1 |
| 205 | 0 | 0 | 273 | 69,6 | 7 | 341 | 47,8 | 26 |
| 206 | 0 | 0 | 274 | 65,7 | «m» | 342 | 41,6 | 17,8 |
| 207 | 0 | 0 | 275 | 67,1 | «m» | 343 | 38,7 | 29,8 |
| 208 | 0 | 0 | 276 | 66,7 | «m» | 344 | 35,9 | 71,6 |
| 209 | 0 | 0 | 277 | 65,6 | «m» | 345 | 34,6 | 47,3 |
| 210 | 0 | 0 | 278 | 64,5 | «m» | 346 | 34,8 | 80,3 |
| 211 | 0 | 0 | 279 | 62,9 | «m» | 347 | 35,9 | 87,2 |
| 212 | 0 | 0 | 280 | 59,3 | «m» | 348 | 38,8 | 90,8 |
| 213 | 0 | 0 | 281 | 54,1 | «m» | 349 | 41,5 | 94,7 |
| 214 | 0 | 0 | 282 | 51,3 | «m» | 350 | 47,1 | 99,2 |
| 215 | 0 | 0 | 283 | 47,9 | «m» | 351 | 53,1 | 99,7 |
| 216 | 0 | 0 | 284 | 43,6 | «m» | 352 | 46,4 | 0 |
| 217 | 0 | 0 | 285 | 39,4 | «m» | 353 | 42,5 | 0,7 |
| 218 | 0 | 0 | 286 | 34,7 | «m» | 354 | 43,6 | 58,6 |
| 219 | 0 | 0 | 287 | 29,8 | «m» | 355 | 47,1 | 87,5 |
| 220 | 0 | 0 | 288 | 20,9 | 73,4 | 356 | 54,1 | 99,5 |
| 221 | 0 | 0 | 289 | 36,9 | «m» | 357 | 62,9 | 99 |
| 222 | 0 | 0 | 290 | 35,5 | «m» | 358 | 72,6 | 99,6 |
| 223 | 0 | 0 | 291 | 20,9 | «m» | 359 | 82,4 | 99,5 |
| 224 | 0 | 0 | 292 | 49,7 | 11,9 | 360 | 88 | 99,4 |
| 225 | 21,2 | 62,7 | 293 | 42,5 | «m» | 361 | 46,4 | 0 |
| 226 | 30,8 | 75,1 | 294 | 32 | «m» | 362 | 53,4 | 95,2 |
| 227 | 5,9 | 82,7 | 295 | 23,6 | «m» | 363 | 58,4 | 99,2 |
| 228 | 34,6 | 80,3 | 296 | 19,1 | 0 | 364 | 61,5 | 99 |
| 229 | 59,9 | 87 | 297 | 15,7 | 73,5 | 365 | 64,8 | 99 |
| 230 | 84,3 | 86,2 | 298 | 25,1 | 76,8 | 366 | 68,1 | 99,2 |
| 231 | 68,7 | «m» | 299 | 34,5 | 81,4 | 367 | 73,4 | 99,7 |
| 232 | 43,6 | «m» | 300 | 44,1 | 87,4 | 368 | 73,3 | 29,8 |
| 233 | 41,5 | 85,4 | 301 | 52,8 | 98,6 | 369 | 73,5 | 14,6 |
| 234 | 49,9 | 94,3 | 302 | 63,6 | 99 | 370 | 68,3 | 0 |
| 235 | 60,8 | 99 | 303 | 73,6 | 99,7 | 371 | 45,4 | 49,9 |
| 236 | 70,2 | 99,4 | 304 | 62,2 | «m» | 372 | 47,2 | 75,7 |
| 237 | 81,1 | 92,4 | 305 | 29,2 | «m» | 373 | 44,5 | 9 |
| 238 | 49,2 | 0 | 306 | 46,4 | 22 | 374 | 47,8 | 10,3 |
| 239 | 56 | 86,2 | 307 | 47,3 | 13,8 | 375 | 46,8 | 15,9 |
| 240 | 56,2 | 99,3 | 308 | 47,2 | 12,5 | 376 | 46,9 | 12,7 |
| 241 | 61,7 | 99 | 309 | 47,9 | 11,5 | 377 | 46,8 | 8,9 |
| 242 | 69,2 | 99,3 | 310 | 47,8 | 35,5 | 378 | 46,1 | 6,2 |
| 243 | 74,1 | 99,8 | 311 | 49,2 | 83,3 | 379 | 46,1 | «m» |
| 244 | 72,4 | 8,4 | 312 | 52,7 | 96,4 | 380 | 45,5 | «m» |
| 245 | 71,3 | 0 | 313 | 57,4 | 99,2 | 381 | 44,7 | «m» |
| 246 | 71,2 | 9,1 | 314 | 61,8 | 99 | 382 | 43,8 | «m» |
| 247 | 67,1 | «m» | 315 | 66,4 | 60,9 | 383 | 41 | «m» |
| 248 | 65,5 | «m» | 316 | 65,8 | «m» | 384 | 41,1 | 6,4 |
| 249 | 64,4 | «m» | 317 | 59 | «m» | 385 | 38 | 6,3 |
| 250 | 62,9 | 25,6 | 318 | 50,7 | «m» | 386 | 35,9 | 0,3 |
| 251 | 62,2 | 35,6 | 319 | 41,8 | «m» | 387 | 33,5 | 0 |
| 252 | 62,9 | 24,4 | 320 | 34,7 | «m» | 388 | 53,1 | 48,9 |
| 253 | 58,8 | «m» | 321 | 28,7 | «m» | 389 | 48,3 | «m» |
| 254 | 56,9 | «m» | 322 | 25,2 | «m» | 390 | 49,9 | «m» |

| Temps s | Régime normal % | Couple normal % | Temps s | Régime normal % | Couple normal % | Temps s | Régime normal % | Couple normal % |
|------------|-----------------------|-----------------------|------------|-----------------------|-----------------------|------------|-----------------------|-----------------------|
| 391 | 48 | «m» | 459 | 51 | 100 | 527 | 60,7 | «m» |
| 392 | 45,3 | «m» | 460 | 53,2 | 99,7 | 528 | 54,5 | «m» |
| 393 | 41,6 | 3,1 | 461 | 53,1 | 99,7 | 529 | 51,3 | «m» |
| 394 | 44,3 | 79 | 462 | 55,9 | 53,1 | 530 | 45,5 | «m» |
| 395 | 44,3 | 89,5 | 463 | 53,9 | 13,9 | 531 | 40,8 | «m» |
| 396 | 43,4 | 98,8 | 464 | 52,5 | «m» | 532 | 38,9 | «m» |
| 397 | 44,3 | 98,9 | 465 | 51,7 | «m» | 533 | 36,6 | «m» |
| 398 | 43 | 98,8 | 466 | 51,5 | 52,2 | 534 | 36,1 | 72,7 |
| 399 | 42,2 | 98,8 | 467 | 52,8 | 80 | 535 | 44,8 | 78,9 |
| 400 | 42,7 | 98,8 | 468 | 54,9 | 95 | 536 | 51,6 | 91,1 |
| 401 | 45 | 99 | 469 | 57,3 | 99,2 | 537 | 59,1 | 99,1 |
| 402 | 43,6 | 98,9 | 470 | 60,7 | 99,1 | 538 | 66 | 99,1 |
| 403 | 42,2 | 98,8 | 471 | 62,4 | «m» | 539 | 75,1 | 99,9 |
| 404 | 44,8 | 99 | 472 | 60,1 | «m» | 540 | 81 | 8 |
| 405 | 43,4 | 98,8 | 473 | 53,2 | «m» | 541 | 39,1 | 0 |
| 406 | 45 | 99 | 474 | 44 | «m» | 542 | 53,8 | 89,7 |
| 407 | 42,2 | 54,3 | 475 | 35,2 | «m» | 543 | 59,7 | 99,1 |
| 408 | 61,2 | 31,9 | 476 | 30,5 | «m» | 544 | 64,8 | 99 |
| 409 | 56,3 | 72,3 | 477 | 26,5 | «m» | 545 | 70,6 | 96,1 |
| 410 | 59,7 | 99,1 | 478 | 22,5 | «m» | 546 | 72,6 | 19,6 |
| 411 | 62,3 | 99 | 479 | 20,4 | «m» | 547 | 72 | 6,3 |
| 412 | 67,9 | 99,2 | 480 | 19,1 | «m» | 548 | 68,9 | 0,1 |
| 413 | 69,5 | 99,3 | 481 | 19,1 | «m» | 549 | 67,7 | «m» |
| 414 | 73,1 | 99,7 | 482 | 13,4 | «m» | 550 | 66,8 | «m» |
| 415 | 77,7 | 99,8 | 483 | 6,7 | «m» | 551 | 64,3 | 16,9 |
| 416 | 79,7 | 99,7 | 484 | 3,2 | «m» | 552 | 64,9 | 7 |
| 417 | 82,5 | 99,5 | 485 | 14,3 | 63,8 | 553 | 63,6 | 12,5 |
| 418 | 85,3 | 99,4 | 486 | 34,1 | 0 | 554 | 63 | 7,7 |
| 419 | 86,6 | 99,4 | 487 | 23,9 | 75,7 | 555 | 64,4 | 38,2 |
| 420 | 89,4 | 99,4 | 488 | 31,7 | 79,2 | 556 | 63 | 11,8 |
| 421 | 62,2 | 0 | 489 | 32,1 | 19,4 | 557 | 63,6 | 0 |
| 422 | 52,7 | 96,4 | 490 | 35,9 | 5,8 | 558 | 63,3 | 5 |
| 423 | 50,2 | 99,8 | 491 | 36,6 | 0,8 | 559 | 60,1 | 9,1 |
| 424 | 49,3 | 99,6 | 492 | 38,7 | «m» | 560 | 61 | 8,4 |
| 425 | 52,2 | 99,8 | 493 | 38,4 | «m» | 561 | 59,7 | 0,9 |
| 426 | 51,3 | 100 | 494 | 39,4 | «m» | 562 | 58,7 | «m» |
| 427 | 51,3 | 100 | 495 | 39,7 | «m» | 563 | 56 | «m» |
| 428 | 51,1 | 100 | 496 | 40,5 | «m» | 564 | 53,9 | «m» |
| 429 | 51,1 | 100 | 497 | 40,8 | «m» | 565 | 52,1 | «m» |
| 430 | 51,8 | 99,9 | 498 | 39,7 | «m» | 566 | 49,9 | «m» |
| 431 | 51,3 | 100 | 499 | 39,2 | «m» | 567 | 46,4 | «m» |
| 432 | 51,1 | 100 | 500 | 38,7 | «m» | 568 | 43,6 | «m» |
| 433 | 51,3 | 100 | 501 | 32,7 | «m» | 569 | 40,8 | «m» |
| 434 | 52,3 | 99,8 | 502 | 30,1 | «m» | 570 | 37,5 | «m» |
| 435 | 52,9 | 99,7 | 503 | 21,9 | «m» | 571 | 27,8 | «m» |
| 436 | 53,8 | 99,6 | 504 | 12,8 | 0 | 572 | 17,1 | 0,6 |
| 437 | 51,7 | 99,9 | 505 | 0 | 0 | 573 | 12,2 | 0,9 |
| 438 | 53,5 | 99,6 | 506 | 0 | 0 | 574 | 11,5 | 1,1 |
| 439 | 52 | 99,8 | 507 | 0 | 0 | 575 | 8,7 | 0,5 |
| 440 | 51,7 | 99,9 | 508 | 0 | 0 | 576 | 8 | 0,9 |
| 441 | 53,2 | 99,7 | 509 | 0 | 0 | 577 | 5,3 | 0,2 |
| 442 | 54,2 | 99,5 | 510 | 0 | 0 | 578 | 4 | 0 |
| 443 | 55,2 | 99,4 | 511 | 0 | 0 | 579 | 3,9 | 0 |
| 444 | 53,8 | 99,6 | 512 | 0 | 0 | 580 | 0 | 0 |
| 445 | 53,1 | 99,7 | 513 | 0 | 0 | 581 | 0 | 0 |
| 446 | 55 | 99,4 | 514 | 30,5 | 25,6 | 582 | 0 | 0 |
| 447 | 57 | 99,2 | 515 | 19,7 | 56,9 | 583 | 0 | 0 |
| 448 | 61,5 | 99 | 516 | 16,3 | 45,1 | 584 | 0 | 0 |
| 449 | 59,4 | 5,7 | 517 | 27,2 | 4,6 | 585 | 0 | 0 |
| 450 | 59 | 0 | 518 | 21,7 | 1,3 | 586 | 0 | 0 |
| 451 | 57,3 | 59,8 | 519 | 29,7 | 28,6 | 587 | 8,7 | 22,8 |
| 452 | 64,1 | 99 | 520 | 36,6 | 73,7 | 588 | 16,2 | 49,4 |
| 453 | 70,9 | 90,5 | 521 | 61,3 | 59,5 | 589 | 23,6 | 56 |
| 454 | 58 | 0 | 522 | 40,8 | 0 | 590 | 21,1 | 56,1 |
| 455 | 41,5 | 59,8 | 523 | 36,6 | 27,8 | 591 | 23,6 | 56 |
| 456 | 44,1 | 92,6 | 524 | 39,4 | 80,4 | 592 | 46,2 | 68,8 |
| 457 | 46,8 | 99,2 | 525 | 51,3 | 88,9 | 593 | 68,4 | 61,2 |
| 458 | 47,2 | 99,3 | 526 | 58,5 | 11,1 | 594 | 58,7 | «m» |

| Temps s | Régime normal % | Couple normal % | Temps s | Régime normal % | Couple normal % | Temps s | Régime normal % | Couple normal % |
|------------|-----------------------|-----------------------|------------|-----------------------|-----------------------|------------|-----------------------|-----------------------|
| 595 | 31,6 | «m» | 663 | 54,9 | 59,8 | 731 | 56,8 | «m» |
| 596 | 19,9 | 8,8 | 664 | 54 | 39,3 | 732 | 57,1 | «m» |
| 597 | 32,9 | 70,2 | 665 | 53,8 | «m» | 733 | 52 | «m» |
| 598 | 43 | 79 | 666 | 52 | «m» | 734 | 44,4 | «m» |
| 599 | 57,4 | 98,9 | 667 | 50,4 | «m» | 735 | 40,2 | «m» |
| 600 | 72,1 | 73,8 | 668 | 50,6 | 0 | 736 | 39,2 | 16,5 |
| 601 | 53 | 0 | 669 | 49,3 | 41,7 | 737 | 38,9 | 73,2 |
| 602 | 48,1 | 86 | 670 | 50 | 73,2 | 738 | 39,9 | 89,8 |
| 603 | 56,2 | 99 | 671 | 50,4 | 99,7 | 739 | 42,3 | 98,6 |
| 604 | 65,4 | 98,9 | 672 | 51,9 | 99,5 | 740 | 43,7 | 98,8 |
| 605 | 72,9 | 99,7 | 673 | 53,6 | 99,3 | 741 | 45,5 | 99,1 |
| 606 | 67,5 | «m» | 674 | 54,6 | 99,1 | 742 | 45,6 | 99,2 |
| 607 | 39 | «m» | 675 | 56 | 99 | 743 | 48,1 | 99,7 |
| 608 | 41,9 | 38,1 | 676 | 55,8 | 99 | 744 | 49 | 100 |
| 609 | 44,1 | 80,4 | 677 | 58,4 | 98,9 | 745 | 49,8 | 99,9 |
| 610 | 46,8 | 99,4 | 678 | 59,9 | 98,8 | 746 | 49,8 | 99,9 |
| 611 | 48,7 | 99,9 | 679 | 60,9 | 98,8 | 747 | 51,9 | 99,5 |
| 612 | 50,5 | 99,7 | 680 | 63 | 98,8 | 748 | 52,3 | 99,4 |
| 613 | 52,5 | 90,3 | 681 | 64,3 | 98,9 | 749 | 53,3 | 99,3 |
| 614 | 51 | 1,8 | 682 | 64,8 | 64 | 750 | 52,9 | 99,3 |
| 615 | 50 | «m» | 683 | 65,9 | 46,5 | 751 | 54,3 | 99,2 |
| 616 | 49,1 | «m» | 684 | 66,2 | 28,7 | 752 | 55,5 | 99,1 |
| 617 | 47 | «m» | 685 | 65,2 | 1,8 | 753 | 56,7 | 99 |
| 618 | 43,1 | «m» | 686 | 65 | 6,8 | 754 | 61,7 | 98,8 |
| 619 | 39,2 | «m» | 687 | 63,6 | 53,6 | 755 | 64,3 | 47,4 |
| 620 | 40,6 | 0,5 | 688 | 62,4 | 82,5 | 756 | 64,7 | 1,8 |
| 621 | 41,8 | 53,4 | 689 | 61,8 | 98,8 | 757 | 66,2 | «m» |
| 622 | 44,4 | 65,1 | 690 | 59,8 | 98,8 | 758 | 49,1 | «m» |
| 623 | 48,1 | 67,8 | 691 | 59,2 | 98,8 | 759 | 52,1 | 46 |
| 624 | 53,8 | 99,2 | 692 | 59,7 | 98,8 | 760 | 52,6 | 61 |
| 625 | 58,6 | 98,9 | 693 | 61,2 | 98,8 | 761 | 52,9 | 0 |
| 626 | 63,6 | 98,8 | 694 | 62,2 | 49,4 | 762 | 52,3 | 20,4 |
| 627 | 68,5 | 99,2 | 695 | 62,8 | 37,2 | 763 | 54,2 | 56,7 |
| 628 | 72,2 | 89,4 | 696 | 63,5 | 46,3 | 764 | 55,4 | 59,8 |
| 629 | 77,1 | 0 | 697 | 64,7 | 72,3 | 765 | 56,1 | 49,2 |
| 630 | 57,8 | 79,1 | 698 | 64,7 | 72,3 | 766 | 56,8 | 33,7 |
| 631 | 60,3 | 98,8 | 699 | 65,4 | 77,4 | 767 | 57,2 | 96 |
| 632 | 61,9 | 98,8 | 700 | 66,1 | 69,3 | 768 | 58,6 | 98,9 |
| 633 | 63,8 | 98,8 | 701 | 64,3 | «m» | 769 | 59,5 | 98,8 |
| 634 | 64,7 | 98,9 | 702 | 64,3 | «m» | 770 | 61,2 | 98,8 |
| 635 | 65,4 | 46,5 | 703 | 63 | «m» | 771 | 62,1 | 98,8 |
| 636 | 65,7 | 44,5 | 704 | 62,2 | «m» | 772 | 62,7 | 98,8 |
| 637 | 65,6 | 3,5 | 705 | 61,6 | «m» | 773 | 62,8 | 98,8 |
| 638 | 49,1 | 0 | 706 | 62,4 | «m» | 774 | 64 | 98,9 |
| 639 | 50,4 | 73,1 | 707 | 62,2 | «m» | 775 | 63,2 | 46,3 |
| 640 | 50,5 | «m» | 708 | 61 | «m» | 776 | 62,4 | «m» |
| 641 | 51 | «m» | 709 | 58,7 | «m» | 777 | 60,3 | «m» |
| 642 | 49,4 | «m» | 710 | 55,5 | «m» | 778 | 58,7 | «m» |
| 643 | 49,2 | «m» | 711 | 51,7 | «m» | 779 | 57,2 | «m» |
| 644 | 48,6 | «m» | 712 | 49,2 | «m» | 780 | 56,1 | «m» |
| 645 | 47,5 | «m» | 713 | 48,8 | 40,4 | 781 | 56 | 9,3 |
| 646 | 46,5 | «m» | 714 | 47,9 | «m» | 782 | 55,2 | 26,3 |
| 647 | 46 | 11,3 | 715 | 46,2 | «m» | 783 | 54,8 | 42,8 |
| 648 | 45,6 | 42,8 | 716 | 45,6 | 9,8 | 784 | 55,7 | 47,1 |
| 649 | 47,1 | 83 | 717 | 45,6 | 34,5 | 785 | 56,6 | 52,4 |
| 650 | 46,2 | 99,3 | 718 | 45,5 | 37,1 | 786 | 58 | 50,3 |
| 651 | 47,9 | 99,7 | 719 | 43,8 | «m» | 787 | 58,6 | 20,6 |
| 652 | 49,5 | 99,9 | 720 | 41,9 | «m» | 788 | 58,7 | «m» |
| 653 | 50,6 | 99,7 | 721 | 41,3 | «m» | 789 | 59,3 | «m» |
| 654 | 51 | 99,6 | 722 | 41,4 | «m» | 790 | 58,6 | «m» |
| 655 | 53 | 99,3 | 723 | 41,2 | «m» | 791 | 60,5 | 9,7 |
| 656 | 54,9 | 99,1 | 724 | 41,8 | «m» | 792 | 59,2 | 9,6 |
| 657 | 55,7 | 99 | 725 | 41,8 | «m» | 793 | 59,9 | 9,6 |
| 658 | 56 | 99 | 726 | 43,2 | 17,4 | 794 | 59,6 | 9,6 |
| 659 | 56,1 | 9,3 | 727 | 45 | 29 | 795 | 59,9 | 6,2 |
| 660 | 55,6 | «m» | 728 | 44,2 | «m» | 796 | 59,9 | 9,6 |
| 661 | 55,4 | «m» | 729 | 43,9 | «m» | 797 | 60,5 | 13,1 |
| 662 | 54,9 | 51,3 | 730 | 38 | 10,7 | 798 | 60,3 | 20,7 |

| Temps s | Régime normal % | Couple normal % | Temps s | Régime normal % | Couple normal % | Temps s | Régime normal % | Couple normal % |
|------------|-----------------------|-----------------------|------------|-----------------------|-----------------------|------------|-----------------------|-----------------------|
| 799 | 59,9 | 31 | 867 | 52,3 | 99,4 | 935 | 52,8 | 60,1 |
| 800 | 60,5 | 42 | 868 | 53 | 99,3 | 936 | 53,7 | 69,7 |
| 801 | 61,5 | 52,5 | 869 | 54,2 | 99,2 | 937 | 54 | 70,7 |
| 802 | 60,9 | 51,4 | 870 | 55,5 | 99,1 | 938 | 55,1 | 71,7 |
| 803 | 61,2 | 57,7 | 871 | 56,7 | 99 | 939 | 55,2 | 46 |
| 804 | 62,8 | 98,8 | 872 | 57,3 | 98,9 | 940 | 54,7 | 12,6 |
| 805 | 63,4 | 96,1 | 873 | 58 | 98,9 | 941 | 52,5 | 0 |
| 806 | 64,6 | 45,4 | 874 | 60,5 | 31,1 | 942 | 51,8 | 24,7 |
| 807 | 64,1 | 5 | 875 | 60,2 | «m» | 943 | 51,4 | 43,9 |
| 808 | 63 | 3,2 | 876 | 60,3 | «m» | 944 | 50,9 | 71,1 |
| 809 | 62,7 | 14,9 | 877 | 60,5 | 6,3 | 945 | 51,2 | 76,8 |
| 810 | 63,5 | 35,8 | 878 | 61,4 | 19,3 | 946 | 50,3 | 87,5 |
| 811 | 64,1 | 73,3 | 879 | 60,3 | 1,2 | 947 | 50,2 | 99,8 |
| 812 | 64,3 | 37,4 | 880 | 60,5 | 2,9 | 948 | 50,9 | 100 |
| 813 | 64,1 | 21 | 881 | 61,2 | 34,1 | 949 | 49,9 | 99,7 |
| 814 | 63,7 | 21 | 882 | 61,6 | 13,2 | 950 | 50,9 | 100 |
| 815 | 62,9 | 18 | 883 | 61,5 | 16,4 | 951 | 49,8 | 99,7 |
| 816 | 62,4 | 32,7 | 884 | 61,2 | 16,4 | 952 | 50,4 | 99,8 |
| 817 | 61,7 | 46,2 | 885 | 61,3 | «m» | 953 | 50,4 | 99,8 |
| 818 | 59,8 | 45,1 | 886 | 63,1 | «m» | 954 | 49,7 | 99,7 |
| 819 | 57,4 | 43,9 | 887 | 63,2 | 4,8 | 955 | 51 | 100 |
| 820 | 54,8 | 42,8 | 888 | 62,3 | 22,3 | 956 | 50,3 | 99,8 |
| 821 | 54,3 | 65,2 | 889 | 62 | 38,5 | 957 | 50,2 | 99,8 |
| 822 | 52,9 | 62,1 | 890 | 61,6 | 29,6 | 958 | 49,9 | 99,7 |
| 823 | 52,4 | 30,6 | 891 | 61,6 | 26,6 | 959 | 50,9 | 100 |
| 824 | 50,4 | «m» | 892 | 61,8 | 28,1 | 960 | 50 | 99,7 |
| 825 | 48,6 | «m» | 893 | 62 | 29,6 | 961 | 50,2 | 99,8 |
| 826 | 47,9 | «m» | 894 | 62 | 16,3 | 962 | 50,2 | 99,8 |
| 827 | 46,8 | «m» | 895 | 61,1 | «m» | 963 | 49,9 | 99,7 |
| 828 | 46,9 | 9,4 | 896 | 61,2 | «m» | 964 | 50,4 | 99,8 |
| 829 | 49,5 | 41,7 | 897 | 60,7 | 19,2 | 965 | 50,2 | 99,8 |
| 830 | 50,5 | 37,8 | 898 | 60,7 | 32,5 | 966 | 50,3 | 99,8 |
| 831 | 52,3 | 20,4 | 899 | 60,9 | 17,8 | 967 | 49,9 | 99,7 |
| 832 | 54,1 | 30,7 | 900 | 60,1 | 19,2 | 968 | 51,1 | 100 |
| 833 | 56,3 | 41,8 | 901 | 59,3 | 38,2 | 969 | 50,6 | 99,9 |
| 834 | 58,7 | 26,5 | 902 | 59,9 | 45 | 970 | 49,9 | 99,7 |
| 835 | 57,3 | «m» | 903 | 59,4 | 32,4 | 971 | 49,6 | 99,6 |
| 836 | 59 | «m» | 904 | 59,2 | 23,5 | 972 | 49,4 | 99,6 |
| 837 | 59,8 | «m» | 905 | 59,5 | 40,8 | 973 | 49 | 99,5 |
| 838 | 60,3 | «m» | 906 | 58,3 | «m» | 974 | 49,8 | 99,7 |
| 839 | 61,2 | «m» | 907 | 58,2 | «m» | 975 | 50,9 | 100 |
| 840 | 61,8 | «m» | 908 | 57,6 | «m» | 976 | 50,4 | 99,8 |
| 841 | 62,5 | «m» | 909 | 57,1 | «m» | 977 | 49,8 | 99,7 |
| 842 | 62,4 | «m» | 910 | 57 | 0,6 | 978 | 49,1 | 99,5 |
| 843 | 61,5 | «m» | 911 | 57 | 26,3 | 979 | 50,4 | 99,8 |
| 844 | 63,7 | «m» | 912 | 56,5 | 29,2 | 980 | 49,8 | 99,7 |
| 845 | 61,9 | «m» | 913 | 56,3 | 20,5 | 981 | 49,3 | 99,5 |
| 846 | 61,6 | 29,7 | 914 | 56,1 | «m» | 982 | 49,1 | 99,5 |
| 847 | 60,3 | «m» | 915 | 55,2 | «m» | 983 | 49,9 | 99,7 |
| 848 | 59,2 | «m» | 916 | 54,7 | 17,5 | 984 | 49,1 | 99,5 |
| 849 | 57,3 | «m» | 917 | 55,2 | 29,2 | 985 | 50,4 | 99,8 |
| 850 | 52,3 | «m» | 918 | 55,2 | 29,2 | 986 | 50,9 | 100 |
| 851 | 49,3 | «m» | 919 | 55,9 | 16 | 987 | 51,4 | 99,9 |
| 852 | 47,3 | «m» | 920 | 55,9 | 26,3 | 988 | 51,5 | 99,9 |
| 853 | 46,3 | 38,8 | 921 | 56,1 | 36,5 | 989 | 52,2 | 99,7 |
| 854 | 46,8 | 35,1 | 922 | 55,8 | 19 | 990 | 52,8 | 74,1 |
| 855 | 46,6 | «m» | 923 | 55,9 | 9,2 | 991 | 53,3 | 46 |
| 856 | 44,3 | «m» | 924 | 55,8 | 21,9 | 992 | 53,6 | 36,4 |
| 857 | 43,1 | «m» | 925 | 56,4 | 42,8 | 993 | 53,4 | 33,5 |
| 858 | 42,4 | 2,1 | 926 | 56,4 | 38 | 994 | 53,9 | 58,9 |
| 859 | 41,8 | 2,4 | 927 | 56,4 | 11 | 995 | 55,2 | 73,8 |
| 860 | 43,8 | 68,8 | 928 | 56,4 | 35,1 | 996 | 55,8 | 52,4 |
| 861 | 44,6 | 89,2 | 929 | 54 | 7,3 | 997 | 55,7 | 9,2 |
| 862 | 46 | 99,2 | 930 | 53,4 | 5,4 | 998 | 55,8 | 2,2 |
| 863 | 46,9 | 99,4 | 931 | 52,3 | 27,6 | 999 | 56,4 | 33,6 |
| 864 | 47,9 | 99,7 | 932 | 52,1 | 32 | 1 000 | 55,4 | «m» |
| 865 | 50,2 | 99,8 | 933 | 52,3 | 33,4 | 1 001 | 55,2 | «m» |
| 866 | 51,2 | 99,6 | 934 | 52,2 | 34,9 | 1 002 | 55,8 | 26,3 |

| Temps s | Régime normal % | Couple normal % | Temps s | Régime normal % | Couple normal % | Temps s | Régime normal % | Couple normal % |
|------------|-----------------------|-----------------------|------------|-----------------------|-----------------------|------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 003 | 55,8 | 23,3 | 1 071 | 42,5 | «m» | 1 139 | 45,5 | 24,8 |
| 1 004 | 56,4 | 50,2 | 1 072 | 41 | «m» | 1 140 | 44,8 | 73,8 |
| 1 005 | 57,6 | 68,3 | 1 073 | 39,9 | «m» | 1 141 | 46,6 | 99 |
| 1 006 | 58,8 | 90,2 | 1 074 | 39,9 | 38,2 | 1 142 | 46,3 | 98,9 |
| 1 007 | 59,9 | 98,9 | 1 075 | 40,1 | 48,1 | 1 143 | 48,5 | 99,4 |
| 1 008 | 62,3 | 98,8 | 1 076 | 39,9 | 48 | 1 144 | 49,9 | 99,7 |
| 1 009 | 63,1 | 74,4 | 1 077 | 39,4 | 59,3 | 1 145 | 49,1 | 99,5 |
| 1 010 | 63,7 | 49,4 | 1 078 | 43,8 | 19,8 | 1 146 | 49,1 | 99,5 |
| 1 011 | 63,3 | 9,8 | 1 079 | 52,9 | 0 | 1 147 | 51 | 100 |
| 1 012 | 48 | 0 | 1 080 | 52,8 | 88,9 | 1 148 | 51,5 | 99,9 |
| 1 013 | 47,9 | 73,5 | 1 081 | 53,4 | 99,5 | 1 149 | 50,9 | 100 |
| 1 014 | 49,9 | 99,7 | 1 082 | 54,7 | 99,3 | 1 150 | 51,6 | 99,9 |
| 1 015 | 49,9 | 48,8 | 1 083 | 56,3 | 99,1 | 1 151 | 52,1 | 99,7 |
| 1 016 | 49,6 | 2,3 | 1 084 | 57,5 | 99 | 1 152 | 50,9 | 100 |
| 1 017 | 49,9 | «m» | 1 085 | 59 | 98,9 | 1 153 | 52,2 | 99,7 |
| 1 018 | 49,3 | «m» | 1 086 | 59,8 | 98,9 | 1 154 | 51,5 | 98,3 |
| 1 019 | 49,7 | 47,5 | 1 087 | 60,1 | 98,9 | 1 155 | 51,5 | 47,2 |
| 1 020 | 49,1 | «m» | 1 088 | 61,8 | 48,3 | 1 156 | 50,8 | 78,4 |
| 1 021 | 49,4 | «m» | 1 089 | 61,8 | 55,6 | 1 157 | 50,3 | 83 |
| 1 022 | 48,3 | «m» | 1 090 | 61,7 | 59,8 | 1 158 | 50,3 | 31,7 |
| 1 023 | 49,4 | «m» | 1 091 | 62 | 55,6 | 1 159 | 49,3 | 31,3 |
| 1 024 | 48,5 | «m» | 1 092 | 62,3 | 29,6 | 1 160 | 48,8 | 21,5 |
| 1 025 | 48,7 | «m» | 1 093 | 62 | 19,3 | 1 161 | 47,8 | 59,4 |
| 1 026 | 48,7 | «m» | 1 094 | 61,3 | 7,9 | 1 162 | 48,1 | 77,1 |
| 1 027 | 49,1 | «m» | 1 095 | 61,1 | 19,2 | 1 163 | 48,4 | 87,6 |
| 1 028 | 49 | «m» | 1 096 | 61,2 | 43 | 1 164 | 49,6 | 87,5 |
| 1 029 | 49,8 | «m» | 1 097 | 61,1 | 59,7 | 1 165 | 51 | 81,4 |
| 1 030 | 48,7 | «m» | 1 098 | 61,1 | 98,8 | 1 166 | 51,6 | 66,7 |
| 1 031 | 48,5 | «m» | 1 099 | 61,3 | 98,8 | 1 167 | 53,3 | 63,2 |
| 1 032 | 49,3 | 31,3 | 1 100 | 61,3 | 26,6 | 1 168 | 55,2 | 62 |
| 1 033 | 49,7 | 45,3 | 1 101 | 60,4 | «m» | 1 169 | 55,7 | 43,9 |
| 1 034 | 48,3 | 44,5 | 1 102 | 58,8 | «m» | 1 170 | 56,4 | 30,7 |
| 1 035 | 49,8 | 61 | 1 103 | 57,7 | «m» | 1 171 | 56,8 | 23,4 |
| 1 036 | 49,4 | 64,3 | 1 104 | 56 | «m» | 1 172 | 57 | «m» |
| 1 037 | 49,8 | 64,4 | 1 105 | 54,7 | «m» | 1 173 | 57,6 | «m» |
| 1 038 | 50,5 | 65,6 | 1 106 | 53,3 | «m» | 1 174 | 56,9 | «m» |
| 1 039 | 50,3 | 64,5 | 1 107 | 52,6 | 23,2 | 1 175 | 56,4 | 4 |
| 1 040 | 51,2 | 82,9 | 1 108 | 53,4 | 84,2 | 1 176 | 57 | 23,4 |
| 1 041 | 50,5 | 86 | 1 109 | 53,9 | 99,4 | 1 177 | 56,4 | 41,7 |
| 1 042 | 50,6 | 89 | 1 110 | 54,9 | 99,3 | 1 178 | 57 | 49,2 |
| 1 043 | 50,4 | 81,4 | 1 111 | 55,8 | 99,2 | 1 179 | 57,7 | 56,6 |
| 1 044 | 49,9 | 49,9 | 1 112 | 57,1 | 99 | 1 180 | 58,6 | 56,6 |
| 1 045 | 49,1 | 20,1 | 1 113 | 56,5 | 99,1 | 1 181 | 58,9 | 64 |
| 1 046 | 47,9 | 24 | 1 114 | 58,9 | 98,9 | 1 182 | 59,4 | 68,2 |
| 1 047 | 48,1 | 36,2 | 1 115 | 58,7 | 98,9 | 1 183 | 58,8 | 71,4 |
| 1 048 | 47,5 | 34,5 | 1 116 | 59,8 | 98,9 | 1 184 | 60,1 | 71,3 |
| 1 049 | 46,9 | 30,3 | 1 117 | 61 | 98,8 | 1 185 | 60,6 | 79,1 |
| 1 050 | 47,7 | 53,5 | 1 118 | 60,7 | 19,2 | 1 186 | 60,7 | 83,3 |
| 1 051 | 46,9 | 61,6 | 1 119 | 59,4 | «m» | 1 187 | 60,7 | 77,1 |
| 1 052 | 46,5 | 73,6 | 1 120 | 57,9 | «m» | 1 188 | 60 | 73,5 |
| 1 053 | 48 | 84,6 | 1 121 | 57,6 | «m» | 1 189 | 60,2 | 55,5 |
| 1 054 | 47,2 | 87,7 | 1 122 | 56,3 | «m» | 1 190 | 59,7 | 54,4 |
| 1 055 | 48,7 | 80 | 1 123 | 55 | «m» | 1 191 | 59,8 | 73,3 |
| 1 056 | 48,7 | 50,4 | 1 124 | 53,7 | «m» | 1 192 | 59,8 | 77,9 |
| 1 057 | 47,8 | 38,6 | 1 125 | 52,1 | «m» | 1 193 | 59,8 | 73,9 |
| 1 058 | 48,8 | 63,1 | 1 126 | 51,1 | «m» | 1 194 | 60 | 76,5 |
| 1 059 | 47,4 | 5 | 1 127 | 49,7 | 25,8 | 1 195 | 59,5 | 82,3 |
| 1 060 | 47,3 | 47,4 | 1 128 | 49,1 | 46,1 | 1 196 | 59,9 | 82,8 |
| 1 061 | 47,3 | 49,8 | 1 129 | 48,7 | 46,9 | 1 197 | 59,8 | 65,8 |
| 1 062 | 46,9 | 23,9 | 1 130 | 48,2 | 46,7 | 1 198 | 59 | 48,6 |
| 1 063 | 46,7 | 44,6 | 1 131 | 48 | 70 | 1 199 | 58,9 | 62,2 |
| 1 064 | 46,8 | 65,2 | 1 132 | 48 | 70 | 1 200 | 59,1 | 70,4 |
| 1 065 | 46,9 | 60,4 | 1 133 | 47,2 | 67,6 | 1 201 | 58,9 | 62,1 |
| 1 066 | 46,7 | 61,5 | 1 134 | 47,3 | 67,6 | 1 202 | 58,4 | 67,4 |
| 1 067 | 45,5 | «m» | 1 135 | 46,6 | 74,7 | 1 203 | 58,7 | 58,9 |
| 1 068 | 45,5 | «m» | 1 136 | 47,4 | 13 | 1 204 | 58,3 | 57,7 |
| 1 069 | 44,2 | «m» | 1 137 | 46,3 | «m» | 1 205 | 57,5 | 57,8 |
| 1 070 | 43 | «m» | 1 138 | 45,4 | «m» | 1 206 | 57,2 | 57,6 |

| Temps s | Régime normal % | Couple normal % | Temps s | Régime normal % | Couple normal % | Temps s | Régime normal % | Couple normal % |
|------------|-----------------------|-----------------------|------------|-----------------------|-----------------------|------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 207 | 57,1 | 42,6 | 1 275 | 60,6 | 8,2 | 1 343 | 61,3 | 19,2 |
| 1 208 | 57 | 70,1 | 1 276 | 60,6 | 5,5 | 1 344 | 61 | 9,3 |
| 1 209 | 56,4 | 59,6 | 1 277 | 61 | 14,3 | 1 345 | 60,8 | 44,2 |
| 1 210 | 56,7 | 39 | 1 278 | 61 | 12 | 1 346 | 60,9 | 55,3 |
| 1 211 | 55,9 | 68,1 | 1 279 | 61,3 | 34,2 | 1 347 | 61,2 | 56 |
| 1 212 | 56,3 | 79,1 | 1 280 | 61,2 | 17,1 | 1 348 | 60,9 | 60,1 |
| 1 213 | 56,7 | 89,7 | 1 281 | 61,5 | 15,7 | 1 349 | 60,7 | 59,1 |
| 1 214 | 56 | 89,4 | 1 282 | 61 | 9,5 | 1 350 | 60,9 | 56,8 |
| 1 215 | 56 | 93,1 | 1 283 | 61,1 | 9,2 | 1 351 | 60,7 | 58,1 |
| 1 216 | 56,4 | 93,1 | 1 284 | 60,5 | 4,3 | 1 352 | 59,6 | 78,4 |
| 1 217 | 56,7 | 94,4 | 1 285 | 60,2 | 7,8 | 1 353 | 59,6 | 84,6 |
| 1 218 | 56,9 | 94,8 | 1 286 | 60,2 | 5,9 | 1 354 | 59,4 | 66,6 |
| 1 219 | 57 | 94,1 | 1 287 | 60,2 | 5,3 | 1 355 | 59,3 | 75,5 |
| 1 220 | 57,7 | 94,3 | 1 288 | 59,9 | 4,6 | 1 356 | 58,9 | 49,6 |
| 1 221 | 57,5 | 93,7 | 1 289 | 59,4 | 21,5 | 1 357 | 59,1 | 75,8 |
| 1 222 | 58,4 | 93,2 | 1 290 | 59,6 | 15,8 | 1 358 | 59 | 77,6 |
| 1 223 | 58,7 | 93,2 | 1 291 | 59,3 | 10,1 | 1 359 | 59 | 67,8 |
| 1 224 | 58,2 | 93,7 | 1 292 | 58,9 | 9,4 | 1 360 | 59 | 56,7 |
| 1 225 | 58,5 | 93,1 | 1 293 | 58,8 | 9 | 1 361 | 58,8 | 54,2 |
| 1 226 | 58,8 | 86,2 | 1 294 | 58,9 | 35,4 | 1 362 | 58,9 | 59,6 |
| 1 227 | 59 | 72,9 | 1 295 | 58,9 | 30,7 | 1 363 | 58,9 | 60,8 |
| 1 228 | 58,2 | 59,9 | 1 296 | 58,9 | 25,9 | 1 364 | 59,3 | 56,1 |
| 1 229 | 57,6 | 8,5 | 1 297 | 58,7 | 22,9 | 1 365 | 58,9 | 48,5 |
| 1 230 | 57,1 | 47,6 | 1 298 | 58,7 | 24,4 | 1 366 | 59,3 | 42,9 |
| 1 231 | 57,2 | 74,4 | 1 299 | 59,3 | 61 | 1 367 | 59,4 | 41,4 |
| 1 232 | 57 | 79,1 | 1 300 | 60,1 | 56 | 1 368 | 59,6 | 38,9 |
| 1 233 | 56,7 | 67,2 | 1 301 | 60,5 | 50,6 | 1 369 | 59,4 | 32,9 |
| 1 234 | 56,8 | 69,1 | 1 302 | 59,5 | 16,2 | 1 370 | 59,3 | 30,6 |
| 1 235 | 56,9 | 71,3 | 1 303 | 59,7 | 50 | 1 371 | 59,4 | 30 |
| 1 236 | 57 | 77,3 | 1 304 | 59,7 | 31,4 | 1 372 | 59,4 | 25,3 |
| 1 237 | 57,4 | 78,2 | 1 305 | 60,1 | 43,1 | 1 373 | 58,8 | 18,6 |
| 1 238 | 57,3 | 70,6 | 1 306 | 60,8 | 38,4 | 1 374 | 59,1 | 18 |
| 1 239 | 57,7 | 64 | 1 307 | 60,9 | 40,2 | 1 375 | 58,5 | 10,6 |
| 1 240 | 57,5 | 55,6 | 1 308 | 61,3 | 49,7 | 1 376 | 58,8 | 10,5 |
| 1 241 | 58,6 | 49,6 | 1 309 | 61,8 | 45,9 | 1 377 | 58,5 | 8,2 |
| 1 242 | 58,2 | 41,1 | 1 310 | 62 | 45,9 | 1 378 | 58,7 | 13,7 |
| 1 243 | 58,8 | 40,6 | 1 311 | 62,2 | 45,8 | 1 379 | 59,1 | 7,8 |
| 1 244 | 58,3 | 21,1 | 1 312 | 62,6 | 46,8 | 1 380 | 59,1 | 6 |
| 1 245 | 58,7 | 24,9 | 1 313 | 62,7 | 44,3 | 1 381 | 59,1 | 6 |
| 1 246 | 59,1 | 24,8 | 1 314 | 62,9 | 44,4 | 1 382 | 59,4 | 13,1 |
| 1 247 | 58,6 | «m» | 1 315 | 63,1 | 43,7 | 1 383 | 59,7 | 22,3 |
| 1 248 | 58,8 | «m» | 1 316 | 63,5 | 46,1 | 1 384 | 60,7 | 10,5 |
| 1 249 | 58,8 | «m» | 1 317 | 63,6 | 40,7 | 1 385 | 59,8 | 9,8 |
| 1 250 | 58,7 | «m» | 1 318 | 64,3 | 49,5 | 1 386 | 60,2 | 8,8 |
| 1 251 | 59,1 | «m» | 1 319 | 63,7 | 27 | 1 387 | 59,9 | 8,7 |
| 1 252 | 59,1 | «m» | 1 320 | 63,8 | 15 | 1 388 | 61 | 9,1 |
| 1 253 | 59,4 | «m» | 1 321 | 63,6 | 18,7 | 1 389 | 60,6 | 28,2 |
| 1 254 | 60,6 | 2,6 | 1 322 | 63,4 | 8,4 | 1 390 | 60,6 | 22 |
| 1 255 | 59,6 | «m» | 1 323 | 63,2 | 8,7 | 1 391 | 59,6 | 23,2 |
| 1 256 | 60,1 | «m» | 1 324 | 63,3 | 21,6 | 1 392 | 59,6 | 19 |
| 1 257 | 60,6 | «m» | 1 325 | 62,9 | 19,7 | 1 393 | 60,6 | 38,4 |
| 1 258 | 59,6 | 4,1 | 1 326 | 63 | 22,1 | 1 394 | 59,8 | 41,6 |
| 1 259 | 60,7 | 7,1 | 1 327 | 63,1 | 20,3 | 1 395 | 60 | 47,3 |
| 1 260 | 60,5 | «m» | 1 328 | 61,8 | 19,1 | 1 396 | 60,5 | 55,4 |
| 1 261 | 59,7 | «m» | 1 329 | 61,6 | 17,1 | 1 397 | 60,9 | 58,7 |
| 1 262 | 59,6 | «m» | 1 330 | 61 | 0 | 1 398 | 61,3 | 37,9 |
| 1 263 | 59,8 | «m» | 1 331 | 61,2 | 22 | 1 399 | 61,2 | 38,3 |
| 1 264 | 59,6 | 4,9 | 1 332 | 60,8 | 40,3 | 1 400 | 61,4 | 58,7 |
| 1 265 | 60,1 | 5,9 | 1 333 | 61,1 | 34,3 | 1 401 | 61,3 | 51,3 |
| 1 266 | 59,9 | 6,1 | 1 334 | 60,7 | 16,1 | 1 402 | 61,4 | 71,1 |
| 1 267 | 59,7 | «m» | 1 335 | 60,6 | 16,6 | 1 403 | 61,1 | 51 |
| 1 268 | 59,6 | «m» | 1 336 | 60,5 | 18,5 | 1 404 | 61,5 | 56,6 |
| 1 269 | 59,7 | 22 | 1 337 | 60,6 | 29,8 | 1 405 | 61 | 60,6 |
| 1 270 | 59,8 | 10,3 | 1 338 | 60,9 | 19,5 | 1 406 | 61,1 | 75,4 |
| 1 271 | 59,9 | 10 | 1 339 | 60,9 | 22,3 | 1 407 | 61,4 | 69,4 |
| 1 272 | 60,6 | 6,2 | 1 340 | 61,4 | 35,8 | 1 408 | 61,6 | 69,9 |
| 1 273 | 60,5 | 7,3 | 1 341 | 61,3 | 42,9 | 1 409 | 61,7 | 59,6 |
| 1 274 | 60,2 | 14,8 | 1 342 | 61,5 | 31 | 1 410 | 61,8 | 54,8 |

| Temps s | Régime normal % | Couple normal % | Temps s | Régime normal % | Couple normal % | Temps s | Régime normal % | Couple normal % |
|------------|-----------------------|-----------------------|------------|-----------------------|-----------------------|------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 411 | 61,6 | 53,6 | 1 479 | 60,7 | 26,7 | 1 547 | 58,8 | 6,4 |
| 1 412 | 61,3 | 53,5 | 1 480 | 60,1 | 4,7 | 1 548 | 58,7 | 5 |
| 1 413 | 61,3 | 52,9 | 1 481 | 59,9 | 0 | 1 549 | 57,5 | «m» |
| 1 414 | 61,2 | 54,1 | 1 482 | 60,4 | 36,2 | 1 550 | 57,4 | «m» |
| 1 415 | 61,3 | 53,2 | 1 483 | 60,7 | 32,5 | 1 551 | 57,1 | 1,1 |
| 1 416 | 61,2 | 52,2 | 1 484 | 59,9 | 3,1 | 1 552 | 57,1 | 0 |
| 1 417 | 61,2 | 52,3 | 1 485 | 59,7 | «m» | 1 553 | 57 | 4,5 |
| 1 418 | 61 | 48 | 1 486 | 59,5 | «m» | 1 554 | 57,1 | 3,7 |
| 1 419 | 60,9 | 41,5 | 1 487 | 59,2 | «m» | 1 555 | 57,3 | 3,3 |
| 1 420 | 61 | 32,2 | 1 488 | 58,8 | 0,6 | 1 556 | 57,3 | 16,8 |
| 1 421 | 60,7 | 22 | 1 489 | 58,7 | «m» | 1 557 | 58,2 | 29,3 |
| 1 422 | 60,7 | 23,3 | 1 490 | 58,7 | «m» | 1 558 | 58,7 | 12,5 |
| 1 423 | 60,8 | 38,8 | 1 491 | 57,9 | «m» | 1 559 | 58,3 | 12,2 |
| 1 424 | 61 | 40,7 | 1 492 | 58,2 | «m» | 1 560 | 58,6 | 12,7 |
| 1 425 | 61 | 30,6 | 1 493 | 57,6 | «m» | 1 561 | 59 | 13,6 |
| 1 426 | 61,3 | 62,6 | 1 494 | 58,3 | 9,5 | 1 562 | 59,8 | 21,9 |
| 1 427 | 61,7 | 55,9 | 1 495 | 57,2 | 6 | 1 563 | 59,3 | 20,9 |
| 1 428 | 62,3 | 43,4 | 1 496 | 57,4 | 27,3 | 1 564 | 59,7 | 19,2 |
| 1 429 | 62,3 | 37,4 | 1 497 | 58,3 | 59,9 | 1 565 | 60,1 | 15,9 |
| 1 430 | 62,3 | 35,7 | 1 498 | 58,3 | 7,3 | 1 566 | 60,7 | 16,7 |
| 1 431 | 62,8 | 34,4 | 1 499 | 58,8 | 21,7 | 1 567 | 60,7 | 18,1 |
| 1 432 | 62,8 | 31,5 | 1 500 | 58,8 | 38,9 | 1 568 | 60,7 | 40,6 |
| 1 433 | 62,9 | 31,7 | 1 501 | 59,4 | 26,2 | 1 569 | 60,7 | 59,7 |
| 1 434 | 62,9 | 29,9 | 1 502 | 59,1 | 25,5 | 1 570 | 61,1 | 66,8 |
| 1 435 | 62,8 | 29,4 | 1 503 | 59,1 | 26 | 1 571 | 61,1 | 58,8 |
| 1 436 | 62,7 | 28,7 | 1 504 | 59 | 39,1 | 1 572 | 60,8 | 64,7 |
| 1 437 | 61,5 | 14,7 | 1 505 | 59,5 | 52,3 | 1 573 | 60,1 | 63,6 |
| 1 438 | 61,9 | 17,2 | 1 506 | 59,4 | 31 | 1 574 | 60,7 | 83,2 |
| 1 439 | 61,5 | 6,1 | 1 507 | 59,4 | 27 | 1 575 | 60,4 | 82,2 |
| 1 440 | 61 | 9,9 | 1 508 | 59,4 | 29,8 | 1 576 | 60 | 80,5 |
| 1 441 | 60,9 | 4,8 | 1 509 | 59,4 | 23,1 | 1 577 | 59,9 | 78,7 |
| 1 442 | 60,6 | 11,1 | 1 510 | 58,9 | 16 | 1 578 | 60,8 | 67,9 |
| 1 443 | 60,3 | 6,9 | 1 511 | 59 | 31,5 | 1 579 | 60,4 | 57,7 |
| 1 444 | 60,8 | 7 | 1 512 | 58,8 | 25,9 | 1 580 | 60,2 | 60,6 |
| 1 445 | 60,2 | 9,2 | 1 513 | 58,9 | 40,2 | 1 581 | 59,6 | 72,7 |
| 1 446 | 60,5 | 21,7 | 1 514 | 58,8 | 28,4 | 1 582 | 59,9 | 73,6 |
| 1 447 | 60,2 | 22,4 | 1 515 | 58,9 | 38,9 | 1 583 | 59,8 | 74,1 |
| 1 448 | 60,7 | 31,6 | 1 516 | 59,1 | 35,3 | 1 584 | 59,6 | 84,6 |
| 1 449 | 60,9 | 28,9 | 1 517 | 58,8 | 30,3 | 1 585 | 59,4 | 76,1 |
| 1 450 | 59,6 | 21,7 | 1 518 | 59 | 19 | 1 586 | 60,1 | 76,9 |
| 1 451 | 60,2 | 18 | 1 519 | 58,7 | 3 | 1 587 | 59,5 | 84,6 |
| 1 452 | 59,5 | 16,7 | 1 520 | 57,9 | 0 | 1 588 | 59,8 | 77,5 |
| 1 453 | 59,8 | 15,7 | 1 521 | 58 | 2,4 | 1 589 | 60,6 | 67,9 |
| 1 454 | 59,6 | 15,7 | 1 522 | 57,1 | «m» | 1 590 | 59,3 | 47,3 |
| 1 455 | 59,3 | 15,7 | 1 523 | 56,7 | «m» | 1 591 | 59,3 | 43,1 |
| 1 456 | 59 | 7,5 | 1 524 | 56,7 | 5,3 | 1 592 | 59,4 | 38,3 |
| 1 457 | 58,8 | 7,1 | 1 525 | 56,6 | 2,1 | 1 593 | 58,7 | 38,2 |
| 1 458 | 58,7 | 16,5 | 1 526 | 56,8 | «m» | 1 594 | 58,8 | 39,2 |
| 1 459 | 59,2 | 50,7 | 1 527 | 56,3 | «m» | 1 595 | 59,1 | 67,9 |
| 1 460 | 59,7 | 60,2 | 1 528 | 56,3 | «m» | 1 596 | 59,7 | 60,5 |
| 1 461 | 60,4 | 44 | 1 529 | 56 | «m» | 1 597 | 59,5 | 32,9 |
| 1 462 | 60,2 | 35,3 | 1 530 | 56,7 | «m» | 1 598 | 59,6 | 20 |
| 1 463 | 60,4 | 17,1 | 1 531 | 56,6 | 3,8 | 1 599 | 59,6 | 34,4 |
| 1 464 | 59,9 | 13,5 | 1 532 | 56,9 | «m» | 1 600 | 59,4 | 23,9 |
| 1 465 | 59,9 | 12,8 | 1 533 | 56,9 | «m» | 1 601 | 59,6 | 15,7 |
| 1 466 | 59,6 | 14,8 | 1 534 | 57,4 | «m» | 1 602 | 59,9 | 41 |
| 1 467 | 59,4 | 15,9 | 1 535 | 57,4 | «m» | 1 603 | 60,5 | 26,3 |
| 1 468 | 59,4 | 22 | 1 536 | 58,3 | 13,9 | 1 604 | 59,6 | 14 |
| 1 469 | 60,4 | 38,4 | 1 537 | 58,5 | «m» | 1 605 | 59,7 | 21,2 |
| 1 470 | 59,5 | 38,8 | 1 538 | 59,1 | «m» | 1 606 | 60,9 | 19,6 |
| 1 471 | 59,3 | 31,9 | 1 539 | 59,4 | «m» | 1 607 | 60,1 | 34,3 |
| 1 472 | 60,9 | 40,8 | 1 540 | 59,6 | «m» | 1 608 | 59,9 | 27 |
| 1 473 | 60,7 | 39 | 1 541 | 59,5 | «m» | 1 609 | 60,8 | 25,6 |
| 1 474 | 60,9 | 30,1 | 1 542 | 59,6 | 0,5 | 1 610 | 60,6 | 26,3 |
| 1 475 | 61 | 29,3 | 1 543 | 59,3 | 9,2 | 1 611 | 60,9 | 26,1 |
| 1 476 | 60,6 | 28,4 | 1 544 | 59,4 | 11,2 | 1 612 | 61,1 | 38 |
| 1 477 | 60,9 | 36,3 | 1 545 | 59,1 | 26,8 | 1 613 | 61,2 | 31,6 |
| 1 478 | 60,8 | 30,5 | 1 546 | 59 | 11,7 | 1 614 | 61,4 | 30,6 |

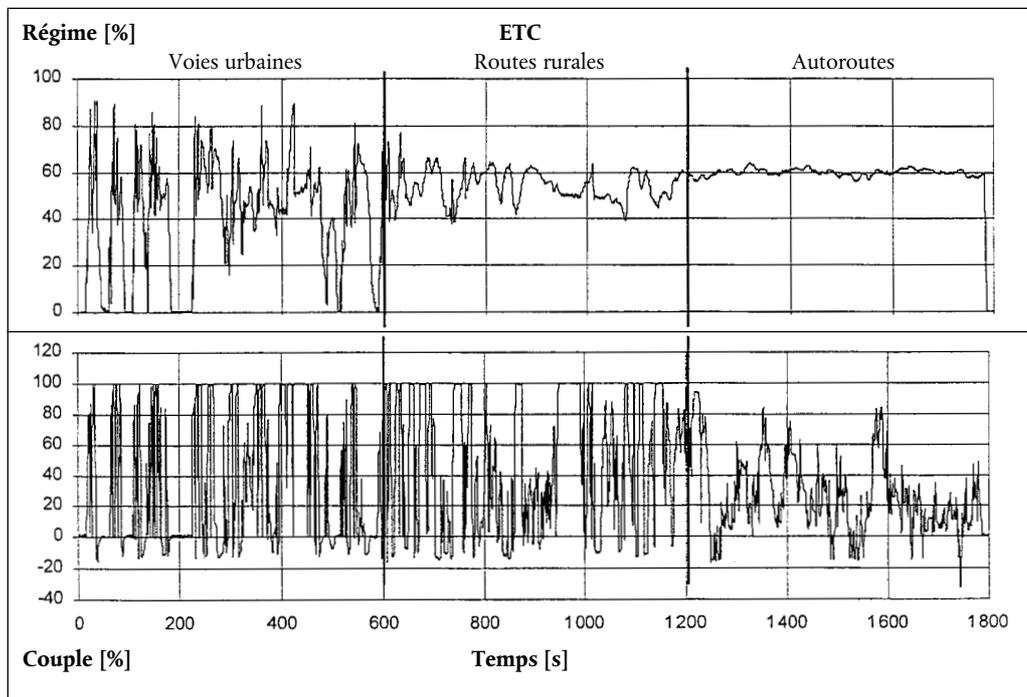
| Temps s | Régime normal % | Couple normal % | Temps s | Régime normal % | Couple normal % | Temps s | Régime normal % | Couple normal % |
|------------|-----------------------|-----------------------|------------|-----------------------|-----------------------|------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 615 | 61,7 | 29,6 | 1 677 | 60,6 | 6,7 | 1 739 | 60,9 | «m» |
| 1 616 | 61,5 | 28,8 | 1 678 | 60,6 | 12,8 | 1 740 | 60,8 | 4,8 |
| 1 617 | 61,7 | 27,8 | 1 679 | 60,7 | 11,9 | 1 741 | 59,9 | «m» |
| 1 618 | 62,2 | 20,3 | 1 680 | 60,6 | 12,4 | 1 742 | 59,8 | «m» |
| 1 619 | 61,4 | 19,6 | 1 681 | 60,1 | 12,4 | 1 743 | 59,1 | «m» |
| 1 620 | 61,8 | 19,7 | 1 682 | 60,5 | 12 | 1 744 | 58,8 | «m» |
| 1 621 | 61,8 | 18,7 | 1 683 | 60,4 | 11,8 | 1 745 | 58,8 | «m» |
| 1 622 | 61,6 | 17,7 | 1 684 | 59,9 | 12,4 | 1 746 | 58,2 | «m» |
| 1 623 | 61,7 | 8,7 | 1 685 | 59,6 | 12,4 | 1 747 | 58,5 | 14,3 |
| 1 624 | 61,7 | 1,4 | 1 686 | 59,6 | 9,1 | 1 748 | 57,5 | 4,4 |
| 1 625 | 61,7 | 5,9 | 1 687 | 59,9 | 0 | 1 749 | 57,9 | 0 |
| 1 626 | 61,2 | 8,1 | 1 688 | 59,9 | 20,4 | 1 750 | 57,8 | 20,9 |
| 1 627 | 61,9 | 45,8 | 1 689 | 59,8 | 4,4 | 1 751 | 58,3 | 9,2 |
| 1 628 | 61,4 | 31,5 | 1 690 | 59,4 | 3,1 | 1 752 | 57,8 | 8,2 |
| 1 629 | 61,7 | 22,3 | 1 691 | 59,5 | 26,3 | 1 753 | 57,5 | 15,3 |
| 1 630 | 62,4 | 21,7 | 1 692 | 59,6 | 20,1 | 1 754 | 58,4 | 38 |
| 1 631 | 62,8 | 21,9 | 1 693 | 59,4 | 35 | 1 755 | 58,1 | 15,4 |
| 1 632 | 62,2 | 22,2 | 1 694 | 60,9 | 22,1 | 1 756 | 58,8 | 11,8 |
| 1 633 | 62,5 | 31 | 1 695 | 60,5 | 12,2 | 1 757 | 58,3 | 8,1 |
| 1 634 | 62,3 | 31,3 | 1 696 | 60,1 | 11 | 1 758 | 58,3 | 5,5 |
| 1 635 | 62,6 | 31,7 | 1 697 | 60,1 | 8,2 | 1 759 | 59 | 4,1 |
| 1 636 | 62,3 | 22,8 | 1 698 | 60,5 | 6,7 | 1 760 | 58,2 | 4,9 |
| 1 637 | 62,7 | 12,6 | 1 699 | 60 | 5,1 | 1 761 | 57,9 | 10,1 |
| 1 638 | 62,2 | 15,2 | 1 700 | 60 | 5,1 | 1 762 | 58,5 | 7,5 |
| 1 639 | 61,9 | 32,6 | 1 701 | 60 | 9 | 1 763 | 57,4 | 7 |
| 1 640 | 62,5 | 23,1 | 1 702 | 60,1 | 5,7 | 1 764 | 58,2 | 6,7 |
| 1 641 | 61,7 | 19,4 | 1 703 | 59,9 | 8,5 | 1 765 | 58,2 | 6,6 |
| 1 642 | 61,7 | 10,8 | 1 704 | 59,4 | 6 | 1 766 | 57,3 | 17,3 |
| 1 643 | 61,6 | 10,2 | 1 705 | 59,5 | 5,5 | 1 767 | 58 | 11,4 |
| 1 644 | 61,4 | «m» | 1 706 | 59,5 | 14,2 | 1 768 | 57,5 | 47,4 |
| 1 645 | 60,8 | «m» | 1 707 | 59,5 | 6,2 | 1 769 | 57,4 | 28,8 |
| 1 646 | 60,7 | «m» | 1 708 | 59,4 | 10,3 | 1 770 | 58,8 | 24,3 |
| 1 647 | 61 | 12,4 | 1 709 | 59,6 | 13,8 | 1 771 | 57,7 | 25,5 |
| 1 648 | 60,4 | 5,3 | 1 710 | 59,5 | 13,9 | 1 772 | 58,4 | 35,5 |
| 1 649 | 61 | 13,1 | 1 711 | 60,1 | 18,9 | 1 773 | 58,4 | 29,3 |
| 1 650 | 60,7 | 29,6 | 1 712 | 59,4 | 13,1 | 1 774 | 59 | 33,8 |
| 1 651 | 60,5 | 28,9 | 1 713 | 59,8 | 5,4 | 1 775 | 59 | 18,7 |
| 1 652 | 60,8 | 27,1 | 1 714 | 59,9 | 2,9 | 1 776 | 58,8 | 9,8 |
| 1 653 | 61,2 | 27,3 | 1 715 | 60,1 | 7,1 | 1 777 | 58,8 | 23,9 |
| 1 654 | 60,9 | 20,6 | 1 716 | 59,6 | 12 | 1 778 | 59,1 | 48,2 |
| 1 655 | 61,1 | 13,9 | 1 717 | 59,6 | 4,9 | 1 779 | 59,4 | 37,2 |
| 1 656 | 60,7 | 13,4 | 1 718 | 59,4 | 22,7 | 1 780 | 59,6 | 29,1 |
| 1 657 | 61,3 | 26,1 | 1 719 | 59,6 | 22 | 1 781 | 50 | 25 |
| 1 658 | 60,9 | 23,7 | 1 720 | 60,1 | 17,4 | 1 782 | 40 | 20 |
| 1 659 | 61,4 | 32,1 | 1 721 | 60,2 | 16,6 | 1 783 | 30 | 15 |
| 1 660 | 61,7 | 33,5 | 1 722 | 59,4 | 28,6 | 1 784 | 20 | 10 |
| 1 661 | 61,8 | 34,1 | 1 723 | 60,3 | 22,4 | 1 785 | 10 | 5 |
| 1 662 | 61,7 | 17 | 1 724 | 59,9 | 20 | 1 786 | 0 | 0 |
| 1 663 | 61,7 | 2,5 | 1 725 | 60,2 | 18,6 | 1 787 | 0 | 0 |
| 1 664 | 61,5 | 5,9 | 1 726 | 60,3 | 11,9 | 1 788 | 0 | 0 |
| 1 665 | 61,3 | 14,9 | 1 727 | 60,4 | 11,6 | 1 789 | 0 | 0 |
| 1 666 | 61,5 | 17,2 | 1 728 | 60,6 | 10,6 | 1 790 | 0 | 0 |
| 1 667 | 61,1 | «m» | 1 729 | 60,8 | 16 | 1 791 | 0 | 0 |
| 1 668 | 61,4 | «m» | 1 730 | 60,9 | 17 | 1 792 | 0 | 0 |
| 1 669 | 61,4 | 8,8 | 1 731 | 60,9 | 16,1 | 1 793 | 0 | 0 |
| 1 670 | 61,3 | 8,8 | 1 732 | 60,7 | 11,4 | 1 794 | 0 | 0 |
| 1 671 | 61 | 18 | 1 733 | 60,9 | 11,3 | 1 795 | 0 | 0 |
| 1 672 | 61,5 | 13 | 1 734 | 61,1 | 11,2 | 1 796 | 0 | 0 |
| 1 673 | 61 | 3,7 | 1 735 | 61,1 | 25,6 | 1 797 | 0 | 0 |
| 1 674 | 60,9 | 3,1 | 1 736 | 61 | 14,6 | 1 798 | 0 | 0 |
| 1 675 | 60,9 | 4,7 | 1 737 | 61 | 10,4 | 1 799 | 0 | 0 |
| 1 676 | 60,6 | 4,1 | 1 738 | 60,6 | «m» | 1 800 | 0 | 0 |

«m» = moteur entraîné.

La figure 5 contient une représentation graphique de la programmation du dynamomètre pour l'essai ETC.

Figure 5

Programmation du dynamomètre pour l'essai ETC



Appendice 4

PROCÉDURES DE MESURE ET DE PRÉLÈVEMENT

1. INTRODUCTION

Les éléments constitutifs des gaz, les particules et les fumées émis par le moteur soumis à l'essai doivent être mesurés à l'aide des méthodes décrites à l'annexe V. Les différents points de l'annexe V expliquent les systèmes d'analyse recommandés pour les émissions de gaz (point 1), les systèmes de dilution et de prélèvement des particules recommandés (point 2) ainsi que les opacimètres recommandés pour mesurer les fumées (point 3).

Pour l'essai ESC, les éléments constitutifs des gaz sont mesurés dans les gaz d'échappement bruts. En option, ils peuvent être mesurés dans les gaz d'échappement dilués si un système de dilution en circuit principal est utilisé pour la mesure des particules. Les particules doivent être mesurées à l'aide d'un système de dilution en dérivation ou en circuit principal.

Pour l'essai ETC, seul un système de dilution en circuit principal doit servir à mesurer les émissions de gaz et de particules; il constitue le système de référence. Néanmoins, le service technique peut agréer des systèmes de dilution en dérivation si leur équivalence conformément au point 6.2 de l'annexe I est attestée et qu'une description détaillée des procédures d'évaluation et de calcul des résultats lui est présentée.

2. DYNAMOMÈTRE ET ÉQUIPEMENT DE LA CELLULE D'ESSAI

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

2.1. **Dynamomètres pour moteurs**

Un dynamomètre pour moteur est utilisé avec des caractéristiques adéquates afin d'exécuter les cycles d'essai décrits aux appendices 1 et 2 de la présente annexe. Le système de mesure du régime doit posséder une précision de lecture de $\pm 2\%$. Le système de mesure du couple doit posséder une précision de lecture de $\pm 3\%$ dans la gamme $> 20\%$ de la pleine échelle et une précision de $\pm 0,6\%$ de la pleine échelle dans la gamme $\leq 20\%$ de la pleine échelle.

2.2. **Autres instruments**

Lorsqu'il y a lieu, des instruments de mesure doivent être utilisés pour la consommation de carburant, la consommation d'air, la température du liquide de refroidissement et du lubrifiant, la pression des gaz d'échappement et la dépression dans le collecteur d'admission, la température des gaz d'échappement, la température de l'admission d'air, la pression atmosphérique, l'humidité et la température du carburant. Ces instruments doivent satisfaire aux exigences prescrites au tableau 8:

Tableau 8

Précision des instruments de mesure

| Instrument de mesure | Précision |
|------------------------------------|---|
| Consommation de carburant | $\pm 2\%$ de la valeur maximale du moteur |
| Consommation d'air | $\pm 2\%$ de la valeur maximale du moteur |
| Températures ≤ 600 K (327 °C) | ± 2 K en valeur absolue |
| Températures > 600 K (327 °C) | $\pm 1\%$ de la valeur de mesure |
| Pression atmosphérique | $\pm 0,1$ kPa en valeur absolue |
| Pression des gaz d'échappement | $\pm 0,2$ kPa en valeur absolue |
| Dépression à l'admission | $\pm 0,05$ kPa en valeur absolue |
| Autres pressions | $\pm 0,1$ kPa en valeur absolue |
| Humidité relative | $\pm 3\%$ en valeur absolue |
| Humidité absolue | $\pm 5\%$ en valeur absolue |

2.3. Débit de gaz d'échappement

Pour calculer les émissions dans les gaz d'échappement bruts, il faut connaître le débit des gaz d'échappement (voir le point 4.4 de l'appendice 1). Ce débit peut être déterminé par l'une ou l'autre des méthodes suivantes:

- a) mesure directe du débit de gaz d'échappement à l'aide d'un débitmètre à venturi ou d'un système de mesure équivalent;
- b) mesure du débit d'air et du débit de carburant avec des systèmes de mesure appropriés et calcul du débit de gaz d'échappement au moyen de l'équation suivante:

$$G_{\text{EXHW}} = G_{\text{AIRW}} + G_{\text{FUEL}} \text{ (pour une masse en conditions humides)}$$

La précision de la détermination du débit de gaz d'échappement doit être au moins égale à $\pm 2,5\%$.

D'autres méthodes équivalentes peuvent être appliquées.

2.4. Débit de gaz d'échappement dilués

Pour calculer les émissions dans les gaz d'échappement dilués à l'aide d'un système de dilution en circuit principal (obligatoire pour l'essai ETC), il faut connaître le débit de gaz d'échappement dilués (voir le point 4.3 de l'appendice 2). Le débit massique total de gaz d'échappement dilués (G_{TOTW}) ou la masse totale de gaz d'échappement dilués sur la durée du cycle (M_{TOTW}) est mesuré à l'aide d'une pompe volumétrique (PDP) ou d'un venturi à écoulement critique (CFV) (annexe V point 2.3.1). La précision doit être au moins égale à $\pm 2\%$ et être déterminée conformément aux dispositions de l'annexe III, appendice 5, point 2.4.

3. DÉTERMINATION DE LA QUANTITÉ DE GAZ POLLUANTS

3.1. Exigences générales posées aux analyseurs

Les analyseurs doivent posséder une gamme de mesure adaptée à la précision requise pour mesurer les concentrations des éléments constitutifs des gaz d'échappement (point 3.1.1). Il est recommandé de faire fonctionner les analyseurs pour que la concentration se situe entre 15 % et 100 % de la pleine échelle.

Si le système de lecture (ordinateurs, enregistreur de données) est capable de garantir une précision et une résolution suffisantes pour des valeurs inférieures à 15 % de la pleine échelle, les mesures inférieures à 15 % de la pleine échelle sont aussi acceptables. Dans ce cas, des étalonnages supplémentaires d'au moins 4 points théoriquement équidistants et différents de zéro doivent être réalisés pour garantir la précision des courbes d'étalonnage conformément à l'annexe III, appendice 5, point 1.5.5.2.

L'équipement doit également présenter un degré de compatibilité électromagnétique (CEM) susceptible de minimiser les erreurs supplémentaires.

3.1.1. Erreur de mesure

L'erreur de mesure totale, y compris la sensibilité croisée à d'autres gaz (voir l'annexe III, appendice 5, point 1.9), ne doit pas dépasser $\pm 5\%$ de la valeur mesurée ou $\pm 3,5\%$ de la pleine échelle, la plus petite des deux valeurs étant retenue. Pour des concentrations inférieures à 100 ppm, l'erreur de mesure ne doit pas excéder ± 4 ppm.

3.1.2. Répétabilité

La répétabilité, définie comme étant égale à 2,5 fois l'écart type de 10 réponses répétitives à un gaz d'étalonnage ou de réglage de sensibilité donné, ne doit pas dépasser $\pm 1\%$ de la concentration pleine échelle pour chaque gamme utilisée au-delà de 155 ppm (ou ppmC) ou $\pm 2\%$ de chaque gamme utilisée en dessous de 155 ppm (ou ppmC).

3.1.3. Bruit

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

3.1.4. Dérive du zéro

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

3.1.5. *Dérive d'étalonnage*

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

3.2. **Séchage des gaz**

Le dispositif de séchage des gaz en option doit avoir une influence minimale sur la concentration des gaz mesurés. Les sècheurs chimiques ne constituent pas une méthode acceptable d'élimination de l'eau de l'échantillon.

3.3. **Analyseurs**

Les points 3.3.1 à 3.3.4 décrivent les principes de mesure à appliquer. L'annexe V fournit une description détaillée des systèmes de mesure. Les gaz à mesurer sont analysés à l'aide des instruments suivants. Dans le cas d'analyseurs non linéaires, des circuits de linéarisation peuvent être mis en œuvre.

3.3.1. *Analyse du monoxyde de carbone (CO)*

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

3.3.2. *Analyse du dioxyde de carbone (CO₂)*

L'analyseur de dioxyde de carbone doit être du type non dispersif à absorption dans l'infrarouge (Non-Dispersive InfraRed ou NDIR).

3.3.3. *Analyse des hydrocarbures (HC)*

Pour des moteurs Diesel, l'analyseur d'hydrocarbures doit être un détecteur dit d'ionisation de flamme chauffé (Heated Flame Ionisation Detector ou HFID) et être équipé d'un détecteur, de valves, de tuyaux, etc. chauffés afin de maintenir les gaz à une température de $463 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$ ($190 \pm 10^\circ\text{C}$). Dans le cas de moteurs à gaz fonctionnant au gaz naturel ou au GPL, l'analyseur d'hydrocarbures peut être un détecteur dit d'ionisation de flamme non chauffé (Flame Ionisation Detector ou FID) selon la méthode appliquée (voir l'annexe V, point 1.3).

3.3.4. *Analyse des hydrocarbures non méthaniques (NMHC) (moteurs à gaz fonctionnant au gaz naturel uniquement)*

Les hydrocarbures non méthaniques doivent être mesurés selon l'une des méthodes suivantes:

3.3.4.1. Méthode de la chromatographie en phase gazeuse (CG)

Les hydrocarbures non méthaniques doivent être mesurés en soustrayant le méthane analysé à l'aide d'un chromatographe à gaz (CG) conditionné à 423 K (150°C) des hydrocarbures mesurés conformément au point 3.3.3.

3.3.4.2. Méthode du séparateur de méthane (NMC)

La fraction non méthanique doit être mesurée à l'aide d'un NMC chauffé et couplé à un FID conformément au point 3.3.3 en soustrayant le méthane des hydrocarbures.

3.3.5. *Analyse des oxydes d'azote (NO_x)*

L'analyseur d'oxydes d'azote doit être un détecteur du type à chimiluminescence (ChemiLuminescent Detector ou CLD) ou à chimiluminescence chauffé (Heated ChemiLuminescent Detector ou HCLD) équipé d'un convertisseur NO₂/NO si la mesure est effectuée en conditions sèches. Si la mesure est effectuée en conditions humides, un HCLD muni d'un convertisseur maintenu à une température supérieure à 328 K (55°C) doit être utilisé pour autant que l'interférence à l'eau (voir l'annexe III, appendice 5, point 1.9.2.2) soit contrôlée de manière satisfaisante.

3.4. **Prélèvement des émissions de gaz**

3.4.1. *Gaz d'échappement bruts (essai ESC uniquement)*

Les sondes de prélèvement des émissions de gaz doivent être placées, dans toute la mesure du possible, à au moins 0,5 m ou 3 fois le diamètre du tuyau d'échappement — la plus grande des deux valeurs étant retenue — en amont de la sortie du système d'échappement et suffisamment près du moteur pour garantir une température minimale des gaz d'échappement de 343 K (70°C) au niveau de la sonde.

Dans le cas d'un moteur à plusieurs cylindres équipé d'un collecteur d'échappement en forme de fourche, l'entrée de la sonde doit se situer suffisamment loin en aval pour garantir que l'échantillon est représentatif des émissions moyennes de gaz d'échappement de tous les cylindres. Dans le cas de moteurs à plusieurs cylindres qui possèdent des groupes distincts de collecteurs (comme dans le cas d'un moteur à cylindres en V), il est permis de prélever un échantillon dans chaque groupe individuel et de calculer une valeur moyenne pour les émissions de gaz d'échappement. D'autres méthodes dont la corrélation avec les méthodes ci-dessus a été démontrée peuvent être appliquées. Le débit massique total de gaz d'échappement doit servir à mesurer les émissions de gaz d'échappement.

Si le moteur est équipé d'un système de post-traitement des gaz d'échappement, l'échantillon de gaz d'échappement doit être prélevé en aval de ce système.

3.4.2. *Gaz d'échappement dilués (obligatoires pour l'essai ETC, facultatifs pour l'essai ESC)*

Le tuyau d'échappement placé entre le moteur et le système de dilution en circuit principal est conforme aux exigences de l'annexe V, point 2.3.1, EP.

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

Pour l'essai ETC, le prélèvement peut en général être effectué de deux façons:

- les polluants sont prélevés dans un sac de prélèvement durant tout le cycle et mesurés dès la fin de l'essai,
- les polluants sont prélevés en continu et intégrés durant tout le cycle; cette méthode est obligatoire pour les HC et les NO_x.

4. DÉTERMINATION DE LA QUANTITÉ DE PARTICULES

La détermination des particules impose d'utiliser un système de dilution. La dilution peut être exécutée par un système de dilution en dérivation (essai ESC uniquement) ou un système de dilution en circuit principal (obligatoire pour l'essai ETC). La capacité d'écoulement du système de dilution doit être suffisamment élevée pour éliminer totalement la condensation d'eau dans les systèmes de dilution et de prélèvement et maintenir la température des gaz d'échappement dilués inférieure ou égale à 325 K (52°C) juste en amont des porte-filtres. Une dessiccation de l'air de dilution avant l'entrée dans le système de dilution est admise et s'avère particulièrement utile si l'humidité de l'air de dilution est élevée. La température de l'air de dilution doit être égale à 298 K ± 5 K (25°C ± 5°C). Si la température ambiante est inférieure à 293 K (20°C), il est recommandé de préchauffer l'air de dilution au-delà de la température limite supérieure de 303 K (30°C). Néanmoins, la température de l'air de dilution ne doit pas dépasser 325 K (52°C) avant d'introduire les gaz d'échappement dans le tunnel de dilution.

Le système de dilution en dérivation doit être conçu de manière à séparer le flux de gaz d'échappement en deux fractions, la plus petite étant diluée avec de l'air, puis utilisée pour la mesure des particules. À cette fin, il importe de déterminer le taux de dilution avec une précision extrême. Différentes méthodes de division peuvent être appliquées et, dans ce cas, le type de division choisi détermine dans une grande mesure le matériel et les procédures de prélèvement à utiliser (annexe V, point 2.2). La sonde de prélèvement des particules est placée à proximité immédiate de la sonde de prélèvement des émissions de gaz et l'installation est conforme aux dispositions du point 3.4.1.

Un système de prélèvement des particules, des filtres de prélèvement des particules, une microbalance et une chambre de pesée à contrôle de température et d'humidité sont nécessaires pour déterminer la masse de particules.

Pour le prélèvement des particules, il convient d'appliquer la méthode à filtre unique qui utilise une paire de filtres (voir le point 4.1.3) durant tout le cycle d'essai. Pour l'essai ESC, il faut accorder une grande attention à la durée du prélèvement et aux débits durant la phase de prélèvement de l'essai.

4.1. **Filtres de prélèvement des particules**

4.1.1. *Spécifications des filtres*

Des filtres en fibres de verre recouverts d'hydrocarbure fluoré ou des filtres à membranes fluorocarbonées sont nécessaires. Tous les types de filtres doivent posséder un coefficient de rétention des DOP (diocetylphthalates) à 0,3 µm d'au moins 95 % à une vitesse face au gaz comprise entre 35 et 80 cm/s.

4.1.2. *Dimensions des filtres*

Des filtres à particules doivent posséder un diamètre minimal de 47 mm (diamètre utile de 37 mm). Des filtres de plus grand diamètre sont acceptables (point 4.1.5).

4.1.3. *Filtre primaire et filtre secondaire*

Les gaz d'échappement dilués sont prélevés, durant la séquence d'essai, par une paire de filtres installés en série (un filtre primaire et un filtre secondaire). Le filtre secondaire se situe au maximum à 100 mm en aval du filtre primaire et n'entre pas en contact avec celui-ci. Les filtres peuvent être pesés séparément ou ensemble, les filtres étant placés face utile contre face utile.

4.1.4. *Vitesse au travers des filtres*

Il faut parvenir à une vitesse des gaz au travers du filtre de 35 à 80 cm/s. L'augmentation de la perte de charge entre le début et la fin de l'essai ne doit pas excéder 25 kPa.

4.1.5. *Charge des filtres*

La charge minimale recommandée d'un filtre doit être égale à 0,5 mg pour une surface utile de 1 075 mm². Les valeurs relatives aux dimensions de filtres les plus répandues figurent au tableau 9.

Tableau 9
Charges recommandées pour les filtres

| Diamètre du filtre (mm) | Diamètre utile recommandé (mm) | Charge minimale recommandée (mg) |
|----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| 47 | 37 | 0,5 |
| 70 | 60 | 1,3 |
| 90 | 80 | 2,3 |
| 110 | 100 | 3,6 |

4.2. **Exigences posées à la chambre de pesée et à la balance analytique**4.2.1. *Conditions dans la chambre de pesée*

La chambre (ou le local) dans laquelle les filtres à particules sont conditionnés et pesés doit être maintenue à une température de 295 K \pm 3 K (22 °C \pm 3 °C) durant le conditionnement et le pesage de tous les filtres. L'humidité doit être maintenue à un point de rosée de 282,5 K \pm 3 K (9,5 °C \pm 3 °C) et l'humidité relative à 45 % \pm 8 %.

4.2.2. *Pesage du filtre de référence*

L'environnement de la chambre (ou du local) doit être exempt de tout contaminant ambiant (p. ex. des poussières) susceptible de se déposer sur les filtres à particules durant leur stabilisation. Des perturbations des exigences posées à la chambre de pesée qui sont définies au point 4.2.1 sont autorisées à condition de ne pas durer plus de 30 minutes. La chambre de pesée doit satisfaire aux exigences requises avant l'entrée des filtres individuels dans la chambre de pesée. Au moins deux filtres ou paires de filtres de référence inutilisés doivent être pesés dans les 4 heures suivant les pesages des filtres (paire) de prélèvement; de préférence, ces opérations doivent être exécutées simultanément. Ils doivent avoir les mêmes dimensions et être réalisés dans les mêmes matériaux que les filtres de prélèvement.

Si le poids moyen des filtres de référence (paires de filtres de référence) varie, entre les pesages des filtres de prélèvement, de plus de \pm 5 % (ou de \pm 7,5 % pour la paire de filtres) par rapport à la charge minimale recommandée pour les filtres (point 4.1.5), tous les filtres de prélèvement sont éliminés et l'essai de mesure des émissions est recommencé.

Si le critère de stabilité de la chambre de pesée défini au point 4.2.1 n'est pas respecté, mais que les pesages des filtres (paire) de référence satisfont aux critères susmentionnés, le constructeur du moteur a la faculté d'accepter les poids des filtres de prélèvement ou d'annuler les essais, de réparer le système de contrôle de la chambre de pesée et de recommencer l'essai.

4.2.3. *Balance analytique*

La balance analytique utilisée pour déterminer les poids de tous les filtres possède une précision (écart type) de 20 µg et une résolution de 10 µg (1 chiffre = 10 µg). Lorsque les filtres possèdent un diamètre inférieur à 70 mm, la précision et la résolution doivent respectivement s'élever à 2 µg et 1 µg.

4.3. **Exigences supplémentaires posées à la mesure des particules**

Tous les éléments du système de dilution et du système de prélèvement — du tuyau d'échappement au porte-filtre — qui sont en contact avec des gaz d'échappement bruts et dilués doivent être conçus de manière à minimiser les dépôts ou les altérations des particules. Ils doivent être réalisés dans des matériaux conducteurs qui ne réagissent pas aux éléments constitutifs des gaz d'échappement et être mis à la terre afin d'éviter les influences électrostatiques.

5. DÉTERMINATION DES FUMÉES

Le présent point contient des exigences posées à l'équipement d'essai obligatoire et facultatif à utiliser pour l'essai ELR. Les fumées doivent être mesurées avec un opacimètre doté d'un mode de lecture de l'opacité et du coefficient d'absorption lumineuse. Le mode de lecture de l'opacité sert uniquement à l'étalonnage et au contrôle de l'opacimètre. Les valeurs de fumées du cycle d'essai sont mesurées en mode de lecture du coefficient d'absorption lumineuse.

5.1. **Exigences générales**

L'essai ELR impose d'utiliser un système de mesure des fumées et de traitement des données qui comporte trois unités fonctionnelles. Celles-ci peuvent se présenter sous la forme d'un élément intégré unique ou d'un système de composants reliés entre eux. Les trois unités fonctionnelles sont les suivantes:

- un opacimètre qui répond aux exigences de l'annexe III, appendice 1, point 3,
- une unité de traitement des données capable d'exécuter les fonctions décrites à l'annexe III, appendice 1, point 6,
- une imprimante et/ou un support de stockage électronique afin d'enregistrer et de sortir les valeurs de fumées requises qui sont spécifiées à l'annexe III, appendice 1, point 6.3.

5.2. **Exigences spécifiques**

5.2.1. *Linéarité*

La linéarité doit être égale à $\pm 2\%$ d'opacité.

5.2.2. *Dérive du zéro*

La dérive du zéro durant une période d'une heure ne doit pas dépasser $\pm 1\%$ d'opacité.

5.2.3. *Indication et plage de l'opacimètre*

La plage d'indication de l'opacité est de 0-100% et la lisibilité est de l'ordre de 0,1%. La plage d'indication du coefficient d'absorption lumineuse est de 0-30 m⁻¹ et la lisibilité est de l'ordre de 0,01 m⁻¹.

5.2.4. *Temps de réponse des instruments*

Le temps de réponse physique de l'opacimètre ne doit pas dépasser 0,2 s. Le temps de réponse physique est la différence entre les moments où le résultat fourni par un récepteur à réponse rapide atteint 10 et 90% de l'écart total lorsque l'opacité du gaz mesuré varie en moins de 0,1 s.

Le temps de réponse électrique de l'opacimètre ne doit pas dépasser 0,05 s. Le temps de réponse électrique est la différence entre les moments où le résultat de l'opacimètre atteint 10 et 90% de la pleine échelle lorsque la source lumineuse est interrompue ou éteinte complètement en moins de 0,01 s.

5.2.5. *Filtres neutres*

Tout filtre neutre utilisé pour étalonner l'opacimètre, mesurer la linéarité ou régler la sensibilité doit posséder une valeur connue avec une précision inférieure à 1,0% d'opacité. La précision de la valeur nominale du filtre doit être vérifiée au moins une fois par an à l'aide d'une référence issue d'une norme nationale ou internationale.

Les filtres neutres sont des appareils de précision qui peuvent être facilement endommagés en cours d'utilisation. Ils doivent être manipulés le moins souvent possible et, le cas échéant, avec précaution afin d'éviter de les griffer ou de les souiller.

Appendice 5

PROCÉDURE D'ÉTALONNAGE

1. ÉTALONNAGE DES ANALYSEURS

1.1. Introduction

Chaque analyseur doit être étalonné aussi souvent que nécessaire afin de satisfaire aux exigences de précision imposées par la présente directive. Ce point décrit la méthode d'étalonnage à appliquer pour les analyseurs repris à l'annexe III, appendice 4, point 3, et à l'annexe V, point 1.

1.2. Gaz d'étalonnage

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

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

1.2.1. Gaz purs

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

azote purifié

(contamination: ≤ 1 ppm C1, ≤ 1 ppm CO, ≤ 400 ppm CO₂, $\leq 0,1$ ppm NO)

oxygène purifié

(pureté > 99,5 % vol. O₂)

mélange hydrogène-hélium

(40 \pm 2 % hydrogène, hélium porteur)

(contamination ≤ 1 ppm C1, ≤ 400 ppm CO₂)

air synthétique purifié

(contamination ≤ 1 ppm C1, ≤ 1 ppm CO, ≤ 400 ppm CO₂, $\leq 0,1$ ppm NO)

(teneur en oxygène entre 18-21 % vol.)

propane ou CO purifié pour la vérification du CVS

1.2.2. Gaz d'étalonnage et de réglage de sensibilité

Les mélanges de gaz qui possèdent les compositions chimiques suivantes sont disponibles:

C₃H₈ et air synthétique purifié (voir le 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 admises si les différents gaz ne réagissent pas les uns avec les autres.

La concentration effective d'un gaz d'étalonnage et de réglage de sensibilité doit se situer à moins de $\pm 2\%$ de la valeur nominale. Toutes les concentrations du gaz d'étalonnage doivent être indiquées en volume (pourcentage en volume ou ppm en volume).

Les gaz utilisés pour l'étalonnage et le réglage de sensibilité peuvent aussi être obtenus à l'aide d'un diviseur de gaz, par dilution avec du N₂ purifié ou de l'air synthétique purifié. La précision du mélangeur doit permettre de déterminer la concentration des gaz d'étalonnage dilués à $\pm 2\%$.

1.3. Mode opératoire des analyseurs et du système de prélèvement

Le mode opératoire des analyseurs doit respecter les instructions de démarrage et de fonctionnement du fabricant de l'instrument. Les exigences minimales indiquées aux points 1.4 à 1.9 doivent aussi être observées.

1.4. Essai d'étanchéité

Un essai d'étanchéité du système doit être exécuté. La sonde est déconnectée du système d'échappement et son extrémité est obstruée. La pompe de l'analyseur est branchée. Après une période de stabilisation initiale, tous les débitmètres doivent indiquer zéro. Sinon, les conduites de prélèvement doivent être vérifiées et le défaut éliminé.

Le taux de fuite maximal admissible côté dépression est de l'ordre de 0,5% du débit en service pour la partie du système en cours de vérification. Les débits de l'analyseur et les débits de dérivation peuvent servir à évaluer les débits en service.

Une autre méthode consiste à introduire un changement progressif de la concentration au début de la conduite de prélèvement en commutant entre le gaz de mise à zéro et le gaz de réglage de sensibilité. Si, après un laps de temps approprié, la valeur relevée indique une concentration inférieure à la concentration introduite, il existe des problèmes d'étalonnage ou de fuite.

1.5. Procédure d'étalonnage**1.5.1. Instruments**

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

1.5.2. Temps de mise en température

Le temps de mise en température doit être conforme aux recommandations du fabricant. S'il n'est pas spécifié, il est recommandé d'observer un temps de mise en température minimal de deux heures pour les analyseurs.

1.5.3. Analyseurs NDIR et HFID

Lorsqu'il y a lieu, l'analyseur NDIR doit être réglé et la flamme de combustion de l'analyseur HFID doit être optimisée (point 1.8.1).

1.5.4. Étalonnage

Chaque gamme opératoire normalement utilisée doit être étalonnée.

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

Les gaz d'étalonnage adéquats sont introduits dans les analyseurs, puis les valeurs sont enregistrées et la courbe d'étalonnage est tracée conformément au point 1.5.5.

Le réglage du zéro est revérifié et, le cas échéant, la procédure d'étalonnage est recommencée.

1.5.5. Traçage de la courbe d'étalonnage**1.5.5.1. Principes généraux**

La courbe d'étalonnage des analyseurs est tracée en reliant au moins cinq points d'étalonnage (à l'exclusion du zéro) espacés aussi uniformément que possible. La concentration nominale maximale doit être égale ou supérieure à 90% de la pleine échelle.

La courbe d'étalonnage est calculée à l'aide de la méthode des moindres carrés. Si le degré polynomial résultant est supérieur à 3, le nombre de points d'étalonnage (zéro inclus) doit être au moins égal à ce degré polynomial plus 2.

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

La courbe et les points d'étalonnage permettent de vérifier l'exécution correcte de l'étalonnage. Les différents paramètres caractéristiques de l'analyseur doivent être indiqués, notamment:

- la plage de mesure,
- la sensibilité,
- la date d'exécution de l'étalonnage.

1.5.5.2. Étalonnage en dessous de 15 % de la pleine échelle

La courbe d'étalonnage de l'analyseur doit être tracée en reliant au moins 4 points d'étalonnage supplémentaires (à l'exclusion du zéro) qui sont théoriquement équidistants en dessous de 15 % de la pleine échelle.

La courbe d'étalonnage est calculée à l'aide de la méthode des moindres carrés.

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

Ces dispositions ne s'appliquent pas dans le cas d'une valeur pleine échelle inférieure ou égale à 155 ppm.

1.5.5.3. Méthodes de substitution

S'il peut être démontré qu'une technologie de substitution (p. ex. un ordinateur, un commutateur de gamme électronique, etc.) peut fournir une précision équivalente, elle peut être utilisée.

1.6. Vérification de l'étalonnage

Chaque gamme opératoire normalement utilisée doit être vérifiée avant toute analyse conformément à la procédure ci-dessous.

L'étalonnage est vérifié à l'aide d'un gaz de mise à zéro et d'un gaz de réglage de sensibilité dont la valeur nominale dépasse 80 % de la pleine échelle de la plage de mesure.

Si, pour les deux points considérés, la valeur résultante 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. Si tel n'est pas le cas, une nouvelle courbe d'étalonnage est tracée conformément au point 1.5.5.

1.7. Essai d'efficacité du convertisseur de NO_x

L'efficacité du convertisseur utilisé pour convertir les NO₂ en NO est testée conformément aux points 1.7.1 à 1.7.8 (figure 6).

1.7.1. Montage d'essai

Il faut utiliser le montage d'essai décrit à la figure 6 (voir aussi l'annexe III, appendice 4, point 3.3.5) et la procédure ci-dessous pour tester l'efficacité des convertisseurs à l'aide d'un ozoniseur.

1.7.2. Étalonnage

Les détecteurs CLD et HCLD sont étalonnés, conformément aux spécifications du fabricant, dans la gamme opératoire la plus courante à l'aide d'un gaz de mise à zéro et d'un gaz de réglage de sensibilité (dont la teneur en NO doit correspondre à quelque 80 % de la gamme opératoire 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 réglé en mode NO pour que le gaz de réglage de sensibilité ne traverse pas le convertisseur. La concentration indiquée doit être enregistrée.

1.7.3. Calcul

L'efficacité du convertisseur de NO_x se calcule comme suit:

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

où:

a = concentration de NO_x conformément au point 1.7.6

b = concentration de NO_x conformément au point 1.7.7

c = concentration de NO conformément au point 1.7.4

d = concentration de NO conformément au point 1.7.5

1.7.4. Ajout d'oxygène

De l'oxygène ou de l'air de mise à zéro est ajouté en continu au débit de gaz par un raccord en T jusqu'à ce que la concentration indiquée soit inférieure de quelque 20 % à la concentration d'étalonnage indiquée au point 1.7.2 (l'analyseur est réglé en mode NO). La concentration c indiquée est enregistrée. L'ozoniseur reste désactivé durant toute la procédure.

1.7.5. *Activation de l'ozoniseur*

L'ozoniseur est ensuite activé afin de générer un volume suffisant d'ozone pour abaisser la concentration de NO à environ 20% (10% minimum) de la concentration d'étalonnage indiquée au point 1.7.2. La concentration d indiquée est enregistrée (*l'analyseur est réglé en mode NO*).

1.7.6. *Mode NO_x*

L'analyseur de NO est ensuite commuté en mode NO_x pour que le mélange gazeux (composé de NO, de NO₂, d'O₂ et de N₂) passe par le convertisseur. La concentration a indiquée est enregistrée (*l'analyseur est réglé en mode NO_x*).

1.7.7. *Désactivation de l'ozoniseur*

L'ozoniseur est ensuite désactivé. Le mélange gazeux décrit au point 1.7.6 traverse le convertisseur et parvient dans le détecteur. La concentration b indiquée est enregistrée (*l'analyseur est réglé en mode NO_x*).

1.7.8. *Mode NO*

Une commutation en mode NO avec l'ozoniseur désactivé coupe aussi le débit d'oxygène ou d'air synthétique. La valeur de NO_x indiquée par l'analyseur ne doit pas s'écarter de plus de ± 5% de la valeur mesurée conformément au point 1.7.2 (*l'analyseur est réglé en mode NO*).

1.7.9. *Intervalle d'essai*

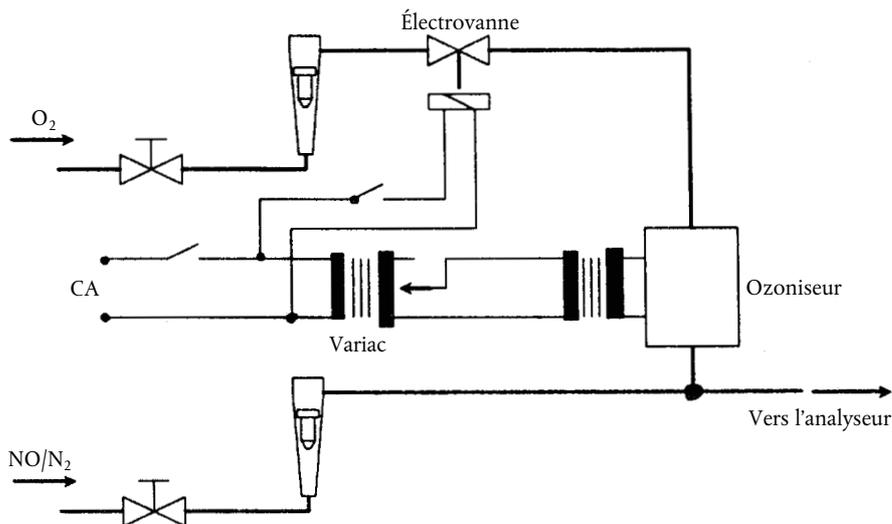
L'efficacité du convertisseur doit être testée avant tout étalonnage de l'analyseur de NO_x.

1.7.10. *Exigence en matière d'efficacité*

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

Remarque: si, lorsque l'analyseur est réglé dans la gamme la plus courante, l'ozoniseur est incapable d'indiquer une réduction de 80% à 20% conformément au point 1.7.5, il convient d'opter pour la gamme maximale qui indiquera la réduction.

Figure 6

Schéma du dispositif de mesure de l'efficacité du convertisseur de NO_x1.8. **Réglage du FID**1.8.1. *Optimalisation de la réponse du détecteur*

Le FID doit être réglé conformément aux spécifications du fabricant de l'instrument. Un gaz de réglage de sensibilité à l'air propané doit servir à optimiser la réponse dans la gamme opératoire la plus courante.

Lorsque les débits de carburant et d'air sont conformes aux recommandations du fabricant, un gaz de réglage de sensibilité à 350 ± 75 ppm C est introduit dans l'analyseur. La réponse à un débit de carburant donné est déterminée à partir de la différence entre la réponse au gaz de réglage de sensibilité et la réponse au gaz de mise à zéro. Le débit de carburant est réglé pas à pas au-dessus et en dessous de la valeur prescrite par le fabricant. La réponse au gaz de réglage de sensibilité et au gaz de mise à zéro à ces débits de carburant est enregistrée. La différence entre la réponse au gaz de réglage de sensibilité et au gaz de mise à zéro est tracée et le débit de carburant est ajusté du côté riche de la courbe.

1.8.2. Facteurs de réponse aux hydrocarbures

L'analyseur est étalonné avec du propane dans de l'air et de l'air synthétique purifié conformément au point 1.5.

Les facteurs de réponse sont déterminés à la mise en service d'un analyseur et après de longs intervalles d'entretien. Le facteur de réponse (R_f) d'un type particulier d'hydrocarbures est le rapport de la valeur C1 relevée au FID à la concentration de gaz dans la bouteille qui est exprimée en ppm C1.

La concentration du gaz d'essai doit être suffisante pour fournir une réponse égale à quelque 80% de la pleine échelle. La concentration doit être connue avec une précision de $\pm 2\%$ par rapport à une norme gravimétrique exprimée en volume. En outre, la bouteille à gaz doit être préconditionnée durant 24 heures à une température de $298 \text{ K} \pm 5 \text{ K}$ ($25^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$).

Les gaz d'essai à utiliser et les gammes relatives recommandées pour le facteur de réponse sont les suivants:

méthane et air synthétique purifié $1,00 \leq R_f \leq 1,15$

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

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

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

1.8.3. Contrôle d'interférence à l'oxygène

Le contrôle d'interférence à l'oxygène est exécuté à la mise en service d'un analyseur ou après de longs intervalles d'entretien.

Le facteur de réponse est défini, puis déterminé conformément à la description du point 1.8.2. Le gaz d'essai à utiliser et la gamme relative recommandée pour le facteur de réponse sont les suivants:

propane et azote $0,95 \leq R_f \leq 1,05$

Cette valeur concerne le facteur de réponse (R_f) de 1,00 pour le propane et l'air synthétique purifié.

La concentration d'oxygène dans l'air du brûleur du FID doit se situer à ± 1 mole % de celle appliquée lors du dernier contrôle d'interférence à l'oxygène. Si la différence est supérieure, l'interférence à l'oxygène doit être contrôlée et, le cas échéant, l'analyseur doit être réglé.

1.8.4. Efficacité du séparateur de méthane (NMC, pour des moteurs à gaz fonctionnant au gaz naturel uniquement)

Le NMC sert à éliminer les hydrocarbures non méthaniques du gaz prélevé en oxydant tous les hydrocarbures à l'exception du méthane. Idéalement, la conversion du méthane est de 0% et celle des autres hydrocarbures représentés par l'éthane est égale à 100%. Afin de garantir une mesure précise des NMHC, les deux rendements sont mesurés et servent à calculer le débit massique des émissions de NMHC (voir l'annexe III, appendice 2, point 4.3).

1.8.4.1. Rendement du méthane

Le gaz d'étalonnage du méthane est envoyé au travers du FID avec et sans contournement du NMC et les deux valeurs sont enregistrées. Le rendement est déterminé comme suit:

$$CE_M = 1 - \frac{\text{conc}_{\text{avec}}}{\text{conc}_{\text{sans}}}$$

où:

$\text{conc}_{\text{avec}}$ = concentration de HC lorsque le CH_4 traverse le NMC

$\text{conc}_{\text{sans}}$ = concentration de HC lorsque le CH_4 contourne le NMC

1.8.4.2. Rendement de l'éthane

Le gaz d'étalonnage de l'éthane est envoyé au travers du FID avec et sans contournement du NMC et les deux concentrations sont enregistrées. Le rendement est déterminé comme suit:

$$CE_E = 1 - \frac{\text{conc}_{\text{avec}}}{\text{conc}_{\text{sans}}}$$

où:

$\text{conc}_{\text{avec}}$ = concentration de HC lorsque le C_2H_6 traverse le NMC

$\text{conc}_{\text{sans}}$ = concentration de HC lorsque le C_2H_6 contourne le NMC

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

Les gaz autres que le gaz analysé qui sont présents dans les gaz d'échappement peuvent perturber la valeur mesurée de différentes façons. Il y a interférence positive dans les instruments NDIR lorsque le gaz à l'origine de l'interférence fournit le même effet, mais à un degré moindre, que le gaz mesuré. Il y a interférence négative, d'une part, dans les instruments NDIR lorsque le gaz à l'origine de l'interférence élargit la bande d'absorption du gaz mesuré et, d'autre part, dans des instruments CLD lorsque le gaz à l'origine de l'interférence provoque une extinction de la radiation. Les contrôles d'interférence repris aux points 1.9.1 et 1.9.2 sont exécutés avant la mise en service d'un analyseur ou après de longs intervalles d'entretien.

1.9.1. Contrôle d'interférence de l'analyseur de CO

L'eau et le CO₂ peuvent perturber les performances de l'analyseur de CO. Par conséquent, un gaz de réglage de sensibilité au CO₂ présentant une concentration de 80 à 100% de la pleine échelle de la gamme opératoire maximale utilisée durant les essais est purifié par barbotage dans de l'eau à la température ambiante et la réponse de l'analyseur est enregistrée. Cette dernière ne doit pas être supérieure à 1% de la pleine échelle pour des gammes égales ou supérieures à 300 ppm ou à 3 ppm pour des gammes inférieures à 300 ppm.

1.9.2. Contrôles d'interférence de l'analyseur aux NO_x

Les deux gaz concernés pour les analyseurs CLD (et HCLD) sont le CO₂ et la vapeur d'eau. Les taux d'interférence à ces gaz sont proportionnels à leurs concentrations et imposent dès lors de recourir à des techniques d'essai pour déterminer l'interférence aux concentrations maximales escomptées apparue durant les essais.

1.9.2.1. Contrôle du taux d'interférence au CO₂

Un gaz de réglage de sensibilité au CO₂ qui possède une concentration de 80 à 100% de la pleine échelle de la gamme opératoire maximale est envoyé à travers l'analyseur NDIR et la valeur mesurée pour le CO₂ est enregistrée comme A. Il doit ensuite être dilué à 50% environ avec un gaz de réglage de sensibilité au NO et envoyé à travers le NDIR et le (H)CLD, les valeurs mesurées pour le CO₂ et le NO étant respectivement enregistrées comme B et C. Le CO₂ est ensuite coupé et seul le gaz de réglage de sensibilité au NO est envoyé à travers le (H)CLD, puis la valeur mesurée pour le NO est enregistrée comme D.

L'interférence, qui ne doit pas être supérieure à 3% de la pleine échelle, est déterminée comme suit:

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

où:

A = concentration de CO₂ non dilué qui est mesurée en % à l'aide du NDIR

B = concentration de CO₂ dilué qui est mesurée en % à l'aide du NDIR

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

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

D'autres méthodes de dilution et de quantification des valeurs du gaz de réglage de sensibilité au CO₂ et au NO, telles que le mélange/dosage dynamique, peuvent être appliquées.

1.9.2.2. Contrôle de l'interférence à l'eau

Ce contrôle s'applique uniquement aux mesures de la concentration de gaz humides. Le calcul de l'interférence à l'eau doit tenir compte de la dilution du gaz de réglage de sensibilité au NO avec de 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 escomptée durant les essais.

Un gaz de réglage de sensibilité au NO qui possède une concentration de 80 à 100% de la pleine échelle de la gamme opératoire normale est envoyé à travers le (H)CLD et la valeur mesurée pour le NO est enregistrée comme D. Le gaz de réglage de sensibilité au NO est ensuite purifié par barbotage dans de l'eau à la température ambiante et envoyé à travers le (H)CLD; la valeur mesurée pour le NO est enregistrée comme C. La pression de service absolue de l'analyseur et la température de l'eau sont déterminées et enregistrées respectivement comme E et F. La pression de vapeur saturante du mélange qui correspond à la température F de l'eau du barboteur est déterminée et enregistrée comme G. La concentration de vapeur d'eau (H, en %) du mélange est calculée comme suit:

$$H = 100 * (G/E)$$

La concentration escomptée de gaz de réglage de sensibilité au NO dilué (dans de la vapeur d'eau) (D_e) est calculée comme suit:

$$D_e = D * (1 - H/100)$$

Dans les gaz d'échappement d'un moteur Diesel, la concentration maximale de vapeur d'eau dans les gaz d'échappement (H_m , en %) qui est escomptée durant les essais est évaluée comme suit à partir de la concentration non diluée de gaz de réglage de sensibilité au CO_2 (A, valeur mesurée au point 1.9.2.1) en supposant un rapport atomique H/C du carburant égal à 1,8:1:

$$H_m = 0,9 * A$$

L'interférence à l'eau, qui ne doit pas dépasser 3%, est calculée comme suit:

$$\% \text{ interférence} = 100 * ((D_e - C)/D_e) * (H_m/H)$$

où:

D_e = concentration diluée escomptée de NO, en ppm

C = concentration diluée de NO, en ppm

H_m = concentration maximale de vapeur d'eau, en %

H = concentration effective de vapeur d'eau, en %

Remarque: il importe que le gaz de réglage de sensibilité au NO contienne une concentration minimale de NO_2 pour ce contrôle, car l'absorption de NO_2 dans l'eau n'a pas été prise en compte pour déterminer l'interférence.

1.10. Intervalles d'étalonnage

Les analyseurs sont étalonnés conformément au point 1.5 au moins une fois tous les 3 mois ou après toute réparation ou modification du système susceptible d'influencer l'étalonnage.

2. ÉTALONNAGE DU SYSTÈME CVS

2.1. Généralités

Le système CVS est étalonné à l'aide d'un débitmètre de précision conforme à des normes nationales ou internationales et d'un dispositif d'étranglement. Le débit qui traverse le système est mesuré pour différents réglages de l'étrangleur et les paramètres de commande et contrôle du système sont mesurés et mis en relation avec le débit.

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

2.2. Étalonnage de la pompe volumétrique (PDP)

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

2.2.1. *Analyse des données*

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

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

où:

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

T = température à l'orifice d'aspiration de la pompe, en K

P_A = pression absolue à l'orifice d'aspiration de la pompe ($p_B - p_1$), en kPa

n = débit de la pompe, en tr/s

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

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

où:

Δp_p = pression différentielle de l'orifice d'aspiration à l'orifice de refoulement de la pompe, en kPa

P_A = pression de refoulement absolue à l'orifice de refoulement de la pompe, en kPa

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

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

D_0 et m sont respectivement les constantes et les pentes qui décrivent les droites de régression.

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

Les valeurs dérivées de l'équation se situent à $\pm 0,5\%$ de la valeur mesurée de V_0 . Les valeurs de m varient d'une pompe à l'autre. Un débit entrant de particules dans le temps réduit le glissement de la pompe, ce que les valeurs les plus basses de m reflètent. Par conséquent, l'étalonnage doit être exécuté au démarrage de la pompe, après un gros entretien et lorsque la vérification du système complet (point 2.4) indique une variation du taux de glissement.

2.3. **Étalonnage du venturi à écoulement critique (CFV)**

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

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

où:

K_v = coefficient d'étalonnage

P_A = pression absolue à l'entrée du venturi, en kPa

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

2.3.1. *Analyse des données*

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

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

où:

Q_s = débit d'air dans des conditions normalisées (101,3 kPa, 273 K), en m³/s

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

P_A = pression absolue à l'entrée du venturi, en kPa

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

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

2.4. Vérification du système complet

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

2.4.1. Mesure à l'aide d'un orifice à écoulement critique

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

2.4.2. Mesure à l'aide d'une technique gravimétrique

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

3. ÉTALONNAGE DU SYSTÈME DE MESURE DES PARTICULES

3.1. Introduction

Chaque élément est étalonné aussi souvent que nécessaire afin de satisfaire aux exigences de précision de la présente directive. La méthode d'étalonnage à appliquer est décrite sous ce point pour les éléments repris à l'annexe III, appendice 4, point 4, et à l'annexe V, point 2.

3.2. Mesure de débit

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

Si le débit de gaz est déterminé en mesurant le débit différentiel, l'erreur maximale de la différence doit être telle que la précision de G_{EDF} soit de l'ordre de $\pm 4\%$ (voir aussi l'annexe V, point 2.2.1, EGA). Il peut être calculé en prenant la moyenne quadratique des erreurs de chaque instrument.

3.3. Vérification des conditions de la dérivation

La gamme de vitesse des gaz d'échappement et les oscillations de pression sont vérifiées et réglées conformément aux exigences de l'annexe V, point 2.2.1, EP, s'il y a lieu.

3.4. Intervalles d'étalonnage

Les instruments de mesure du débit sont étalonnés au moins une fois tous les 3 mois ou à chaque réparation ou modification du système susceptible d'influencer l'étalonnage.

4. ÉTALONNAGE DE L'ÉQUIPEMENT DE MESURE DES FUMÉES**4.1. Introduction**

L'opacimètre est étalonné aussi souvent que nécessaire afin de satisfaire aux exigences de précision de la présente directive. La méthode d'étalonnage à appliquer est décrite sous ce point pour les éléments repris à l'annexe III, appendice 4, point 5, et à l'annexe V, point 3.

4.2. Procédure d'étalonnage**4.2.1. Temps de mise en température**

L'opacimètre est mis en température et stabilisé conformément aux recommandations du fabricant. S'il est équipé d'un système à air de purge destiné à éviter la formation de suies sur l'optique de l'appareil, ce système doit aussi être activé et réglé conformément aux recommandations du fabricant.

4.2.2. Détermination de la réponse de linéarité

La linéarité de l'opacimètre est vérifiée en mode de lecture d'opacité conformément aux recommandations du fabricant. Trois filtres neutres qui possèdent une transmittance connue et sont conformes aux exigences de l'annexe III, appendice 4, point 5.2.5, sont installés sur l'opacimètre et la valeur est enregistrée. Les filtres neutres doivent posséder des opacités nominales approximatives de 10 %, 20 % et 40 %.

La linéarité ne doit pas s'écarter de plus de $\pm 2\%$ de l'opacité nominale du filtre neutre. Toute non-linéarité supérieure à la valeur susmentionnée doit être corrigée avant l'essai.

4.3. Intervalles d'étalonnage

Conformément au point 4.2.2, l'opacimètre est étalonné au moins une fois tous les 3 mois ou à chaque réparation ou modification du système susceptible d'influencer l'étalonnage.

ANNEXE IV

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

1. CARBURANT DIESEL (1)

| Paramètre | Unité | Limites (2) | | Méthode d'essai | Publication |
|--|--------------------|-------------|----------|----------------------|-------------|
| | | Minimale | Maximale | | |
| Indice de cétane (3) | | 52 | 54 | EN-ISO 5165 | 1998 (4) |
| Densité à 15°C | kg/m ³ | 833 | 837 | EN-ISO 3675 | 1995 |
| Distillation: | | | | | |
| — point à 50% | °C | 245 | — | EN-ISO 3405 | 1998 |
| — point à 95% | °C | 345 | 350 | EN-ISO 3405 | 1998 |
| — point d'ébullition final | °C | — | 370 | EN-ISO 3405 | 1998 |
| Point d'éclair | °C | 55 | — | EN 22719 | 1993 |
| TLF | °C | — | -5 | EN 116 | 1981 |
| Viscosité à 40°C | mm ² /s | 2,5 | 3,5 | EN-ISO 3104 | 1996 |
| Hydrocarbures aromatiques polycycliques | % m/m | 3,0 | 6,0 | IP 391 (*) | 1995 |
| Teneur en soufre (5) | mg/kg | — | 300 | pr. EN-ISO/DIS 14596 | 1998 (4) |
| Corrosion lame de cuivre | | — | 1 | EN-ISO 2160 | 1995 |
| Résidu Conradson (10% DR) | % m/m | — | 0,2 | EN-ISO 10370 | |
| Teneur en cendres | % m/m | — | 0,01 | EN-ISO 6245 | 1995 |
| Teneur en eau | % m/m | — | 0,05 | EN-ISO 12937 | 1995 |
| Indice de neutralisation (acidité forte) | KOH/g | — | 0,02 | ASTM D 974-95 | 1998 (4) |
| Stabilité à l'oxydation (6) | mg/ml | — | 0,025 | EN-ISO 12205 | 1996 |
| (*) Nouvelle méthode plus appropriée en cours d'élaboration pour les aromatiques polycycliques | % m/m | — | — | EN 12916 | [1997] (4) |

(1) S'il est nécessaire de calculer l'efficacité thermique d'un moteur ou d'un véhicule, le pouvoir calorifique du carburant peut être calculé à partir de: énergie spécifique (pouvoir calorifique) (net) en MJ/kg = (46,423 - 8,792d² + 3,170d) (1 - (x + y + s)) + 9,420s - 2,499x étant entendu que:

d = la densité à 15°C

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

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

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

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

(3) La gamme fixée pour l'indice de cétane n'est pas conforme à l'exigence d'une gamme minimale de 4R. Cependant, en cas de litige entre le fournisseur et l'utilisateur de carburant, les termes de la norme ISO 4259 peuvent être utilisés à condition de répéter les mesures un nombre suffisant de fois pour atteindre la précision nécessaire plutôt que d'effectuer des déterminations isolées.

(4) Le mois de publication sera complété en temps utile.

(5) La teneur effective en soufre du carburant utilisé pour les essais du type I est rapportée. En outre, la teneur en soufre du carburant de référence utilisé pour approuver un véhicule ou un moteur par rapport aux valeurs limites indiquées à la ligne B du tableau du point 6.2.1 de l'annexe I de la présente directive doit avoir une teneur maximale en soufre de 50 ppm. La Commission proposera dès que possible, et pour le 31 décembre 1999 au plus tard, une modification de la présente annexe pour refléter la moyenne du marché en ce qui concerne la teneur en soufre pour le carburant défini à l'annexe IV de la directive 98/70/CE.

(6) Même si la stabilité à l'oxydation est contrôlée, il est probable que la durée de conservation sera limitée. Le fournisseur doit donner son avis sur les conditions et la durée de stockage.

2. GAZ NATUREL (GN)

Les carburants du marché européen sont disponibles en deux gammes:

- la gamme H dont les carburants de référence extrêmes sont les carburants G₂₀ et G₂₃,
- la gamme L dont les carburants de référence extrêmes sont les carburants G₂₃ et G₂₅.

Les caractéristiques des carburants de référence G₂₀, G₂₃ et G₂₅ sont récapitulées ci-après:

Carburant de référence G₂₀

| Caractéristiques | Unités | Base | Limites | | Méthode d'essai |
|--|----------------------------------|------|---------|------|-----------------|
| | | | Min. | Max. | |
| <i>Composition:</i> | | | | | |
| Méthane | % mole | 100 | 99 | 100 | ISO 6974 |
| Bilan [S et Inertes + C ₂ /C ₂ +] | | — | — | 1 | |
| N ₂ | | — | — | — | |
| Teneur en soufre | mg/m ³ ⁽¹⁾ | — | — | 50 | ISO 6326-5 |

⁽¹⁾ Valeur à déterminer dans des conditions normalisées [293,2 K (20°C) et 101,3 kPa].

Carburant de référence G₂₃

| Caractéristiques | Unités | Base | Limites | | Méthode d'essai |
|--|----------------------------------|------|---------|------|-----------------|
| | | | Min. | Max. | |
| <i>Composition:</i> | | | | | |
| Méthane | % mole | 92,5 | 91,5 | 93,5 | ISO 6974 |
| Bilan [S et Inertes + C ₂ /C ₂ +] | | — | — | 1 | |
| N ₂ | | 7,5 | 6,5 | 8,5 | |
| Teneur en soufre | mg/m ³ ⁽¹⁾ | — | — | 50 | ISO 6326-5 |

⁽¹⁾ Valeur à déterminer dans des conditions normalisées [293,2 K (20°C) et 101,3 kPa].

Carburant de référence G₂₅

| Caractéristiques | Unités | Base | Limites | | Méthode d'essai |
|--|----------------------------------|------|---------|------|-----------------|
| | | | Min. | Max. | |
| <i>Composition:</i> | | | | | |
| Méthane | % mole | 86 | 84 | 88 | ISO 6974 |
| Bilan [S et Inertes + C ₂ /C ₂ +] | | — | — | 1 | |
| N ₂ | | 14 | 12 | 16 | |
| Teneur en soufre | mg/m ³ ⁽¹⁾ | — | — | 50 | ISO 6326-5 |

⁽¹⁾ Valeur à déterminer dans des conditions normalisées [293,2 K (20°C) et 101,3 kPa].

3. GAZ DE PÉTROLE LIQUÉFIÉ (GPL)

| Paramètre | Unité | Limites pour le carburant A | | Limites pour le carburant B | | Méthode d'essai |
|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|----------|-----------------------------|----------|-------------------------|
| | | Minimale | Maximale | Minimale | Maximale | |
| Indice d'octane moteur | | 93,5 | | 93,5 | | EN 589, annexe B |
| <i>Composition:</i> | | | | | | |
| Teneur en C3 | % vol | 48 | 52 | 83 | 87 | |
| Teneur en C4 | % vol | 48 | 52 | 13 | 17 | ISO 7941 |
| Oléfines | % vol | 0 | 12 | 9 | 15 | |
| Résidu d'évaporation | mg/kg | | 50 | | 50 | NFM 41-015 |
| Teneur totale en soufre | ppm poids ⁽¹⁾ | | 50 | | 50 | EN 24260 |
| Hydrogène sulfuré | — | | Néant | | Néant | ISO 8819 |
| Corrosion lame de cuivre | Calcul | | Classe 1 | | Classe 1 | ISO 6251 ⁽²⁾ |
| Eau à 0°C | | | Sans | | Sans | Contrôle visuel |

⁽¹⁾ Valeur à déterminer dans des conditions normalisées à 293,2 K (20°C) et 101,3 kPa.

⁽²⁾ Il se peut que cette méthode ne détermine pas avec précision la présence de matières corrosives si l'échantillon contient des inhibiteurs de corrosion ou d'autres substances chimiques qui abaissent la corrosivité de l'échantillon sur la lame de cuivre. Par conséquent, il est interdit d'ajouter des composés de cette nature dans le seul but de biaiser la méthode d'essai.

ANNEXE V

SYSTÈMES D'ANALYSE ET DE PRÉLÈVEMENT

1. DÉTERMINATION DES ÉMISSIONS DE GAZ POLLUANTS

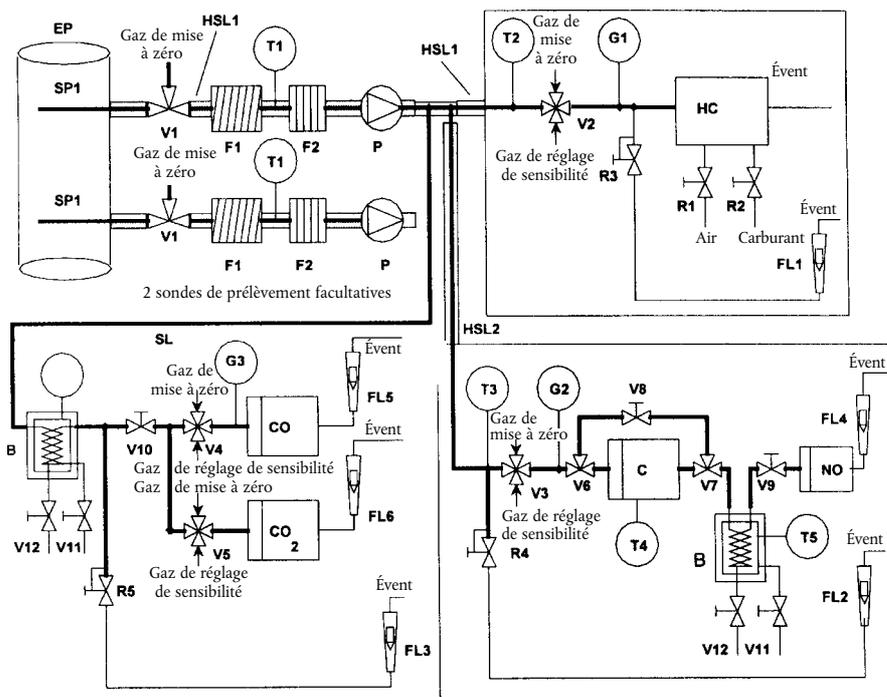
1.1. Introduction

Le point 1.2 et les figures 7 et 8 contiennent des descriptions détaillées des systèmes de prélèvement et d'analyse recommandés. Comme diverses configurations peuvent générer des résultats équivalents, une conformité exacte aux figures 7 et 8 n'est pas requise. Des éléments supplémentaires, tels que des instruments, des robinets, des solénoïdes, des pompes et des commutateurs, peuvent servir à fournir des informations complémentaires et à coordonner les fonctions des systèmes constitutifs. D'autres éléments qui ne sont pas nécessaires pour garantir la précision de certains systèmes peuvent être exclus si leur exclusion repose sur une bonne appréciation technique.

Figure 7

Schéma du système d'analyse des gaz d'échappement bruts pour le CO, le CO₂, les NO_x et les HC

(Essai ESC uniquement)



1.2. Description du système d'analyse

On trouvera ci-après la description d'un système d'analyse destiné à la détermination des émissions de gaz contenus dans les gaz d'échappement bruts (figure 7, essai ESC uniquement) ou dilués (figure 8, essais ETC et ESC) et fondé sur l'utilisation:

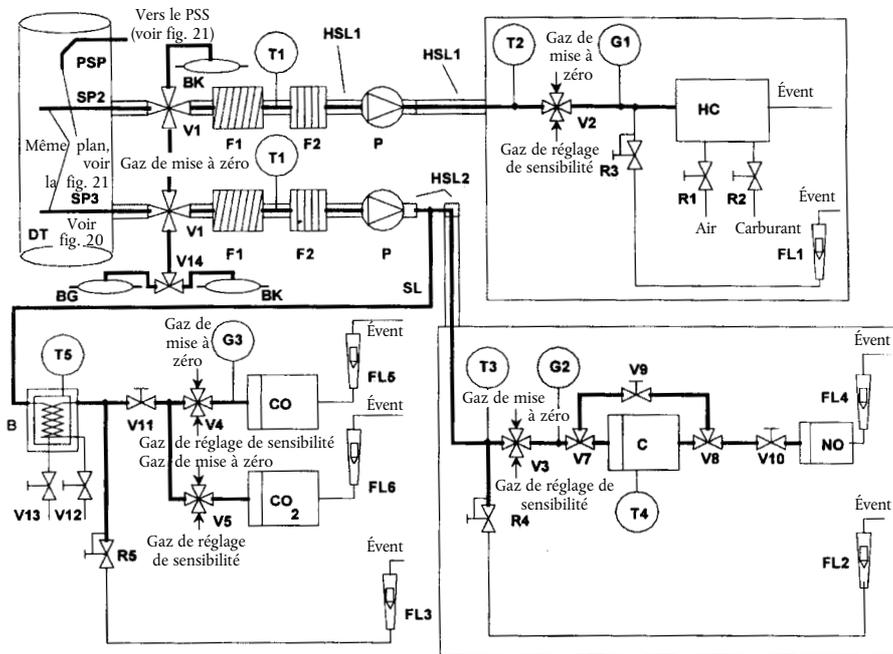
- d'un analyseur HFID pour la mesure des hydrocarbures,
- d'un analyseur NDIR pour la mesure du monoxyde et du dioxyde de carbone,
- d'un analyseur HCLD ou d'un analyseur équivalent pour la mesure des oxydes d'azote.

L'échantillon de tous les éléments constitutifs peut être prélevé à l'aide d'une sonde ou deux sondes de prélèvement installées à proximité immédiate l'une de l'autre et réparties au niveau interne vers les différents analyseurs. Il convient de veiller à éviter la condensation d'éléments constitutifs des gaz d'échappement (y compris l'eau et l'acide sulfurique) en tout point du système d'analyse.

Figure 8

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

(Essai ETC, essai ESC en option)



1.2.1. Éléments des figures 7 et 8

EP Tuyau d'échappement

SP1 Sonde de prélèvement de gaz d'échappement (figure 7 uniquement)

Il est recommandé d'utiliser une sonde droite en acier inoxydable pourvue de plusieurs trous et fermée au bout. Son diamètre intérieur n'est pas supérieur à celui de la conduite de prélèvement. Son épaisseur de paroi n'excède pas 1 mm. 3 trous minimum sont pratiqués dans 3 plans radiaux différents dimensionnés pour prélever approximativement le même débit. La sonde doit s'étendre sur 80% au moins du diamètre du tuyau d'échappement. Une ou deux sondes de prélèvement peuvent être utilisées.

Sonde de prélèvement de HC dans des gaz d'échappement dilués (figure 8 uniquement)

La sonde doit:

- être définie comme la première portion de 254 mm à 762 mm de la conduite de prélèvement chauffée HSL1;
- posséder un diamètre intérieur minimal de 5 mm;
- être installée dans le tunnel de dilution DT (voir le point 2.3, figure 20) en un emplacement caractérisé par un excellent mélange de l'air de dilution et des gaz d'échappement (c'est-à-dire à environ 10 diamètres de tunnel en aval du point d'entrée des gaz d'échappement dans le tunnel de dilution);
- être à une distance (radiale) suffisante d'autres sondes et de la paroi du tunnel afin de ne pas être influencée par des sillages ou des tourbillons;
- être chauffée afin de porter la température du flux de gaz à 463 K \pm 10 K (190°C \pm 10°C) à la sortie de la sonde.

SP3 Sonde de prélèvement de CO, de CO₂ et de NO_x dans les gaz d'échappement dilués (figure 8 uniquement)

La sonde doit:

- se situer dans le même plan que la sonde SP2,
- être à une distance (radiale) suffisante d'autres sondes et de la paroi du tunnel afin de ne pas être influencée par des sillages ou des tourbillons;
- être chauffée et isolée sur toute sa longueur jusqu'à une température minimale de 328 K (55°C) afin d'éviter la condensation d'eau.

HSL1 Conduite de prélèvement chauffée

La conduite de prélèvement fournit, à partir d'une sonde isolée, un échantillon de gaz au(x) point(s) de division et à l'analyseur de HC.

La conduite de prélèvement doit:

- posséder un diamètre intérieur de 5 mm au minimum et de 13,5 mm au maximum,
- être en acier inoxydable ou en PTFE,
- maintenir la paroi à une température de $463 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$ ($190^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$) mesurée à chaque section chauffée contrôlée individuellement, si la température des gaz d'échappement au niveau de la sonde de prélèvement est égale ou inférieure à 463 K (190°C);
- maintenir la paroi à une température supérieure à 453 K (180°C), si la température des gaz d'échappement au niveau de la sonde de prélèvement est supérieure à 463 K (190°C);
- maintenir les gaz à une température de $463 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$ ($190^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$) juste avant le filtre chauffé F2 et l'analyseur HFID.

HSL2 Conduite de prélèvement de NO_x chauffée

La conduite de prélèvement doit:

- maintenir la paroi à une température de 328 K à 473 K (55°C à 200°C), jusqu'au convertisseur C en présence d'un bain de refroidissement B et jusqu'à l'analyseur en l'absence d'un bain de refroidissement B;
- être en acier inoxydable ou en PTFE.

SL Ligne de prélèvement de CO et de CO_2

La conduite est en PTFE ou en acier inoxydable. Elle peut être chauffée ou non.

BK Sac à air de dilution (option; figure 8 uniquement)

Pour le prélèvement des concentrations de l'air de dilution.

BG Sac de prélèvement (option; figure 8 uniquement pour le CO et le CO_2)

Pour le prélèvement des concentrations de l'échantillon.

F1 Préfiltre chauffé (option)

Il doit être maintenu à la même température que HSL1.

F2 Filtre chauffé

Le filtre extrait toutes les particules solides des gaz prélevés avant l'analyseur. Il doit être maintenu à la même température que HSL1. Il doit être remplacé chaque fois que cela est nécessaire.

P Pompe de prélèvement chauffée

La pompe doit être chauffée à la même température que HSL1.

HC

Détecteur d'ionisation de flamme chauffé (HFID) utilisé pour la mesure des hydrocarbures. Il doit être maintenu à une température de 453 K à 473 K (180°C à 200°C).

CO, CO_2

Analyseurs NDIR pour la mesure du monoxyde et du dioxyde de carbone (facultatif pour la détermination du taux de dilution dans le cas d'une mesure des PT).

NO

Analyseur CLD ou HCLD pour la mesure des oxydes d'azote. Si un analyseur HCLD est utilisé, il doit être maintenu à une température de 328 K à 473 K (55°C à 200°C).

C Convertisseur

Un convertisseur est utilisé pour procéder à la réduction catalytique de NO_2 en NO avant une analyse dans le CLD ou le HCLD.

B Bain de refroidissement (option)

Pour le refroidissement et la condensation de l'eau contenue dans les gaz d'échappement prélevés. Le bain doit être maintenu à une température de 273 K à 277 K (0 °C à 4 °C) par de la glace ou un système de refroidissement. Il est facultatif si l'analyseur n'est pas perturbé par des vapeurs d'eau (voir l'annexe III, appendice 5, points 1.9.1 et 1.9.2). Si l'eau est éliminée par condensation, la température des gaz prélevés ou le point de rosée doit être surveillé soit dans le piège à eau, soit en aval. La température des gaz prélevés ou le point de rosée ne doit pas dépasser 280 K (7 °C). Des sècheurs chimiques ne peuvent pas être utilisés pour éliminer l'eau de l'échantillon.

T1, T2, T3 Capteurs de température

Pour la surveillance de la température du flux de gaz.

T4 Capteur de température

Pour la surveillance de la température du convertisseur NO₂ — NO.

T5 Capteur de température

Pour la surveillance de la température du bain de refroidissement.

G1, G2, G3 Manomètres

Pour la mesure de la pression dans les conduites de prélèvement.

R1, R2 Régulateurs de pression

Pour le contrôle de la température de l'air et du carburant pour le HFID.

R3, R4, R5 Régulateurs de pression

Pour le contrôle de la pression dans les conduites de prélèvement et du débit vers les analyseurs.

FL1, FL2, FL3 Débitmètres

Pour la surveillance du débit dérivé de l'échantillon.

FL4 à FL6 Débitmètres (option)

Pour la surveillance du débit à travers les analyseurs.

V1 à V5 Robinets sélecteurs

Robinets permettant d'envoyer au choix les gaz d'échappement prélevés, le gaz de réglage de sensibilité et d'un gaz de mise à zéro dans les analyseurs.

V6, V7 Robinets électromagnétiques

Pour le contournement du convertisseur NO₂ — NO.

V8 Robinet à pointeau

Pour le réglage du débit à travers le convertisseur NO₂ — NO C et de la dérivation.

V9, V10 Robinets à pointeau

Pour le réglage des débits vers les analyseurs.

V11, V12 Robinets de purge (option)

Pour la vidange du condensat du bain B.

1.3. Analyse des NMHC (moteurs à essence fonctionnant au gaz naturel uniquement)**1.3.1. Méthode de chromatographie en phase gazeuse (CG, figure 9)**

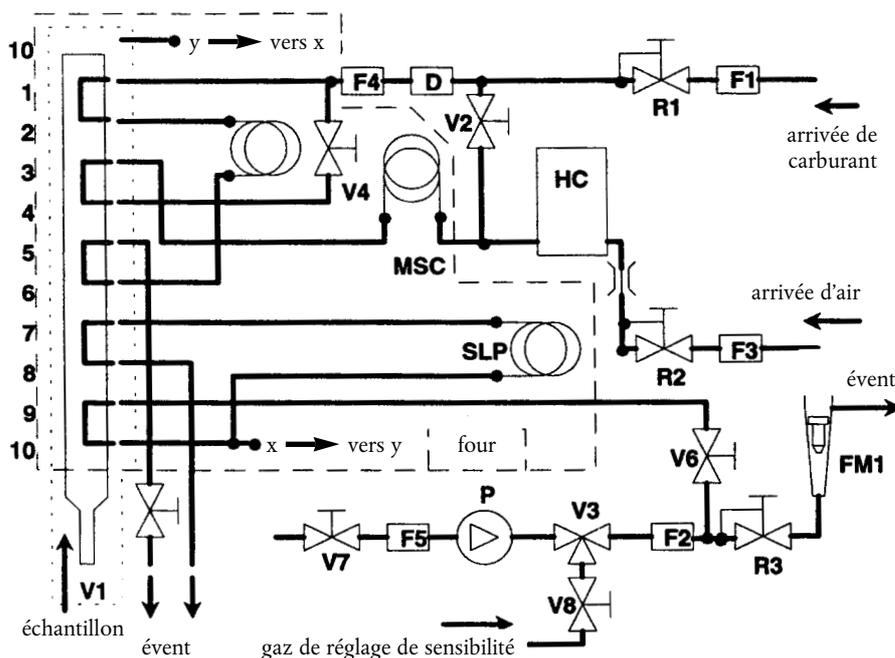
Lorsque la méthode CG est appliquée, un faible volume mesuré d'échantillon est injecté sur une colonne d'analyse au travers de laquelle il est balayé par un gaz porteur inerte. La colonne sépare les divers éléments constitutifs selon leurs points d'ébullition afin qu'ils éluent de la colonne à des moments différents. Ils traversent ensuite un détecteur qui envoie un signal électrique en fonction de leur concentration. Cette technique d'analyse n'étant pas continue, elle peut uniquement être combinée à la méthode de prélèvement en sacs qui est décrite à l'annexe III, appendice 4, point 3.4.2.

Pour des NMHC, il convient d'opter pour un CG automatique équipé d'un FID. Les gaz d'échappement sont prélevés dans un sac dont une partie seulement est prélevée et injectée dans le CG. L'échantillon est séparé en deux parties ($\text{CH}_4/\text{air}/\text{CO}$ et $\text{NMHC}/\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$) sur la colonne de Porapak. La colonne avec tamis moléculaire sépare le CH_4 de l'air et du CO avant de l'envoyer dans le FID où sa concentration est mesurée. Un cycle complet (temps écoulé entre l'injection de deux échantillons) peut être accompli en 30 s. Pour déterminer les NMHC, la concentration de CH_4 est soustraite de la concentration totale de HC (voir l'annexe III, appendice 2, point 4.3.1).

La figure 9 illustre un chromatographe en phase gazeuse caractéristique monté pour une mesure de routine du CH_4 . D'autres méthodes CG peuvent également être appliquées en se fondant sur une bonne appréciation technique.

Figure 9

Schéma d'analyse du méthane (méthode CG)



Éléments de la figure 9

PC Colonne de Porapak

Utiliser une colonne de Porapak N, 180/300 μm (maille de 50/80), longueur de 610 mm \times diamètre intérieur de 2,16 mm, et la conditionner, avant la première utilisation, pendant au moins 12 heures à 423 K (150°C) avec un gaz porteur.

MSC Colonne avec tamis moléculaire

Utiliser une colonne du type 13X, 250/350 μm (maille de 45/60), longueur de 1 220 mm \times diamètre intérieur de 2,16 mm, et la conditionner, avant la première utilisation, pendant au moins 12 heures à 423 K (150°C) avec un gaz porteur.

OV Four

Pour le maintien des colonnes et des robinets à une température stable adaptée au fonctionnement des analyseurs et pour le conditionnement des colonnes à 423 K (150°C).

SLP Boucle de prélèvement

Une longueur suffisante de tubage en acier inoxydable pour obtenir un volume approximatif de 1 cm^3 .

P Pompe

Pour l'acheminement de l'échantillon vers le chromatographe à gaz.

D Sécheur

Un sécheur contenant un tamis moléculaire sert à éliminer l'eau et d'autres contaminants qui sont éventuellement présents dans le gaz porteur.

HC

Détecteur d'ionisation de flamme (FID) pour mesurer la concentration de méthane.

V1 Robinet d'injection de l'échantillon

Pour l'injection de l'échantillon prélevé dans le sac de prélèvement via le SL de la figure 8. Il doit posséder un faible volume mort, être étanche aux gaz et pouvoir être chauffé à 423 K (150°C).

V3 Robinet sélecteur

Pour la sélection du gaz de réglage de sensibilité et de l'échantillon ou la fermeture du débit.

V2, V4, V5, V6, V7, V8 Robinets à pointeau

Pour le réglage du débit dans le système.

R1, R2, R3 Régulateurs de pression

Pour le contrôle des débits du carburant (= gaz porteur), de l'échantillon et de l'air.

FC Capillaire

Pour le contrôle du débit d'air vers le FID.

G1, G2, G3 Manomètres

Pour le contrôle des débits du carburant (= gaz porteur), de l'échantillon et de l'air.

F1, F2, F3, F4, F5 Filtres

Filtres en métal fritté pour éviter l'infiltration de grosses particules dans la pompe ou l'instrument.

FL 1

Pour la mesure du débit dérivé de l'échantillon.

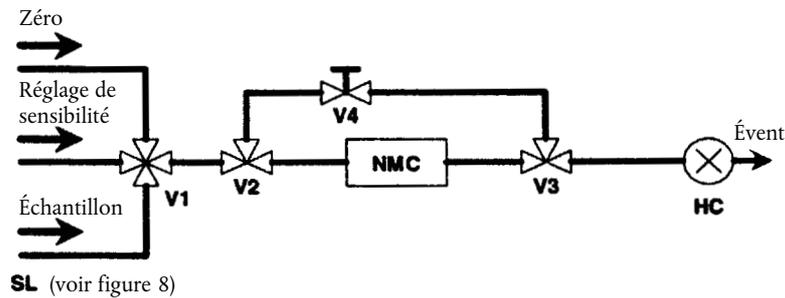
1.3.2. Méthode du séparateur de méthane (NMC, figure 10)

À l'exception du CH₄, le séparateur oxyde tous les hydrocarbures en CO₂ et en H₂O afin que, lors du passage de l'échantillon dans le NMC, seul le CH₄ soit détecté par le FID. Lors d'un prélèvement en sacs, un système de dérivation de débit est installé en SL (voir le point 1.2, figure 8) pour que le débit puisse aisément traverser ou contourner le séparateur conformément à la partie supérieure de la figure 10. Pour la mesure de NMHC, les deux valeurs (HC et CH₄) sont observées sur le FID et enregistrées. Si la méthode d'intégration est appliquée, un NMC en ligne équipé d'un second FID est installé dans HSL1 en parallèle avec le FID normal (voir le point 1.2, figure 8) conformément à la partie inférieure de la figure 10. Pour la mesure de NMHC, les valeurs des deux FID (HC et CH₄) sont observées et enregistrées.

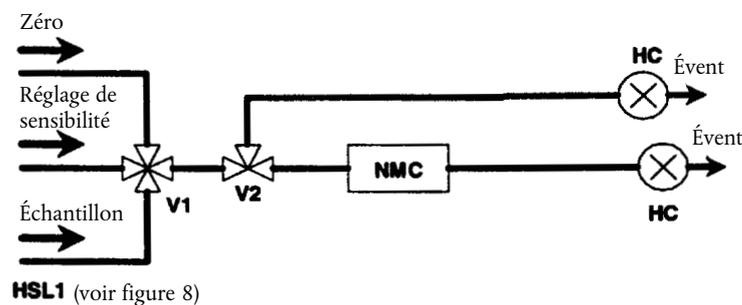
Le séparateur est caractérisé à une température égale ou supérieure à 600 K (327°C) avant de tester son effet catalyseur sur le CH₄ et le C₂H₆ à des valeurs de H₂O représentatives des conditions d'écoulement des gaz d'échappement. Le point de rosée et le niveau d'O₂ du flux de gaz d'échappement prélevés doivent être connus. La réponse relative du FID au CH₄ doit être enregistrée (voir l'annexe III, appendice 5, point 1.8.2).

Figure 10

Schéma d'analyse du méthane avec le séparateur de méthane (NMC)



Méthode de prélèvement en sacs



Méthode d'intégration

Éléments de la figure 10

NMC Séparateur de méthane

Pour l'oxydation de tous les hydrocarbures, à l'exception du méthane.

HC

Détecteur d'ionisation de flamme chauffé (HFID) pour mesurer les concentrations de HC et de CH₄. Il doit être maintenu à une température de 453 K à 473 K (180 °C à 200 °C).

V1 Robinet sélecteur

Pour la sélection de l'échantillon, du gaz de mise à zéro et du gaz de réglage de sensibilité. V1 est identique à V2 dans la figure 8.

V2, V3 Robinets électromagnétiques

Pour le contournement du NMC.

V4 Robinet à pointeau

Pour le réglage du débit à travers le NMC et la dérivation.

R1 Régulateur de pression

Pour le contrôle de la pression dans la conduite de prélèvement et du débit vers le HFID. R1 est identique à R3 dans la figure 8.

FL1 Débitmètre

Pour la mesure du débit dérivé de l'échantillon. FL1 est identique à FL1 dans la figure 8.

2. DILUTION DES GAZ D'ÉCHAPPEMENT ET DÉTERMINATION DES PARTICULES

2.1. Introduction

Les points 2.2, 2.3 et 2.4 ainsi que les figures 11 à 22 contiennent des descriptions détaillées des systèmes recommandés de dilution et de prélèvement. Comme diverses configurations peuvent générer des résultats équivalents, une conformité exacte à ces figures n'est pas requise. Des éléments supplémentaires, tels que des instruments, des robinets, des solénoïdes, des pompes et des commutateurs, peuvent servir à fournir des informations complémentaires et à coordonner les fonctions des systèmes constitutifs. D'autres éléments qui ne sont pas nécessaires pour garantir la précision de certains systèmes peuvent être exclus si leur exclusion se fonde sur une bonne appréciation technique.

2.2. Système de dilution en dérivation

Les figures 11 à 19 décrivent un système de dilution fondé sur la dilution d'une partie du flux de gaz d'échappement. Différents types de systèmes de dilution peuvent assurer la division du flux des gaz d'échappement et le processus ultérieur de dilution. Afin de faciliter la collecte ultérieure des particules, la totalité ou une partie des gaz d'échappement dilués est envoyée vers le système de prélèvement de particules (point 2.4, figure 21). La première méthode est appelée *type de prélèvement total* et la seconde *type d'échantillonnage fractionné*.

Le calcul du taux de dilution dépend du type de système utilisé. Les types suivants sont recommandés:

Systèmes isocinétiques (figures 11 et 12)

Avec ces systèmes, le débit qui pénètre dans le tube de transfert est adapté à la vitesse et/ou pression des gaz du flux global des gaz d'échappement; par conséquent, le flux de gaz d'échappement ne doit pas être perturbé et doit être uniforme au niveau de la sonde de prélèvement, ce qui est en général obtenu en plaçant, en amont du point de prélèvement, un résonateur et un tube d'alimentation droit. Le rapport de division est ensuite calculé à partir de valeurs aisément mesurables telles que les diamètres des tubes. Il convient de relever que l'isocinétique sert uniquement à adapter les conditions d'écoulement et non la composition granulométrique. Celle-ci n'est en général pas nécessaire, car les particules sont suffisamment petites pour suivre les courants naturels du fluide.

Systèmes à régulation de débit avec mesure des concentrations (figures 13 à 17)

Avec ces systèmes, un échantillon est prélevé dans le flux global des gaz d'échappement en réglant le flux d'air de dilution et le débit total des gaz d'échappement dilués. Le taux de dilution est déterminé à partir des concentrations de gaz traceurs tels que le CO₂ ou les NO_x, présents naturellement dans les gaz d'échappement d'un moteur. Les concentrations dans les gaz d'échappement dilués et l'air de dilution sont mesurées tandis que la concentration dans les gaz d'échappement bruts peut être mesurée directement ou déterminée à partir du débit de carburant et de l'équation du bilan carbone si la composition du carburant est connue. Les systèmes peuvent être contrôlés grâce au taux de dilution calculé (figures 13 et 14) ou au débit vers le tube de transfert (figures 12, 13 et 14).

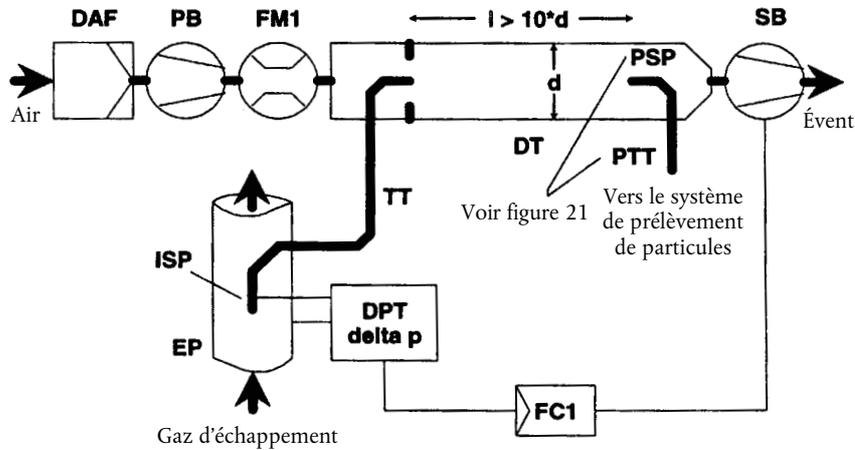
Systèmes à régulation de débit avec mesure de débit (figures 18 et 19)

Avec ces systèmes, un échantillon est prélevé dans le flux global des gaz d'échappement en réglant le flux d'air de dilution et le flux total des gaz d'échappement dilués. Le taux de dilution est calculé à partir de la différence entre les deux débits. Il s'impose d'étalonner précisément les débitmètres les uns par rapport aux autres, car la grandeur relative des deux débits peut engendrer des erreurs considérables à des taux de dilution élevés (de 15 et plus). Le débit est régulé de manière très directe en maintenant les gaz d'échappement dilués à un débit constant et en modifiant, le cas échéant, le débit d'air de dilution.

Lorsque des systèmes de dilution en dérivation sont employés, il faut veiller à éviter les problèmes potentiels posés, d'une part, par la perte de particules dans le tube de transfert afin de garantir le prélèvement d'un échantillon représentatif des gaz d'échappement du moteur et, d'autre part, par la détermination du rapport de division. Les systèmes décrits accordent une attention particulière à ces zones critiques.

Figure 11

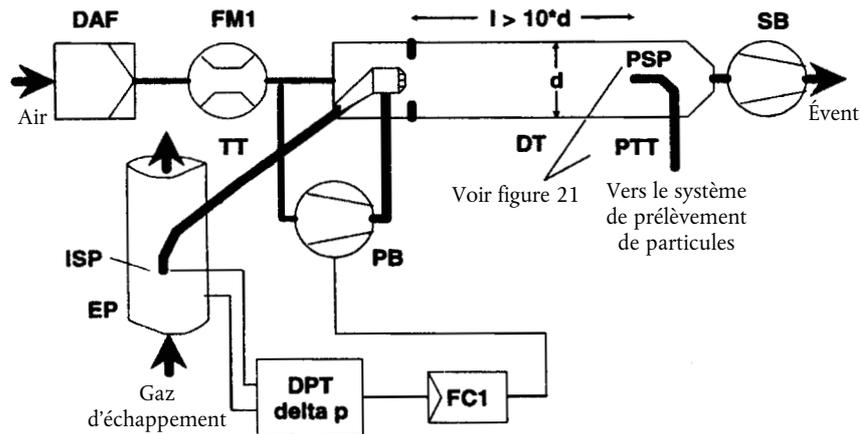
**Système de dilution en dérivation avec sonde isocinétique et échantillonnage fractionné
(régulation SB)**



Les gaz d'échappement bruts sont transférés du tuyau d'échappement EP vers le tunnel de dilution DT par le tube de transfert TT via la sonde de prélèvement isocinétique ISP. La pression différentielle des gaz d'échappement entre le tuyau d'échappement et l'entrée de la sonde est mesurée avec le transducteur de pression DPT. Ce signal est transmis au régulateur de débit FC1 qui commande le ventilateur aspirant SB afin de maintenir une pression différentielle de zéro à la pointe de la sonde. Dans ces conditions, les vitesses des gaz d'échappement en EP et ISP sont identiques et le débit qui traverse ISP et TT est une fraction constante (division) du débit de gaz d'échappement. Le rapport de division est déterminé à partir des sections d'EP et d'ISP. Le débit d'air de dilution est mesuré à l'aide du débitmètre FM1. Le taux de dilution est calculé à partir du débit d'air de dilution et du rapport de division.

Figure 12

**Système de dilution en dérivation avec sonde isocinétique et échantillonnage fractionné
(régulation PB)**

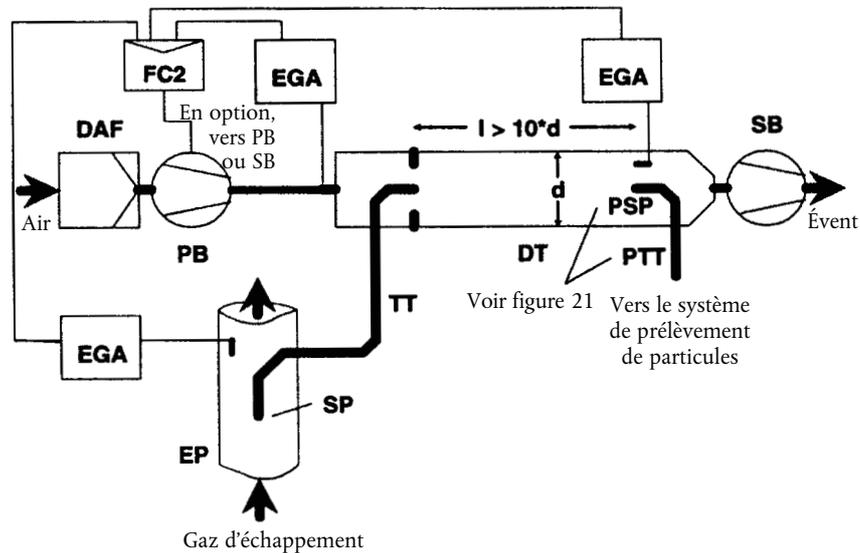


Les gaz d'échappement bruts sont transférés du tuyau d'échappement EP vers le tunnel de dilution DT par le tube de transfert TT via la sonde de prélèvement isocinétique ISP. La pression différentielle des gaz d'échappement entre le tuyau d'échappement et l'entrée de la sonde est mesurée avec le transducteur de pression DPT. Ce signal est transmis au régulateur de débit FC1 qui commande le ventilateur soufflant PB afin de maintenir une pression différentielle de zéro à la pointe de la sonde. À cette fin, une faible fraction de l'air de dilution dont le débit a déjà été mesuré à l'aide du débitmètre FM1 est prélevée et envoyée vers le TT par un organe déprimogène pneumatique. Dans ces conditions, les vitesses des gaz d'échappement en EP et ISP sont identiques et le débit qui traverse ISP et TT est une fraction constante (division) du débit de gaz d'échappement. Le rapport de division est déterminé à partir des sections d'EP et d'ISP. L'air de dilution est aspiré au travers de DT par le ventilateur aspirant SB et le débit est mesuré

à l'aide du débitmètre FM1 à l'entrée de DT. Le taux de dilution est calculé à partir du débit d'air de dilution et du rapport de division.

Figure 13

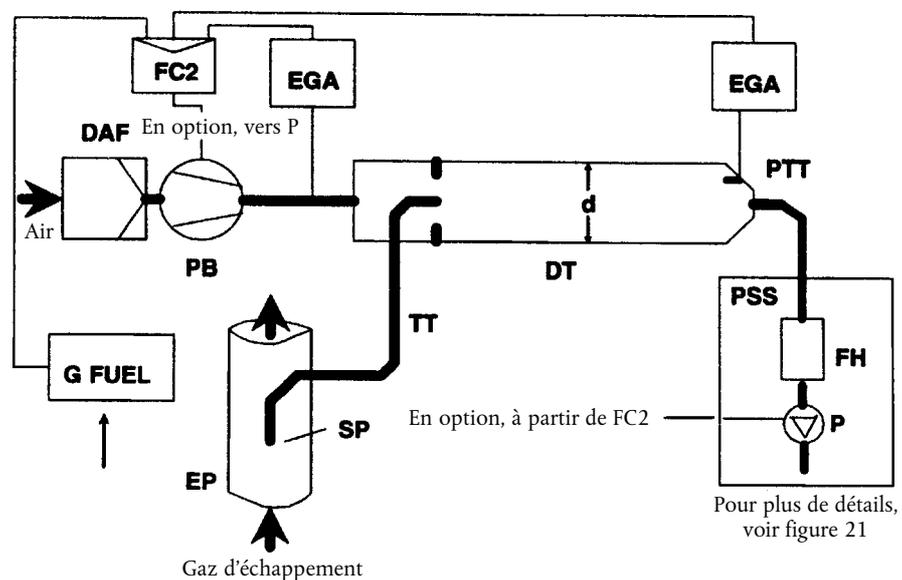
Système de dilution en dérivation avec mesure de la concentration de CO₂ ou de NO_x et échantillonnage fractionné



Les gaz d'échappement bruts sont transférés du tuyau d'échappement EP vers le tunnel de dilution DT par la sonde de prélèvement SP et le tube de transfert TT. Les concentrations d'un gaz traceur (CO₂ ou NO_x) sont mesurées dans les gaz d'échappement bruts et dilués ainsi que dans l'air de dilution au moyen du ou des analyseurs de gaz d'échappement EGA. Ces signaux sont transmis au régulateur de débit FC2 qui contrôle le ventilateur soufflant PB ou le ventilateur aspirant SB afin de maintenir la division des gaz d'échappement et le taux de dilution désirés dans DT. Le taux de dilution est calculé à partir des concentrations de gaz traceurs dans les gaz d'échappement bruts, les gaz d'échappement dilués et l'air de dilution.

Figure 14

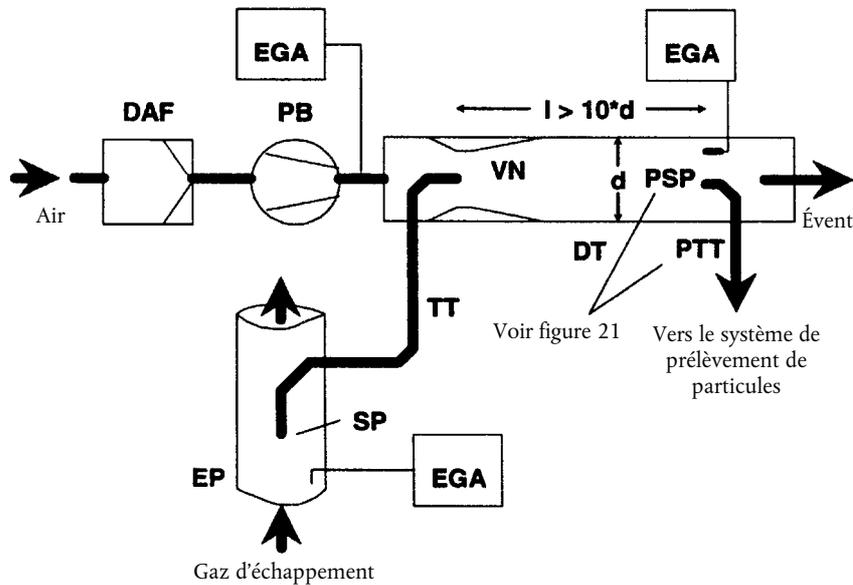
Système de dilution en dérivation avec mesure de la concentration de CO₂, bilan carbone et échantillonnage total



Les gaz d'échappement bruts sont transférés du tuyau d'échappement EP vers le tunnel de dilution DT par la sonde de prélèvement SP et le tube de transfert TT. Les concentrations de CO₂ sont mesurées dans les gaz d'échappement dilués et dans l'air de dilution à l'aide du ou des analyseurs de gaz d'échappement EGA. Les signaux du CO₂ et du débit de carburant G_{FUEL} sont transmis au régulateur de débit FC2 ou au régulateur de débit FC3 du système de prélèvement de particules (voir la figure 21). FC2 contrôle le ventilateur soufflant PB et FC3 la pompe de prélèvement P (voir la figure 21), réglant ainsi les débits entrants et sortants du système pour maintenir la division des gaz d'échappement et le taux de dilution désirés dans DT. Le taux de dilution est calculé à partir des concentrations de CO₂ et de G_{FUEL} en se fondant sur l'hypothèse du bilan carbone.

Figure 15

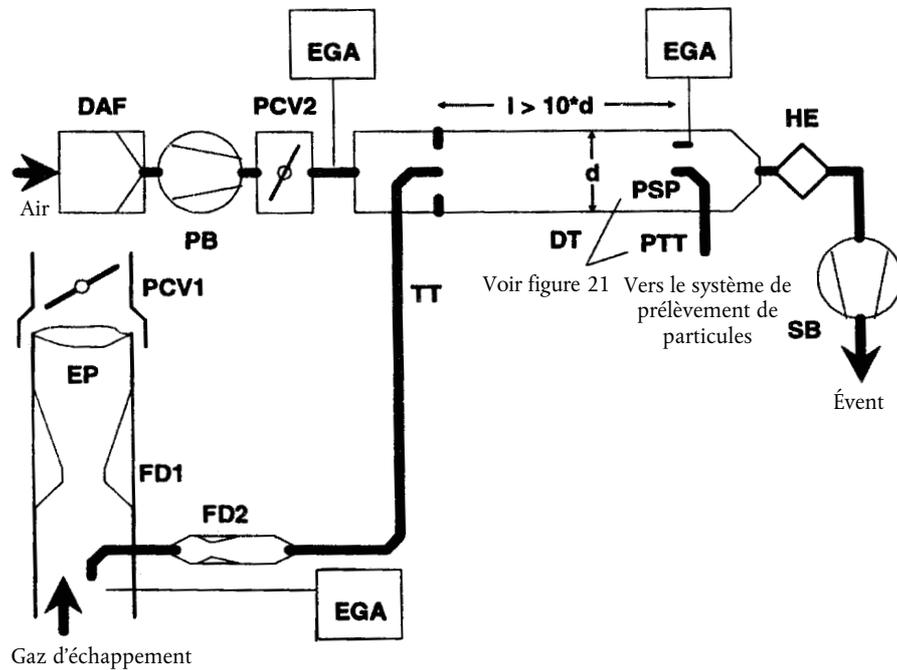
Système de dilution en dérivation avec venturi simple, mesure des concentrations et échantillonnage fractionné



Les gaz d'échappement bruts sont transférés du tuyau d'échappement EP vers le tunnel de dilution DT par la sonde de prélèvement SP et le tube de transfert TT en raison de la pression négative créée par le venturi VN dans DT. Le débit de gaz qui traverse TT dépend de l'échange d'énergie cinétique dans la zone du venturi et est dès lors influencé par la température absolue des gaz à la sortie du TT. Par conséquent, la division des gaz d'échappement pour un débit donné dans le tunnel n'est pas constante et le taux de dilution à faible charge est légèrement inférieur à celui obtenu à charge élevée. Les concentrations de gaz traceurs (CO₂ ou NO_x) sont mesurées dans les gaz d'échappement bruts, les gaz d'échappement dilués et l'air de dilution au moyen du ou des analyseurs de gaz d'échappement EGA; par ailleurs, le taux de dilution est calculé à partir des valeurs ainsi mesurées.

Figure 16

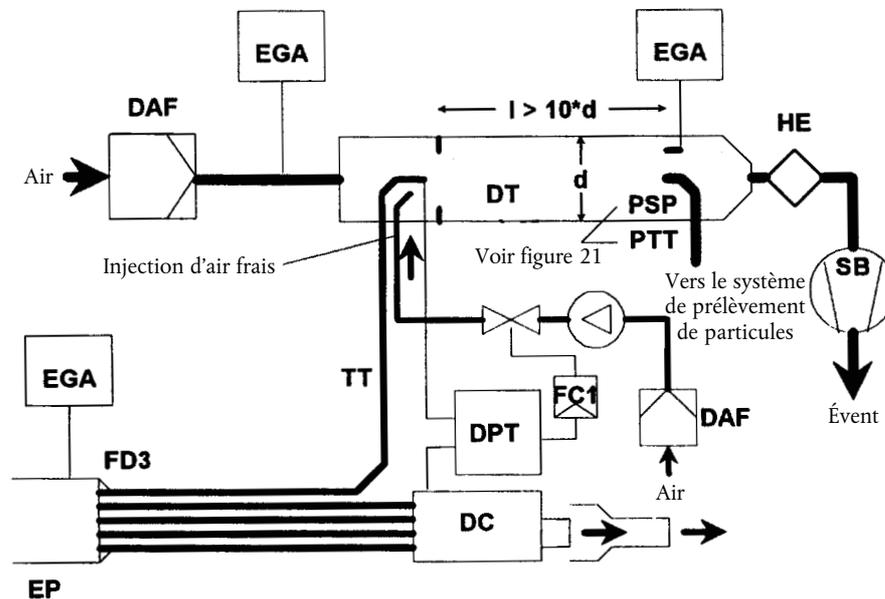
Système de dilution en dérivation avec double venturi ou double organe déprimogène, mesure de la concentration et échantillonnage fractionné



Les gaz d'échappement bruts sont transférés du tuyau d'échappement EP vers le tunnel de dilution DT par la sonde de prélèvement SP et le tube de transfert TT, via un diviseur de débit qui contient une série d'organes déprimogènes ou de venturis. Le premier (FD1) est placé dans EP et le second (FD2) dans TT. En outre, deux régulateurs de pression (PCV1 et PCV2) sont requis pour maintenir une division constante des gaz d'échappement en contrôlant la contre-pression dans EP et la pression dans DT. PCV1 est installé en aval de SP dans EP et PCV2 entre le ventilateur soufflant PB et DT. Les concentrations de gaz traceurs (CO_2 ou NO_x) sont mesurées dans les gaz d'échappement bruts, les gaz d'échappement dilués et l'air de dilution au moyen du ou des analyseurs de gaz d'échappement EGA. Elles sont nécessaires pour vérifier la division des gaz d'échappement et peuvent servir à régler PCV1 et PCV2 pour un contrôle précis de la division. Le taux de dilution est calculé à partir des concentrations de gaz traceurs.

Figure 17

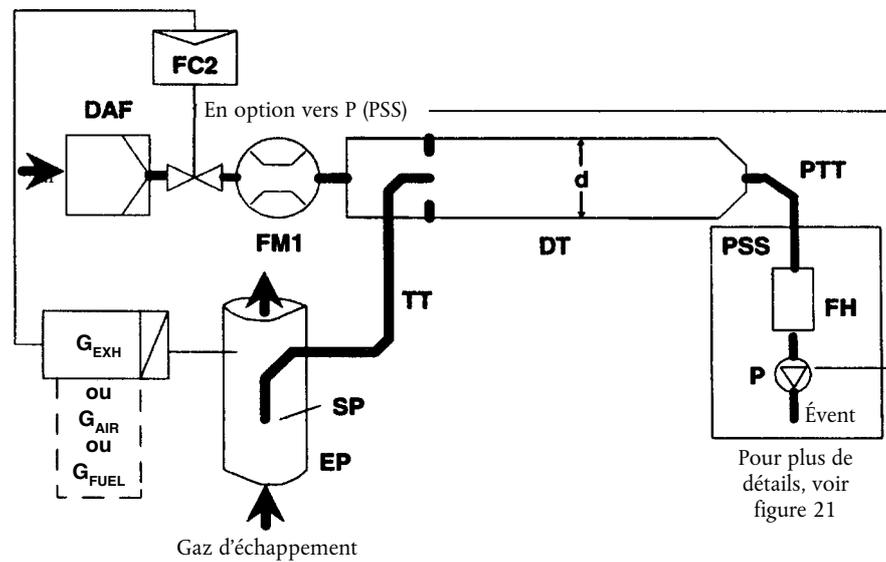
Système de dilution en dérivation avec diviseur à tubes multiples, mesure de la concentration et échantillonnage fractionné



Les gaz d'échappement bruts sont transférés du tuyau d'échappement EP vers le tunnel de dilution DT par le tube de transfert TT, via le diviseur de débit FD3 composé de plusieurs tubes de mêmes dimensions (diamètre, longueur et rayon de courbure identiques) installés dans EP. Les gaz d'échappement qui passent par un de ces tubes sont amenés dans DT et les gaz d'échappement qui passent par les autres tubes traversent le réservoir tampon DC. Par conséquent, la division des gaz d'échappement dépend du nombre total de tubes. Un contrôle constant de la division impose d'observer une pression différentielle de zéro entre DC et la sortie de TT, mesurée à l'aide du transducteur de pression différentielle DPT. On obtient une pression différentielle de zéro en injectant de l'air frais dans DT à la sortie de TT. Les concentrations de gaz traceurs (CO_2 ou NO_x) sont mesurées dans les gaz d'échappement bruts, les gaz d'échappement dilués et l'air de dilution au moyen du ou des analyseurs de gaz d'échappement EGA. Elles sont nécessaires pour vérifier la division des gaz d'échappement et peuvent servir à régler le débit d'air d'injection pour un contrôle précis de la division. Le taux de dilution est calculé à partir des concentrations de gaz traceurs.

Figure 18

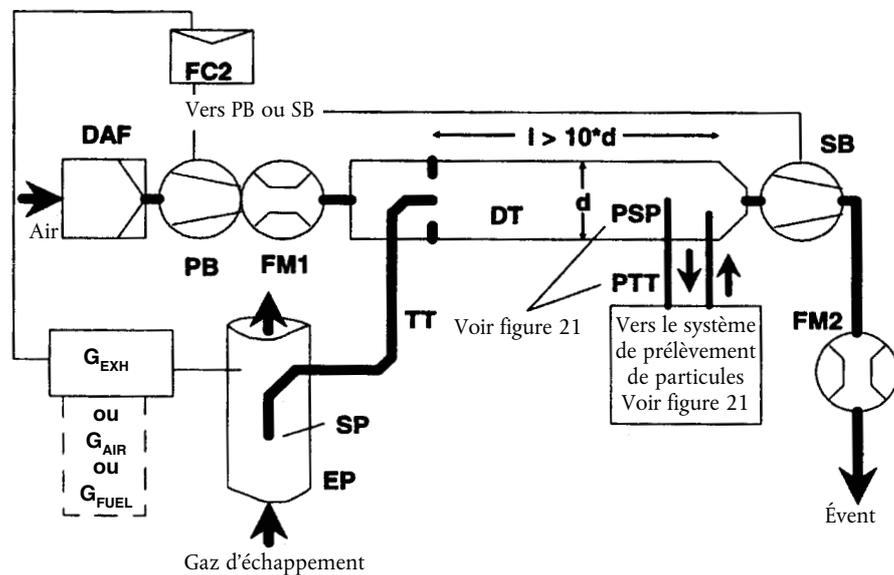
Système de dilution en dérivation avec régulation de débit et échantillonnage total



Les gaz d'échappement bruts sont transférés du tuyau d'échappement EP vers le tunnel de dilution DT par la sonde de prélèvement SP et le tube de transfert TT. Le débit total dans le tunnel est réglé à l'aide du régulateur de débit FC3 et de la pompe de prélèvement P du système de prélèvement de particules (voir la figure 18). Pour atteindre la division désirée de l'air d'échappement, le débit d'air de dilution est contrôlé par le régulateur de débit FC2 qui peut utiliser G_{EXHW} , G_{AIRW} ou G_{FUEL} comme signaux de commande. Le débit de l'échantillon qui pénètre dans DT est la différence entre le débit total et le débit d'air de dilution. Le débit d'air de dilution est mesuré à l'aide du débitmètre FM1 et le débit total à l'aide du débitmètre FM3 du système de prélèvement de particules (voir la figure 21). Le taux de dilution est calculé à partir de ces deux débits.

Figure 19

Système de dilution en dérivation avec régulation de débit et échantillonnage fractionné



Les gaz d'échappement bruts sont transférés du tuyau d'échappement EP vers le tunnel de dilution DT par la sonde de prélèvement SP et le tube de transfert TT. La division des gaz d'échappement et le débit qui pénètre dans DT sont contrôlés par le régulateur de débit FC2 qui règle en conséquence les débits (ou vitesses) du ventilateur soufflant PB et du ventilateur aspirant SB, ce qui est rendu possible par le fait que l'échantillon prélevé avec le système de prélèvement de particules est ramené dans DT. G_{EXHW} , G_{AIRW} ou G_{FUEL} peuvent être utilisés comme signaux de commande pour FC2. Le débit d'air de dilution est mesuré à l'aide du débitmètre FM1 et le débit total à l'aide du débitmètre FM2. Le taux de dilution est calculé à partir de ces deux débits.

2.2.1. *Éléments des figures 11 à 19*

EP Tuyau d'échappement

Le tuyau d'échappement peut être isolé. Afin de réduire l'inertie thermique du tuyau d'échappement, il est recommandé de choisir un rapport épaisseur-diamètre maximal de 0,015. L'utilisation de parties flexibles doit être limitée à un rapport longueur-diamètre maximal de 12. Il convient de minimiser les courbures pour réduire les dépôts par inertie. Si le système est équipé d'un silencieux propre au moyen d'essai, celui-ci peut aussi être isolé.

Pour un système isocinétique, le tuyau d'échappement doit être dépourvu de coudes, courbes et changements brusques de diamètre sur au moins 6 diamètres du tuyau en amont et 3 diamètres du tuyau en aval de la pointe de la sonde. La vitesse des gaz dans la zone de prélèvement doit être supérieure à 10 m/s, sauf en mode «ralenti». Les variations de pression des gaz d'échappement ne doivent pas excéder ± 500 Pa en moyenne. Toute mesure de réduction des variations de pression en dehors de l'utilisation d'un système de gaz d'échappement monté sur châssis (silencieux et dispositif de post-traitement compris) ne doit ni altérer les performances du moteur ni provoquer le dépôt des particules.

Pour des systèmes dépourvus de sonde isocinétique, il est recommandé d'opter pour un tuyau droit de 6 diamètres du tuyau en amont et de 3 diamètres du tuyau en aval de la pointe de la sonde.

SP Sonde de prélèvement (figures 10, 14, 15, 16, 18 et 19)

Le diamètre intérieur minimal doit être de 4 mm. Le rapport de diamètre minimal du diamètre du tuyau d'échappement au diamètre de la sonde doit être égal à 4. La sonde doit être un tube ouvert dirigé vers l'amont sur la ligne médiane du tuyau d'échappement ou une sonde à plusieurs trous telle que celle décrite sous SP1 au point 1.2.1, figure 5.

ISP Sonde de prélèvement isocinétique (figures 11 et 12)

Lors de l'installation, la sonde de prélèvement isocinétique doit être dirigée vers l'amont sur la ligne médiane du tuyau d'échappement, en un point où les conditions de débit reprises sous EP sont respectées; elle doit être conçue de manière à fournir un échantillon proportionnel des gaz d'échappement bruts. Le diamètre intérieur minimal doit être de 12 mm.

Un système de contrôle est nécessaire pour réaliser une division isocinétique des gaz d'échappement en maintenant une pression différentielle de zéro entre EP et ISP. Dans ces conditions, les vitesses des gaz d'échappement dans EP et ISP sont identiques et le débit massique au travers d'ISP est une fraction constante du débit de gaz d'échappement. ISP doit être raccordée à un transducteur de pression différentielle DPT. Le régulateur de pression FC1 sert à commander une pression différentielle de zéro entre EP et ISP.

FD1, FD2 Répartiteurs de débit (figure 16)

Une série de venturis ou d'organes déprimogènes est installée dans le tuyau d'échappement EP et le tube de transfert TT pour fournir un échantillon représentatif de gaz d'échappement bruts. Un système de contrôle comportant deux régulateurs de pression PCV1 et PCV2 est requis pour assurer une division proportionnelle par un contrôle des pressions dans EP et DT.

FD3 Diviseurs de débit (figure 17)

Une série de tubes (unité à tubes multiples) est installée dans le tuyau d'échappement EP afin de fournir un échantillon proportionnel des gaz d'échappement bruts. Un des tubes amène les gaz d'échappement dans le tunnel de dilution DT tandis que les autres tubes les extraient vers un autre réservoir tampon DC. Les tubes doivent posséder les mêmes dimensions (diamètre, longueur et rayon de courbure identiques) de sorte que la division des gaz d'échappement soit fonction du nombre total de tubes. Un système de contrôle est requis pour assurer une division proportionnelle en maintenant une pression différentielle de zéro entre la sortie de l'unité à tubes multiples vers DC et la sortie de TT.

Dans ces conditions, les vitesses des gaz d'échappement dans EP et FD3 sont proportionnelles et le débit dans TT est une fraction constante du débit des gaz d'échappement. Les deux points doivent être raccordés à un transducteur de pression différentielle DPT. Le régulateur de pression FC1 sert à commander une pression différentielle de zéro.

EGA Analyseur de gaz d'échappement (figures 13, 14, 15, 16 et 17)

Les analyseurs de CO₂ ou de NO_x peuvent être utilisés (avec méthode du bilan carbone, seulement CO₂). Les analyseurs doivent être étalonnés comme les analyseurs destinés à la mesure des émissions de gaz. Un ou plusieurs analyseurs peuvent être employés pour déterminer les différences de concentration. La précision des systèmes de mesure doit être telle que la précision de G_{EDFW,i} se situe à ± 4%.

TT Tube de transfert (figures 11 à 19)

Le tube de transfert doit:

- être aussi court que possible, mais d'une longueur maximale de 5 m,
- être d'un diamètre égal ou supérieur au diamètre de la sonde, sans toutefois dépasser 25 mm,
- sortir le long de la ligne médiane du tunnel de dilution et être orienté vers l'aval.

Si la longueur du tube est égale ou inférieure à 1 mètre, il doit être isolé avec un matériau possédant une conductivité thermique maximale de 0,05 W/m*K et une épaisseur d'isolation radiale qui correspond au diamètre de la sonde. Si la longueur du tube est supérieure à 1 mètre, il doit être isolé et chauffé jusqu'à une température de paroi minimale de 523 K (250 °C).

DPT Transducteur de pression différentielle (figures 11, 12 et 17)

Le transducteur de pression différentielle doit présenter une plage de ± 500 Pa ou moins.

FC1 Régulateur de débit (figures 11, 12 et 17)

Pour des systèmes isocinétiques (figures 11 et 12), un régulateur de débit est nécessaire pour maintenir une pression différentielle de zéro entre EP et ISP. Il peut être réglé comme suit:

- a) par une régulation de la vitesse ou du débit du ventilateur aspirant SB et un maintien du ventilateur soufflant PB à une vitesse ou un débit constant durant chaque mode (figure 11)
- ou
- b) par un réglage du ventilateur aspirant SB sur un débit massique constant des gaz d'échappement dilués et une régulation du débit du ventilateur soufflant PB et, partant, du débit des gaz d'échappement prélevés dans une région située à l'extrémité du tube de transfert TT (figure 12).

Dans le cas d'un système à pression contrôlée, l'erreur résiduelle dans la boucle de commande ne doit pas excéder ± 3 Pa. Les variations de pression dans le tunnel de dilution ne doivent pas dépasser ± 250 Pa en moyenne.

Dans le cas d'un système à tubes multiples (figure 17), un régulateur de débit est nécessaire afin d'assurer une division proportionnelle des gaz d'échappement en vue du maintien d'une pression différentielle de zéro entre la sortie de l'unité à tubes multiples et la sortie de TT. Le réglage est exécuté en contrôlant le débit d'air d'injection dans DT à la sortie de TT.

PCV1, PCV2 Régulateurs de pression (figure 16)

Deux régulateurs de pression sont nécessaires pour le système à venturi double/organe déprimogène double afin d'assurer une division proportionnelle du débit par un contrôle de la contre-pression d'EP et de la pression dans DT. Les régulateurs sont placés dans EP en aval de SP et entre PB et DT.

DC Réservoir tampon (figure 17)

Un réservoir tampon est installé à la sortie de l'unité à tubes multiples afin de minimiser les variations de pression dans le tuyau d'échappement EP.

VN Venturi (figure 15)

Un venturi est installé dans le tunnel de dilution DT afin de créer une pression négative dans la région de la sortie du tube de transfert TT. Le débit de gaz qui traverse TT est déterminé par l'échange d'énergie cinétique dans la zone du venturi et est fondamentalement proportionnel au débit du ventilateur soufflant PB qui engendre un taux de dilution constant. Comme l'échange d'énergie cinétique est influencé

par la température régnant à la sortie de TT et la pression différentielle entre EP et DT, le taux de dilution effectif à faible charge est légèrement inférieur à celui présent à charge élevée.

FC2 Régulateur de débit (figures 13, 14, 18 et 19; option)

Un régulateur de débit peut servir à contrôler le débit du ventilateur soufflant PB et/ou du ventilateur aspirant SB. Il peut être raccordé aux signaux des gaz d'échappement, de l'air d'admission ou du débit de carburant et/ou aux signaux différentiels de CO₂ ou de NO_x.

En présence d'une alimentation en air sous pression (figure 18), FC2 régule directement le débit d'air.

FM1 Débitmètre (figures 11, 12, 18 et 19)

Compteur de gaz ou autre instrument utilisé pour mesurer le débit d'air de dilution. FM1 est facultatif si le ventilateur soufflant SB est étalonné pour mesurer le débit.

FM2 Débitmètre (figure 19)

Compteur de gaz ou autre instrument utilisé pour mesurer le débit de gaz d'échappement dilués. FM2 est facultatif si le ventilateur aspirant SB est étalonné pour mesurer le débit.

PB Ventilateur soufflant (figures 11, 12, 13, 14, 15, 16 et 19)

PB peut être raccordé aux régulateurs de débit FC1 ou FC2 pour contrôler le débit d'air de dilution. Il n'est pas nécessaire en présence d'une vanne à papillon. Il peut servir à mesurer le débit d'air de dilution s'il a été étalonné.

SB Ventilateur aspirant (figures 11, 12, 13, 16, 17 et 19)

Pour des systèmes de prélèvement fractionné uniquement. SB peut servir à mesurer le débit de gaz d'échappement dilués s'il a été étalonné.

DAF Filtre à air de dilution (figures 11 à 19)

Il est recommandé de filtrer l'air de dilution et de le passer au charbon actif pour éliminer les hydrocarbures présents dans l'air de dilution. À la demande du constructeur du moteur, l'air de dilution est prélevé conformément aux règles de l'art afin de déterminer les niveaux de particules dans l'air de dilution qui peuvent ensuite être soustraits des valeurs mesurées dans les gaz d'échappement dilués.

DT Tunnel de dilution (figures 11 à 19)

Le tunnel de dilution doit:

- posséder une longueur suffisante pour provoquer un mélange complet des gaz d'échappement et de l'air de dilution dans des conditions d'écoulement turbulent
- être en acier inoxydable:
 - d'un rapport épaisseur/diamètre maximal de 0,025 pour des tunnels de dilution possédant des diamètres intérieurs supérieurs à 75 mm
 - d'une épaisseur nominale minimale de 1,5 mm pour des tunnels de dilution possédant des diamètres intérieurs inférieurs ou égaux à 75 mm
- posséder un diamètre minimal de 75 mm pour le type de prélèvement fractionné;
- posséder un diamètre minimal recommandé de 25 mm pour le type de prélèvement total;
- pouvoir être chauffé à une température de paroi maximale de 325 K (52°C) par chauffage direct ou par préchauffage de l'air de dilution, à condition que la température de l'air ne dépasse pas 325 K (52°C) avant l'introduction des gaz d'échappement dans le tunnel de dilution;
- pouvoir être isolé.

Les gaz d'échappement du moteur doivent être parfaitement mélangés avec l'air de dilution. Dans le cas de systèmes d'échantillonnage fractionné, la qualité du mélange doit être vérifiée, après la mise en service, en réalisant un profil CO₂ du tunnel lorsque le moteur tourne (au moins quatre points de mesure équidistants). Si nécessaire, un orifice de mélange peut être utilisé.

Remarque: si la température ambiante à proximité du tunnel de dilution (DT) est inférieure à 293 K (20°C), il faut prendre les précautions nécessaires afin d'éviter les pertes de particules sur les parois froides du tunnel de dilution. Il est dès lors recommandé de chauffer et/ou d'isoler le tunnel dans les limites prescrites ci-dessus.

À des charges élevées du moteur, le tunnel peut être refroidi par un dispositif non agressif tel qu'un ventilateur de circulation tant que la température du liquide de refroidissement n'est pas inférieure à 293 K (20°C).

HE Échangeur thermique (figures 16 et 17)

L'échangeur thermique doit posséder une capacité suffisante pour maintenir la température à l'entrée du ventilateur aspirant SB à moins de ± 11 K de la température de service observée durant l'essai.

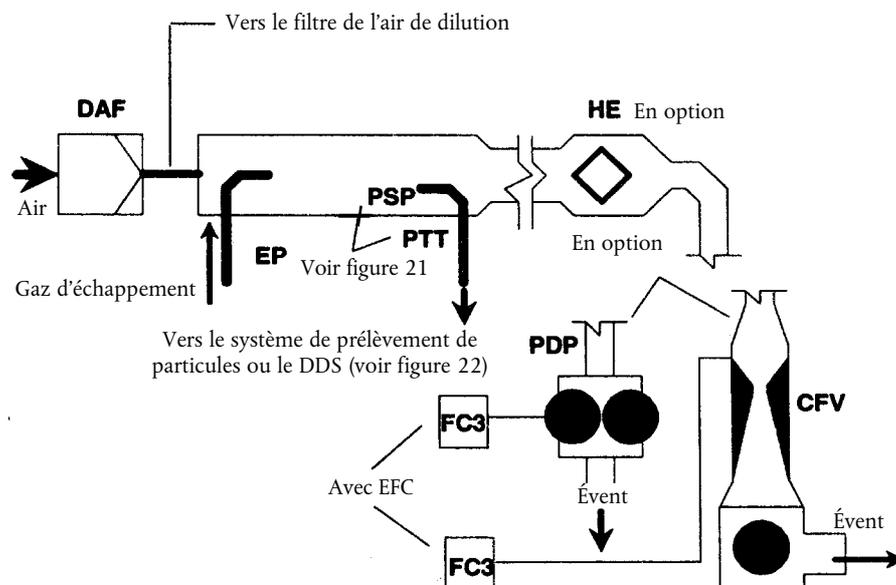
2.3. Système de dilution en circuit principal

La figure 20 décrit un système de dilution qui repose sur la dilution des gaz d'échappement à l'aide du concept CVS (échantillonnage à volume constant). Le volume total du mélange de gaz d'échappement et d'air de dilution doit être mesuré à l'aide d'une PDP ou d'un système CFV.

En vue de la collecte ultérieure des particules, un échantillon de gaz d'échappement dilués est envoyé vers le système de prélèvement de particules (point 2.4, figures 21 et 22). Si cette opération est directe, elle est appelée *dilution simple*. Si l'échantillon est de nouveau dilué dans le tunnel de dilution secondaire, elle est appelée *dilution double*. Cette méthode est utile si la température prescrite à la section d'entrée du filtre ne peut pas être atteinte avec une dilution simple. Bien qu'étant en partie un système de dilution, le système de dilution double est décrit au point 2.4, figure 22, comme une modification d'un système de prélèvement de particules, car la plupart de ses éléments sont identiques à ceux d'un système caractéristique de prélèvement de particules.

Figure 20

Système de dilution en circuit principal



La quantité totale de gaz d'échappement bruts est mélangée dans le tunnel de dilution DT avec l'air de dilution. Le débit de gaz d'échappement dilués est mesuré à l'aide d'une pompe volumétrique PDP ou d'un venturi à écoulement critique CFV. Un échangeur thermique HE ou une compensation électronique du débit EFC peut servir au prélèvement proportionnel des particules et à la mesure du débit. Comme la mesure de la masse de particules repose sur le débit total de gaz d'échappement dilués, le taux de dilution ne doit pas être calculé.

2.3.1. *Éléments de la figure 20***EP Tuyau d'échappement**

La longueur du tuyau d'échappement entre la sortie du collecteur d'échappement du moteur, la sortie du turbocompresseur ou le dispositif de post-traitement et le tunnel de dilution ne peut être supérieure à 10 m. Si la longueur du tuyau d'échappement en aval du collecteur d'échappement du moteur, de la sortie du turbocompresseur ou du dispositif de post-traitement dépasse 4 m, toute la tuyauterie au-delà de 4 m doit être isolée, à l'exception d'un éventuel opacimètre en ligne. L'épaisseur radiale de l'isolation doit être d'au moins 25 mm. La conductivité thermique du matériau isolant ne peut présenter une valeur supérieure à 0,1 W/mK mesurée à 673 K. Afin de réduire l'inertie thermique du tuyau d'échappement, un rapport épaisseur-diamètre maximal de 0,015 est recommandé. L'utilisation de sections flexibles doit être limitée à un rapport longueur-diamètre maximal de 12.

Pompe volumétrique

La PDP totalise le débit total des gaz d'échappement dilués à partir du nombre de tours de la pompe et du débit de la pompe. La contre-pression du système d'échappement ne doit pas être abaissée artificiellement par la pompe volumétrique ou le système d'admission de l'air de dilution. La contre-pression statique à l'échappement qui est mesurée avec le système PDP en fonctionnement doit rester à $\pm 1,5$ kPa de la pression statique mesurée sans raccord au système PDP, pour un régime et une charge identiques du moteur. La température du mélange de gaz juste avant la pompe volumétrique doit se situer à ± 6 K de la température moyenne de fonctionnement observée durant l'essai, lorsqu'aucune compensation du débit n'est exécutée. La compensation du débit ne peut être utilisée que si la température à l'entrée de la PDP ne dépasse pas 323 K (50°C).

CFV Venturi à écoulement critique

Le CFV mesure le débit total de gaz d'échappement dilués en maintenant le débit aux conditions de saturation (écoulement critique). La contre-pression statique à l'échappement qui est mesurée avec le système CFV en fonctionnement doit rester à $\pm 1,5$ kPa de la pression statique mesurée sans raccord au système CFV, pour un régime et une charge identiques du moteur. La température du mélange de gaz juste avant le CFV doit se situer à ± 11 K de la température moyenne de fonctionnement observée durant l'essai, lorsqu'aucune compensation du débit n'est exécutée.

HE Échangeur thermique (option, si l'EFC est utilisée)

L'échangeur thermique doit avoir une capacité suffisante pour maintenir la température dans les limites requises ci-dessus.

EFC Compensation électronique du débit (option, si l'HE est utilisé)

Si la température à l'entrée de la PDP ou du CFV n'est pas maintenue dans les limites indiquées ci-dessus, un système de compensation du débit est requis pour mesurer le débit en continu et contrôler le prélèvement proportionnel du système de prélèvement de particules. À cette fin, les signaux de débit mesurés en continu servent à corriger en conséquence le débit de l'échantillon au travers des filtres à particules du système de prélèvement de particules (voir le point 2.4, figures 21 et 22).

DT Tunnel de dilution

Le tunnel de dilution doit:

- posséder un diamètre suffisamment réduit pour engendrer un débit turbulent (nombre de Reynolds supérieur à 4 000) et une longueur suffisante pour assurer le mélange complet des gaz d'échappement et de l'air de dilution; un orifice de mélange peut être utilisé,
- posséder un diamètre de 460 mm au moins pour un système de dilution simple,
- posséder un diamètre de 210 mm au moins pour un système de dilution double,
- pouvoir être isolé.

Les gaz d'échappement du moteur doivent être dirigés vers l'aval au point où ils sont introduits dans le tunnel de dilution et mélangés complètement.

Dans le cas d'une *dilution simple*, un échantillon prélevé dans le tunnel de dilution est transféré vers le système de prélèvement de particules (point 2.4, figure 21). La capacité de débit de la PDP ou du CFV doit être suffisante pour maintenir les gaz d'échappement dilués à une température maximale de 325 K (52°C) juste avant le filtre à particules primaire.

Dans le cas d'une *dilution double*, un échantillon prélevé dans le tunnel de dilution est transféré vers le tunnel de dilution secondaire où il est soumis à une nouvelle dilution, puis envoyé au travers des filtres de prélèvement (point 2.4, figure 22). La capacité de débit de la PDP ou du CFV doit être suffisante pour maintenir le flux de gaz d'échappement dilués dans DT à une température maximale de 464 K (191°C) dans la zone de prélèvement. Le système de dilution secondaire doit fournir une quantité suffisante d'air de dilution secondaire pour maintenir le flux de gaz d'échappement doublement dilué à une température maximale de 325 K (52°C) juste avant le filtre à particules primaire.

DAF Filtre à air de dilution

Il est recommandé de filtrer l'air de dilution et de le passer au charbon actif pour éliminer les hydrocarbures présents dans l'air de dilution. À la demande du constructeur du moteur, l'air de dilution est prélevé conformément aux règles de l'art afin de déterminer les niveaux de particules dans l'air de dilution qui peuvent ensuite être soustraits des valeurs mesurées dans les gaz d'échappement dilués.

PSP Sonde de prélèvement de particules

La sonde est le principal élément du PTT et doit:

- être dirigée vers l'amont, en un point où l'air de dilution et les gaz d'échappement sont bien mélangés (c'est-à-dire sur la ligne médiane du tunnel de dilution (DT), approximativement 10 diamètres du tunnel en aval du point où les gaz d'échappement pénètrent dans le tunnel de dilution);
- présenter un diamètre intérieur minimal de 12 mm,
- pouvoir être chauffée à une température de paroi maximale de 325 K (52°C) par chauffage direct ou par préchauffage de l'air de dilution, à condition que la température de l'air ne dépasse pas 325 K (52°C) avant l'introduction des gaz d'échappement dans le tunnel de dilution;
- pouvoir être isolée.

2.4. Système de prélèvement de particules

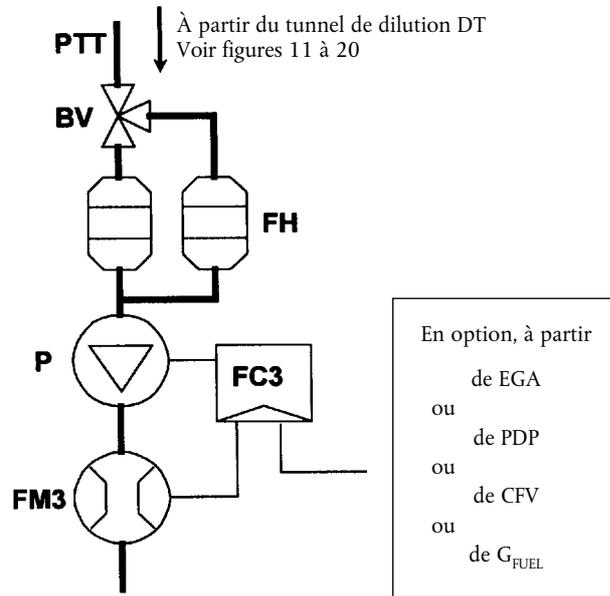
Le système de prélèvement de particules est nécessaire pour collecter les particules sur le filtre à particules. Dans le cas d'une *dilution en circuit principal à prélèvement total*, qui consiste à envoyer l'intégralité de l'échantillon de gaz d'échappement dilués au travers des filtres, le système de dilution (point 2.2, figures 14 et 18) et de prélèvement forme en général une unité intégrée. Dans le cas d'une *dilution en circuit principal ou en dérivation à échantillonnage fractionné*, qui consiste à n'envoyer au travers des filtres qu'une partie des gaz d'échappement dilués, les systèmes de dilution (point 2.2, figures 11, 12, 13, 15, 16, 17 et 19; point 2.3, figure 20) et de prélèvement sont en général des unités distinctes.

Dans la présente directive, le système de dilution double (figure 22) d'un système de dilution en circuit principal est assimilé à une modification spécifique d'un système caractéristique de prélèvement de particules (voir la figure 21). Le système de dilution double englobe tous les éléments importants du système de prélèvement de particules, tels que les porte-filtres et la pompe de prélèvement, ainsi que certaines propriétés de dilution, telles que la fourniture d'air de dilution et un tunnel de dilution secondaire.

Pour éviter toute influence sur les boucles de commande, il est recommandé de faire fonctionner la pompe de prélèvement durant toute la procédure d'essai. Dans le cas de la méthode à filtre unique, un système de dérivation doit servir à envoyer l'échantillon au travers des filtres de prélèvement aux moments souhaités. Il convient de minimiser les interférences de la procédure de commutation sur les boucles de commande.

Figure 21

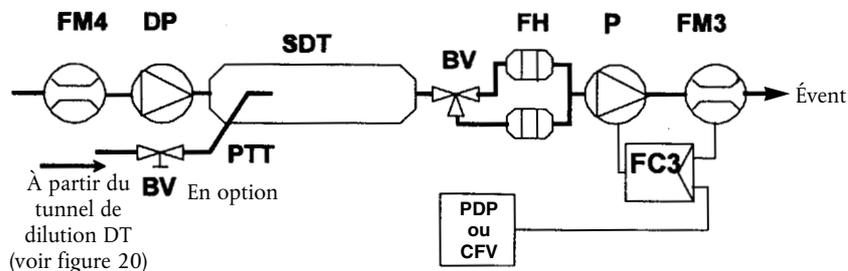
Système de prélèvement de particules



Un échantillon de gaz d'échappement dilués est prélevé dans le tunnel de dilution DT d'un système de dilution en circuit principal ou en dérivation par la sonde de prélèvement de particules PSP et le tube de transfert de particules PTT, via la pompe de prélèvement P. L'échantillon est envoyé au travers du ou des porte-filtres FH contenant les filtres de prélèvement de particules. Le débit de l'échantillon est contrôlé par le régulateur de débit FC3. En présence d'une compensation électronique du débit EFC (voir la figure 20), le débit de gaz d'échappement dilués sert de signal de commande pour FC3.

Figure 22

Système de dilution double (système en circuit principal uniquement)



Un échantillon de gaz d'échappement dilués est transféré, au travers de la sonde de prélèvement de particules PSP et du tube de transfert de particules PTT, du tunnel de dilution DT d'un système de dilution en circuit principal vers le tunnel de dilution secondaire SDT où il est soumis à une nouvelle dilution. L'échantillon est ensuite envoyé au travers du ou des porte-filtres FH qui contiennent les filtres de prélèvement de particules. Le débit d'air de dilution est en général constant et le débit de l'échantillon est contrôlé par le régulateur de débit FC3. En présence d'une compensation électronique du débit EFC (voir la figure 20), le débit total de gaz d'échappement dilués fait office de signal de commande pour FC3.

2.4.1. *Éléments des figures 21 et 22***PTT Tube de transfert de particules (figures 21 et 22)**

La longueur du tube de transfert de particules ne doit pas dépasser 1 020 mm et doit être minimisée autant que possible. Dans les cas appropriés (à savoir pour des systèmes de dilution en dérivation à échantillonnage fractionné et des systèmes de dilution en circuit principal), la longueur des sondes de prélèvement (respectivement SP, ISP, PSP; voir les points 2.2 et 2.3) doit être incluse.

Les cotes sont valables pour:

- le type de *dilution en dérivation à échantillonnage fractionné* et le système de *dilution simple en circuit principal*, de la pointe de la sonde (respectivement SP, ISP, PSP) au porte-filtre
- le type de *dilution en dérivation à prélèvement total*, de l'extrémité du tunnel de dilution au porte-filtre
- le système de *dilution double en circuit principal*, de la pointe de la sonde (PSP) au tunnel de dilution secondaire.

Le tube de transfert doit:

- pouvoir être chauffé à une température de paroi maximale de 325 K (52°C) par chauffage direct ou par préchauffage de l'air de dilution, à condition que la température de l'air ne dépasse pas 325 K (52°C) avant l'introduction des gaz d'échappement dans le tunnel de dilution
- pouvoir être isolé.

SDT Tunnel de dilution secondaire (figure 22)

Le tunnel de dilution secondaire doit présenter un diamètre minimal de 75 mm et une longueur suffisante pour permettre un temps de séjour d'au moins 0,25 seconde de l'échantillon doublement dilué. Le porte-filtre primaire FH doit se situer à maximum 300 mm de la sortie du SDT.

Le tunnel de dilution secondaire doit:

- pouvoir être chauffé à une température de paroi maximale de 325 K (52°C) par chauffage direct ou par préchauffage de l'air de dilution, à condition que la température de l'air ne dépasse pas 325 K (52°C) avant l'introduction des gaz d'échappement dans le tunnel de dilution
- pouvoir être isolé.

FH Porte-filtre(s) (figures 21 et 22)

Un logement de filtre ou des logements de filtre séparés peuvent être employés pour le filtre primaire et le filtre secondaire. Les conditions prescrites à l'annexe III, appendice 4, point 4.1.3 doivent être respectées.

Le ou les porte-filtres doivent:

- pouvoir être chauffés à une température de paroi maximale de 325 K (52°C) par chauffage direct ou par préchauffage de l'air de dilution, à condition que la température de l'air ne dépasse pas 325 K (52°C) avant l'introduction des gaz d'échappement dans le tunnel de dilution;
- pouvoir être isolés.

P Pompe de prélèvement (figures 21 et 22)

La pompe de prélèvement de particules doit être installée à une distance suffisante du tunnel de sorte que la température d'entrée des gaz soit maintenue à un niveau constant (± 3 K) si le débit n'est pas corrigé par FC3.

DP Pompe à air de dilution (figure 22)

La pompe à air de dilution doit être installée de manière à fournir l'air de dilution secondaire à une température de $298 \text{ K} \pm 5 \text{ K}$ ($25^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$) si l'air de dilution n'est pas préchauffé.

FC3 Régulateur de débit (figures 21 et 22)

Si aucun autre moyen n'est disponible, un régulateur de débit est utilisé pour compenser les variations de température et de contre-pression du débit de l'échantillon de particules sur le trajet de l'échantillon. Le régulateur de débit est requis en présence d'une compensation électronique du débit EFC (voir la figure 20).

FM3 Débitmètre (figures 21 et 22)

Le compteur de gaz ou l'instrument utilisé pour mesurer le débit de l'échantillon de particules doit être installé à une distance suffisante de la pompe de prélèvement P de manière que la température d'entrée des gaz soit maintenue à un niveau constant (± 3 K) si le débit n'est pas corrigé par FC3.

FM4 Débitmètre (figure 22)

Le compteur de gaz ou l'instrument utilisé pour mesurer le débit d'air de dilution doit être installé de sorte que la température d'entrée des gaz reste à un niveau constant de $298 \text{ K} \pm 5 \text{ K}$ ($25^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$).

BV Robinet à boule (option)

Le robinet à boule doit présenter un diamètre intérieur minimal égal à celui du tube de transfert de particules PTT et une durée de commutation inférieure à 0,5 seconde.

Remarque: si la température ambiante à proximité de PSP, PTT, SDT et FH est inférieure à 293 K (20°C), il faut prendre les précautions nécessaires afin d'éviter les pertes de particules sur la paroi froide de ces éléments. Il est dès lors recommandé de chauffer et/ou d'isoler ces éléments dans les limites prescrites dans les descriptions correspondantes. Il est également recommandé de respecter une température minimale de 293 K (20°C) à la section d'entrée du filtre durant le prélèvement.

À des charges élevées du moteur, les éléments ci-dessus peuvent être refroidis par un dispositif non agressif tel qu'un ventilateur de circulation tant que la température du liquide de refroidissement n'est pas inférieure à 293 K (20°C).

3. DÉTERMINATION DES FUMÉES**3.1. Introduction**

Les points 3.2 et 3.3 ainsi que les figures 23 et 24 contiennent des descriptions détaillées des opacimètres recommandés. Comme diverses configurations peuvent générer des résultats équivalents, une conformité exacte aux figures 23 et 24 n'est pas requise. Des éléments supplémentaires, tels que des instruments, des robinets, des solénoïdes, des pompes et des commutateurs, peuvent servir à fournir des informations complémentaires et à coordonner les fonctions des systèmes constitutifs. D'autres éléments qui ne sont pas nécessaires pour garantir la précision de certains systèmes peuvent être exclus si leur exclusion repose sur une bonne appréciation technique.

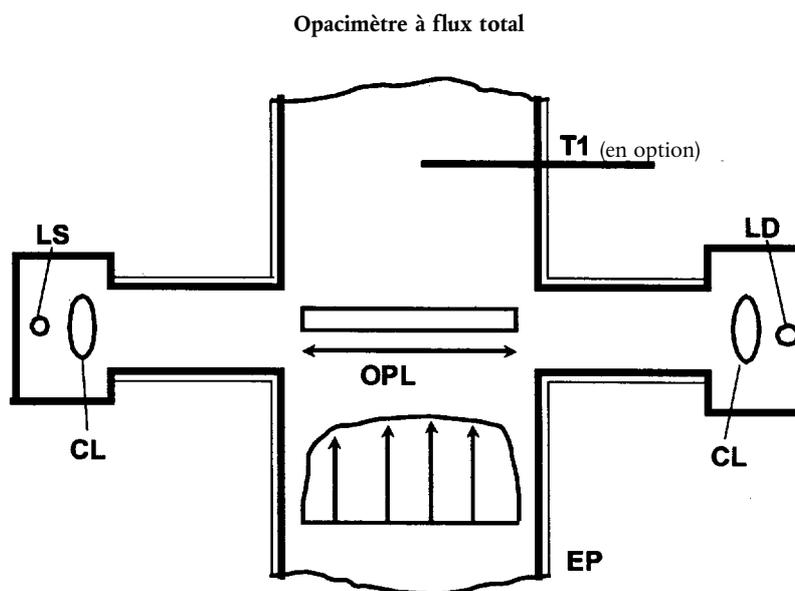
Le principe de mesure est le suivant: la lumière est transmise au travers d'une longueur spécifique de fumées à mesurer et la proportion de la lumière incidente qui atteint un récepteur sert à évaluer les propriétés d'opacité du milieu. La mesure des fumées dépend de la conception de l'appareillage et peut se dérouler dans le tuyau d'échappement (opacimètre en ligne à flux total) ou à l'extrémité du tuyau d'échappement (opacimètre en aval à flux total), voire prendre la forme d'un prélèvement d'échantillon dans le tuyau d'échappement (opacimètre à flux partiel). Le fabricant de l'instrument doit communiquer la base de mesure de l'instrument afin de pouvoir déterminer le coefficient d'absorption lumineuse à partir du signal d'opacité.

3.2. Opacimètre à flux total

Deux grands types d'opacimètres à flux total peuvent être utilisés (figure 23). Dans le cas de l'opacimètre en ligne, l'opacité de la totalité des gaz d'échappement dans le tuyau d'échappement est mesurée. Avec ce type d'opacimètre, la base de mesure effective est fonction de la conception de l'opacimètre.

Dans le cas de l'opacimètre en aval, l'opacité de la totalité des gaz d'échappement est mesurée à sa sortie du tuyau d'échappement. Avec ce type d'opacimètre, la base de mesure effective est fonction de la conception du tuyau d'échappement et de la distance entre son extrémité et l'opacimètre.

Figure 23



3.2.1. Éléments de la figure 23

EP Tuyau d'échappement

Avec un opacimètre en ligne, le diamètre du tuyau d'échappement ne varie pas dans les 3 diamètres du tuyau d'échappement situés en amont ou en aval de la zone de mesure. Si le diamètre de la zone de mesure est supérieur au diamètre du tuyau d'échappement, il est recommandé d'utiliser un tuyau progressivement convergent avant la zone de mesure.

Avec un opacimètre en aval, la portion terminale de 0,6 m du tuyau d'échappement doit posséder une section circulaire et être dépourvue de coudes et de courbes. L'extrémité du tuyau d'échappement doit être coupée à l'équerre. L'opacimètre doit être monté au centre de la totalité des gaz d'échappement à moins de 25 ± 5 mm de l'extrémité du tuyau d'échappement.

OPL Base de mesure

Longueur du trajet optique opaque qui se situe entre la source lumineuse de l'opacimètre et le récepteur, corrigée si nécessaire en cas de non-uniformité due à des gradients de densité et à un effet périphérique. Le fabricant de l'instrument doit présenter la base de mesure en tenant compte des mesures éventuelles de lutte contre la formation de suies (p. ex. air de purge). Si la base de mesure n'est pas disponible, elle doit être déterminée conformément à la norme ISO IDS 11614, point 11.6.5. La détermination correcte de la base de mesure impose de respecter une vitesse minimale des gaz d'échappement de 20 m/s.

LS Source lumineuse

La source lumineuse doit être une lampe à incandescence dotée d'une température de couleur comprise dans la plage de 2 800 à 3 250 K ou d'une diode électroluminescente (DEL) verte à crête spectrale située entre 550 et 570 nm. La source lumineuse doit être protégée contre la formation de suies par des moyens qui n'influencent la base de mesure que dans les limites prescrites par le fabricant.

LD Détecteur de lumière

Le détecteur doit être une cellule photovoltaïque ou une photodiode (équipée d'un filtre si nécessaire). Dans le cas d'une source lumineuse à incandescence, le récepteur doit posséder une réponse spectrale de crête similaire à la courbe photopique de l'œil humain (réponse maximale) dans la plage de 550 à 570 nm et capable de descendre à moins de 4% de cette réponse maximale en dessous de 430 nm et au-dessus de 680 nm. Le détecteur de lumière doit être protégé contre la formation de suies par des moyens qui n'influencent la base de mesure que dans les limites prescrites par le fabricant.

CL Lentille collimatrice

L'émission lumineuse doit être collimatée en un faisceau d'un diamètre maximal de 30 mm. Les rayons du faisceau lumineux doivent être parallèles avec une tolérance de 3° par rapport à l'axe optique.

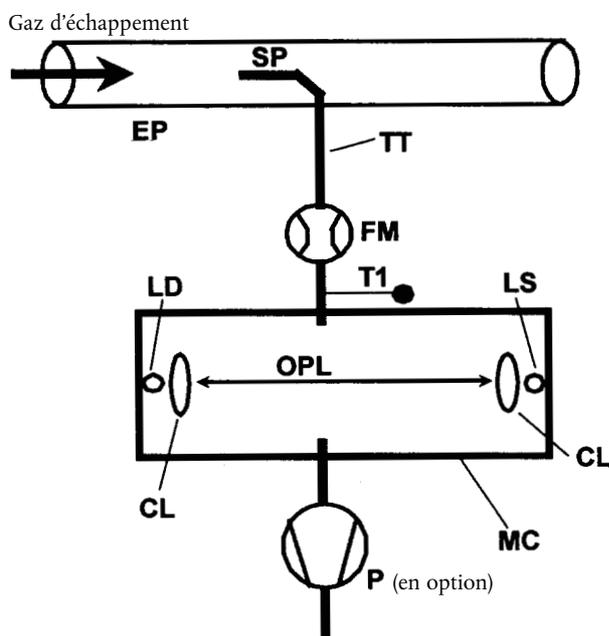
T1 Capteur de température (option)

La température des gaz d'échappement peut être surveillée pendant toute la durée de l'essai.

3.3. Opacimètre à flux partiel

Dans le cas de l'opacimètre à flux partiel (figure 24), un échantillon représentatif de gaz d'échappement est prélevé dans le tuyau d'échappement et envoyé dans la chambre de mesure par une conduite de transfert. Avec ce type d'opacimètre, la base de mesure effective est fonction de la conception de l'opacimètre. Les temps de réponse indiqués sous le point suivant valent pour le débit minimal de l'opacimètre prescrit par le fabricant de l'instrument.

Figure 24

Opacimètre à flux partiel**3.3.1. Éléments de la figure 24****EP Tuyau d'échappement**

Le tuyau d'échappement doit être un tuyau droit d'au moins 6 diamètres du tuyau en amont et 3 diamètres du tuyau en aval de la pointe de la sonde.

SP Sonde de prélèvement

La sonde doit être un tube ouvert dirigé vers l'amont, exactement ou approximativement sur la ligne médiane du tuyau d'échappement. La distance par rapport à la paroi du tuyau arrière d'échappement doit être au moins de 5 mm. Le diamètre de la sonde doit garantir un prélèvement représentatif et un flux suffisant au travers de l'opacimètre.

TT Tube de transfert

Le tube de transfert doit:

- être aussi court que possible et garantir une température des gaz d'échappement de 373 ± 30 K ($100^\circ\text{C} \pm 30^\circ\text{C}$) à l'entrée de la chambre de mesure,
- posséder une température de paroi suffisamment supérieure au point de condensation des gaz d'échappement pour éviter toute condensation,
- être égal au diamètre de la sonde de prélèvement sur toute la longueur,

- avoir un temps de réponse maximal de 0,05 s au débit minimal de l'instrument déterminé conformément à l'annexe III, appendice 4, point 5.2.4,
- avoir une influence insignifiante sur la crête de fumées.

FM Débitmètre

Appareil de mesure du débit destiné à détecter le flux correct dans la chambre de mesure. Les débits minimal et maximal sont indiqués par le fabricant de l'appareil et doivent permettre de respecter le temps de réponse du TT et la base de mesure spécifiés. Si une pompe de prélèvement P est utilisée, le débitmètre peut être monté à proximité de cette dernière.

MC Chambre de mesure

La chambre de mesure doit posséder une surface intérieure anti-réfléchissante ou un environnement optique équivalent. Il faut également minimiser sur le détecteur l'incidence de rayons parasites provenant de réflexions internes d'effets de diffusion.

La pression des gaz dans la chambre de mesure ne doit pas s'écarter de la pression atmosphérique de plus de 0,75 kPa. Lorsque cela s'avère impossible en raison de la conception, la valeur relevée à l'aide de l'opacimètre doit être convertie en pression atmosphérique.

La température de paroi de la chambre de mesure doit être fixée, à ± 5 K, entre 343 K (70°C) et 373 K (100°C) mais, en tout état de cause, elle doit être suffisamment supérieure au point de rosée des gaz d'échappement pour éviter toute condensation. La chambre de mesure doit être équipée des dispositifs de mesure de température appropriés.

OPL Base de mesure

Longueur du trajet optique opaque qui se situe entre la source lumineuse de l'opacimètre et le récepteur, corrigée si nécessaire en cas de non-uniformité due à des gradients de densité et à un effet périphérique. Le fabricant de l'instrument doit présenter la base de mesure en tenant compte des mesures éventuelles de lutte contre la formation de suies (p. ex. air de purge). Si la base de mesure n'est pas disponible, elle doit être déterminée conformément à la norme ISO IDS 11614, point 11.6.5.

LS Source lumineuse

La source lumineuse doit être une lampe à incandescence dotée d'une température de couleur comprise dans la plage de 2 800 à 3 250 K ou d'une diode électroluminescente (DEL) verte à crête spectrale située entre 550 et 570 nm. La source lumineuse doit être protégée contre la formation de suies par des moyens qui n'influencent la base de mesure que dans les limites prescrites par le fabricant.

LD Détecteur de lumière

Le détecteur doit être une cellule photovoltaïque ou une photodiode (équipée d'un filtre si nécessaire). Dans le cas d'une source lumineuse à incandescence, le récepteur doit posséder une réponse spectrale de crête similaire à la courbe photopique de l'œil humain (réponse maximale) dans la plage de 550 à 570 nm et capable de descendre à moins de 4% de cette réponse maximale en dessous de 430 nm et au-dessus de 680 nm. Le détecteur de lumière doit être protégé contre la formation de suies par des moyens qui n'influencent la base de mesure que dans les limites prescrites par le fabricant.

CL Lentille collimatrice

L'émission lumineuse doit être collimatée en un faisceau d'un diamètre maximal de 30 mm. Les rayons du faisceau lumineux doivent être parallèles avec une tolérance de 3° par rapport à l'axe optique.

TI Capteur de température

Pour la surveillance de la température des gaz d'échappement à l'entrée de la chambre de mesure.

P Pompe de prélèvement (option)

Une pompe de prélèvement peut être installée en aval de la chambre de mesure pour transférer les gaz prélevés au travers de la chambre de mesure.

ANNEXE VI

CERTIFICAT DE RÉCEPTION CE

Communication concernant:

- la réception ⁽¹⁾
- l'extension et/ou la prolongation de la réception ⁽¹⁾

d'un type de véhicule/d'une entité technique distincte (type de moteur/famille de moteurs)/d'un élément ⁽¹⁾ au sens de la directive 88/77/CEE, modifiée pour la dernière fois par la directive 1999/96/CE

Réception CE n°: Extension et/ou prolongation n°:

SECTION I

0. **Généralités**

- 0.1. Marque du véhicule/de l'entité technique distincte/de l'élément ⁽¹⁾:
- 0.2. Terme ou expression employé par le constructeur pour désigner le type de véhicule/l'entité technique distincte (type de moteur/famille de moteurs)/l'élément ⁽¹⁾:
- 0.3. Numéro de code du constructeur tel que marqué sur le véhicule/l'entité technique distincte (type de moteur/famille de moteurs)/l'élément ⁽¹⁾:
- 0.4. Catégorie de véhicule:
- 0.5. Catégorie de moteur: Diesel/gaz naturel/GPL ⁽¹⁾
- 0.6. Nom et adresse du constructeur:
- 0.7. Nom et adresse du représentant agréé du constructeur (s'il y a lieu):

SECTION II

1. Brève description (s'il y a lieu): voir l'annexe I.
2. Service technique responsable de l'exécution des essais:
3. Date du compte rendu d'essai:
4. Numéro du compte rendu d'essai:
5. Motif(s) de l'extension et/ou de la prolongation de la réception (s'il y a lieu):
6. Observations (s'il y a lieu): voir l'annexe I.
7. Lieu:
8. Date:
9. Signature:
10. Une liste des documents composant le dossier de réception présenté à l'autorité administrative ayant procédé à la réception, dont le certificat peut être obtenu sur demande, figure en annexe.

⁽¹⁾ Biffer les mentions inutiles.

Appendice

au certificat de réception CE n° ... concernant la réception d'un véhicule/d'une entité technique distincte/d'un élément ⁽¹⁾

1. **Brève description**
- 1.1. Caractéristiques à indiquer aux fins de la réception d'un véhicule équipé de son moteur:
- 1.1.1. Marque du moteur (nom de l'entreprise):
- 1.1.2. Type et description commerciale (mentionner les variantes éventuelles):
- 1.1.3. Numéro de code de construction tel que marqué sur le moteur:
- 1.1.4. Catégorie de véhicule (s'il y a lieu):
- 1.1.5. Catégorie de moteur: Diesel/gaz naturel/GPL ⁽¹⁾
- 1.1.6. Nom et adresse du constructeur:
- 1.1.7. Nom et adresse du représentant agréé du constructeur (s'il y a lieu):
- 1.2. Si le moteur visé au point 1.1 a été réceptionné en tant qu'entité technique distincte:
- 1.2.1. Numéro de réception du moteur/de la famille de moteurs ⁽¹⁾:
- 1.3. Caractéristiques à indiquer concernant la réception d'un moteur/d'une famille de moteurs ⁽¹⁾ en tant qu'entité technique distincte (conditions à respecter lors de l'installation du moteur sur un véhicule):
-
- 1.3.1. Dépression maximale et/ou minimale à l'admission: kPa
- 1.3.2. Contre-pression maximale admissible: kPa
- 1.3.3. Volume du système d'échappement: cm³
- 1.3.4. Puissance absorbée par l'équipement entraîné par le moteur:
- 1.3.4.1. Ralenti: kW; Bas régime: kW; Régime élevé: kW
Régime A: kW; Régime B: kW; Régime C: kW; Régime de référence: kW
- 1.3.5. Restrictions à l'utilisation (s'il y a lieu):
- 1.4. Niveaux d'émission du moteur/moteur parent ⁽¹⁾:
- 1.4.1. Essai ESC (si pertinent):
- CO: g/kWh
- HCT: g/kWh
- NO_x: g/kWh
- PT: g/kWh
- 1.4.2. Essai ELR (si pertinent):
- Valeur de fumées:m⁻¹
- 1.4.3. Essai ETC (si pertinent)
- CO: g/kWh
- HCT: g/kWh ⁽¹⁾
- NMHC: g/kWh ⁽¹⁾
- CH₄: g/kWh ⁽¹⁾
- NO_x: g/kWh ⁽¹⁾
- PT: g/kWh ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Biffer les mentions inutiles.

ANNEXE VII

EXEMPLE DE PROCÉDURE DE CALCUL

1. ESSAI ESC

1.1. Émissions de gaz

Les données de mesure utilisées pour calculer les résultats obtenus pour les différents modes figurent ci-dessous. Dans cet exemple, le CO et les NO_x sont mesurés en conditions sèches, les HC en conditions humides. La concentration de HC est indiquée en équivalent propane (C3) et doit être multipliée par 3 pour fournir l'équivalent C1. La procédure de calcul est identique pour les autres modes.

| P (kW) | T _a (K) | H _a (g/kg) | G _{EXH} (kg) | G _{AIRW} (kg) | G _{FUEL} (kg) | HC (ppm) | CO (ppm) | NO _x (ppm) |
|-----------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------|-------------|--------------------------|
| 82,9 | 294,8 | 7,81 | 563,38 | 545,29 | 18,09 | 6,3 | 41,2 | 495 |

Calcul du facteur de correction des conditions sèches/conditions humides K_{w,r} (annexe III, appendice 1, point 4.2):

$$F_{FH} = \frac{1,969}{\left(1 + \frac{18,09}{545,29}\right)} = 1,9058 \quad \text{et} \quad K_{w2} = \frac{1,608 * 7,81}{1\,000 + (1,608 * 7,81)} = 0,0124$$

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

Calcul des concentrations en conditions humides:

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

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

Calcul du facteur de correction d'humidité des NO_x K_{H,D} (annexe III, appendice 1, point 4.3):

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

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

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

Calcul des débits massiques d'émission (annexe III, appendice 1, point 4.4)

$$\text{NO}_x = 0,001587 * 457 * 0,9625 * 563,38 = 393,27 \text{ g/h}$$

$$\text{CO} = 0,000966 * 38,1 * 563,38 = 20,735 \text{ g/h}$$

$$\text{HC} = 0,000479 * 6,3 * 3 * 563,38 = 5,100 \text{ g/h}$$

Calcul des émissions spécifiques (annexe III, appendice 1, point 4.5):

L'exemple de calcul ci-dessous concerne le CO; la procédure de calcul est identique pour les autres éléments constitutifs.

Les débits massiques d'émission des différents modes sont multipliés par les facteurs de pondération correspondants qui sont indiqués à l'annexe III, appendice 1, point 2.7.1, et additionnés pour fournir le débit massique moyen d'émission sur la durée du cycle:

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

La puissance du moteur des différents modes est multipliée par les facteurs de pondération correspondants qui sont indiqués à l'annexe III, appendice 1, point 2.7.1, et les valeurs sont additionnées pour fournir la puissance moyenne du cycle:

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

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

Calcul des émissions spécifiques de NO_x du point aléatoire (annexe III, appendice 1, point 4.6.1):

Supposons que les valeurs suivantes aient été déterminées au point aléatoire:

$$\begin{aligned} n_Z &= 1\,600 \text{ tr/min} \\ M_Z &= 495 \text{ Nm} \\ \text{NO}_{x \text{ masse},Z} &= 487,9 \text{ g/h (calculé selon la formule ci-dessous)} \\ P(n)_Z &= 83 \text{ kW} \\ \text{NO}_{x,Z} &= 487,9/83 = 5,878 \text{ g/kWh} \end{aligned}$$

Détermination de la valeur d'émission à partir du cycle d'essai (annexe III, appendice 1, point 4.6.2):

Supposons que les valeurs des quatre modes enveloppants de l'essai ESC soient les suivantes:

| n_{RT} | n_{SU} | E_R | E_S | E_T | E_U | M_R | M_S | M_T | M_U |
|----------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 368 | 1 785 | 5,943 | 5,565 | 5,889 | 4,973 | 515 | 460 | 681 | 610 |

$$E_{TU} = 5,889 + (4,973 - 5,889) * (1\,600 - 1\,368) / (1\,785 - 1\,368) = 5,377 \text{ g/kWh}$$

$$E_{RS} = 5,943 + (5,565 - 5,943) * (1\,600 - 1\,368) / (1\,785 - 1\,368) = 5,732 \text{ g/kWh}$$

$$M_{TU} = 681 + (601 - 681) * (1\,600 - 1\,368) / (1\,785 - 1\,368) = 641,3 \text{ Nm}$$

$$M_{RS} = 515 + (460 - 515) * (1\,600 - 1\,368) / (1\,785 - 1\,368) = 484,3 \text{ Nm}$$

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

Comparaison des valeurs d'émission de NO_x (annexe III, appendice 1, point 4.6.3):

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

1.2. Émissions de particules

La mesure de particules repose sur le principe du prélèvement de particules sur toute la durée du cycle, mais de la détermination de l'échantillon et des débits (M_{SAM} et G_{EDF}) durant les différents modes. Le calcul de G_{EDF} dépend du système mis en œuvre. Dans les exemples ci-dessous, un système avec mesure de CO_2 et méthode du bilan carbone et un système avec mesure de débit sont utilisés. Lorsqu'un système de dilution en circuit principal est employé, G_{EDF} est mesuré directement par le dispositif CVS.

Calcul de G_{EDF} (annexe III, appendice 1, points 5.2.3 et 5.2.4):

Supposons les données de mesure suivantes pour le mode 4. La procédure de calcul est identique pour les autres modes.

| G_{EXH} (kg/h) | G_{FUEL} (kg/h) | G_{DILW} (kg/h) | G_{TOTW} (kg/h) | CO_{2D} (%) | CO_{2A} (%) |
|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| 334,02 | 10,76 | 5,4435 | 6,0 | 0,657 | 0,040 |

a) Méthode du bilan carbone

$$G_{EDFW} = \frac{206,5 * 10,76}{0,657 - 0,040} = 3\ 601,2 \text{ kg/h}$$

b) Méthode de la mesure du débit

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

$$G_{EDFW} = 334,02 * 10,78 = 3\ 600,7 \text{ kg/h}$$

Calcul du débit massique (annexe III, appendice 1, point 5.4):

Les débits G_{EDFW} des différents modes sont multipliés par les facteurs de pondération correspondants qui sont indiqués à l'annexe III, appendice 1, point 2.7.1, et additionnés pour fournir le G_{EDF} moyen sur toute la durée du cycle. Le débit total de l'échantillon M_{SAM} est la somme des débits des échantillons collectés pour les différents modes.

$$\begin{aligned} \overline{G_{EDFW}} &= (3\ 567 * 0,15) + (3\ 592 * 0,08) + (3\ 611 * 0,10) + (3\ 600 * 0,10) + (3\ 618 * 0,05) \\ &\quad + (3\ 600 * 0,05) + (3\ 640 * 0,05) + (3\ 614 * 0,09) + (3\ 620 * 0,10) + (3\ 601 * 0,08) \\ &\quad + (3\ 639 * 0,05) + (3\ 582 * 0,05) + (3\ 635 * 0,05) \\ &= 3\ 604,6 \text{ kg/h} \end{aligned}$$

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

Supposons la masse de particules sur les filtres égale à 2,5 mg, alors

$$PT_{masse} = \frac{2,5}{1,515} * \frac{3\ 604,6}{1\ 000} = 5,948 \text{ g/h}$$

Correction initiale (option)

Supposons une mesure initiale avec les valeurs suivantes. Le facteur de dilution DF est calculé comme au point 3.1 de la présente annexe et n'est pas représenté ici.

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

$$\begin{aligned} \text{Somme de DF} &= [(1-1/119,15) * 0,15] + [(1-1/8,89) * 0,08] + [(1-1/14,75) * 0,10] + [(1-1/10,10) \\ &\quad * 0,10] + [(1-1/18,02) * 0,05] + [(1-1/12,33) * 0,05] + [(1-1/32,18) * 0,05] \\ &\quad + [(1-1/6,94) * 0,09] + [(1-1/25,19) * 0,10] + [(1-1/6,12) * 0,08] + [(1-1/20,87) \\ &\quad * 0,05] + [(1-1/8,77) * 0,05] + [(1-1/12,59) * 0,05] \\ &= 0,923 \end{aligned}$$

$$PT_{masse} = \frac{2,5}{1,515} - \left(\frac{0,1}{1,5} * 0,923 \right) * \frac{3\ 604,6}{1\ 000} = 5,726 \text{ g/h}$$

Calcul des émissions spécifiques (annexe III, appendice 1, point 5.5):

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

$$\overline{PT} = \frac{5,948}{60,006} = 0,099 \text{ g/kWh}$$

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

Calcul du facteur de pondération spécifique (annexe III, appendice 1, point 5.6):

Supposons les valeurs calculées pour le mode 4 ci-dessus, alors

$$WF_{E,i} = \frac{0,152 * 3\ 604,6}{1,515 * 3\ 600,7} = 0,1004$$

Cette valeur est égale à la valeur requise de 0,10 à $\pm 0,003$ près.

2. ESSAI ELR

Comme le filtrage selon Bessel constitue une toute nouvelle procédure de calcul des moyennes dans la législation européenne relative aux gaz d'échappement, vous trouverez ci-dessous une explication du filtre de Bessel, un exemple d'élaboration d'un algorithme de Bessel ainsi qu'un exemple de calcul de la valeur de fumées finale. Les constantes de l'algorithme de Bessel dépendent uniquement de la conception de l'opacimètre et de la fréquence de prélèvement du système d'acquisition des données. Il est recommandé que le fabricant de l'opacimètre fournisse les constantes finales du filtre de Bessel pour différentes fréquences de prélèvement et que le client les utilise pour élaborer l'algorithme de Bessel et de calcul des valeurs de fumées.

2.1. Remarques générales sur le filtre de Bessel

En raison de distorsions à hautes fréquences, le signal d'opacité brute présente habituellement une trace très diffuse. Pour éliminer ces distorsions à hautes fréquences, un filtre de Bessel doit être utilisé pour l'essai ELR. Le filtre de Bessel proprement dit est un filtre passe-bas récursif de deuxième ordre qui garantit la vitesse maximale de montée du signal sans dépassement.

En supposant une totalité, en temps réel, des gaz d'échappement bruts dans le tuyau d'échappement, chaque opacimètre montre une trace d'opacité retardée et mesurée différemment. Le retard et la grandeur de la trace d'opacité mesurée dépendent avant tout de la géométrie de la chambre de mesure de l'opacimètre, y compris des conduites de prélèvement des gaz d'échappement, et du temps requis pour traiter le signal dans l'électronique de l'opacimètre. Les valeurs qui caractérisent ces deux effets sont appelées temps de réponse physique et électrique et représentent un filtre individuel pour chaque type d'opacimètre.

La mise en œuvre d'un filtre de Bessel vise à garantir une caractéristique filtrante globale uniforme de tout l'opacimètre, notamment:

- le temps de réponse physique de l'opacimètre (t_p),
- le temps de réponse électrique de l'opacimètre (t_e),
- le temps de réponse du filtre de Bessel utilisé (t_f).

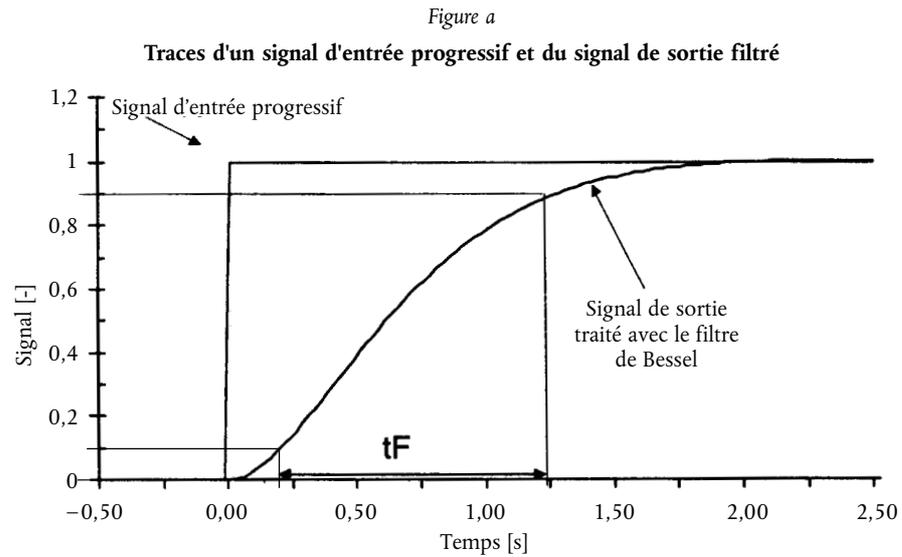
Le temps de réponse global résultant pour le système t_{Moyenne} dérive de la formule suivante:

$$t_{\text{Moyenne}} = \sqrt{t_f^2 + t_p^2 + t_e^2}$$

et doit être identique pour tous les types d'opacimètres afin de fournir la même valeur de fumées. Un filtre de Bessel doit dès lors être élaboré de sorte que le temps de réponse du filtre (t_f) ainsi que les temps de réponse physique (t_p) et électrique (t_e) de l'opacimètre individuel fournissent le temps de réponse global requis (t_{Moyenne}). Comme t_p et t_e sont des valeurs données pour chaque opacimètre individuel et que t_{Moyenne} est posé égal à 1,0 s dans la présente directive, t_f peut être calculé comme suit:

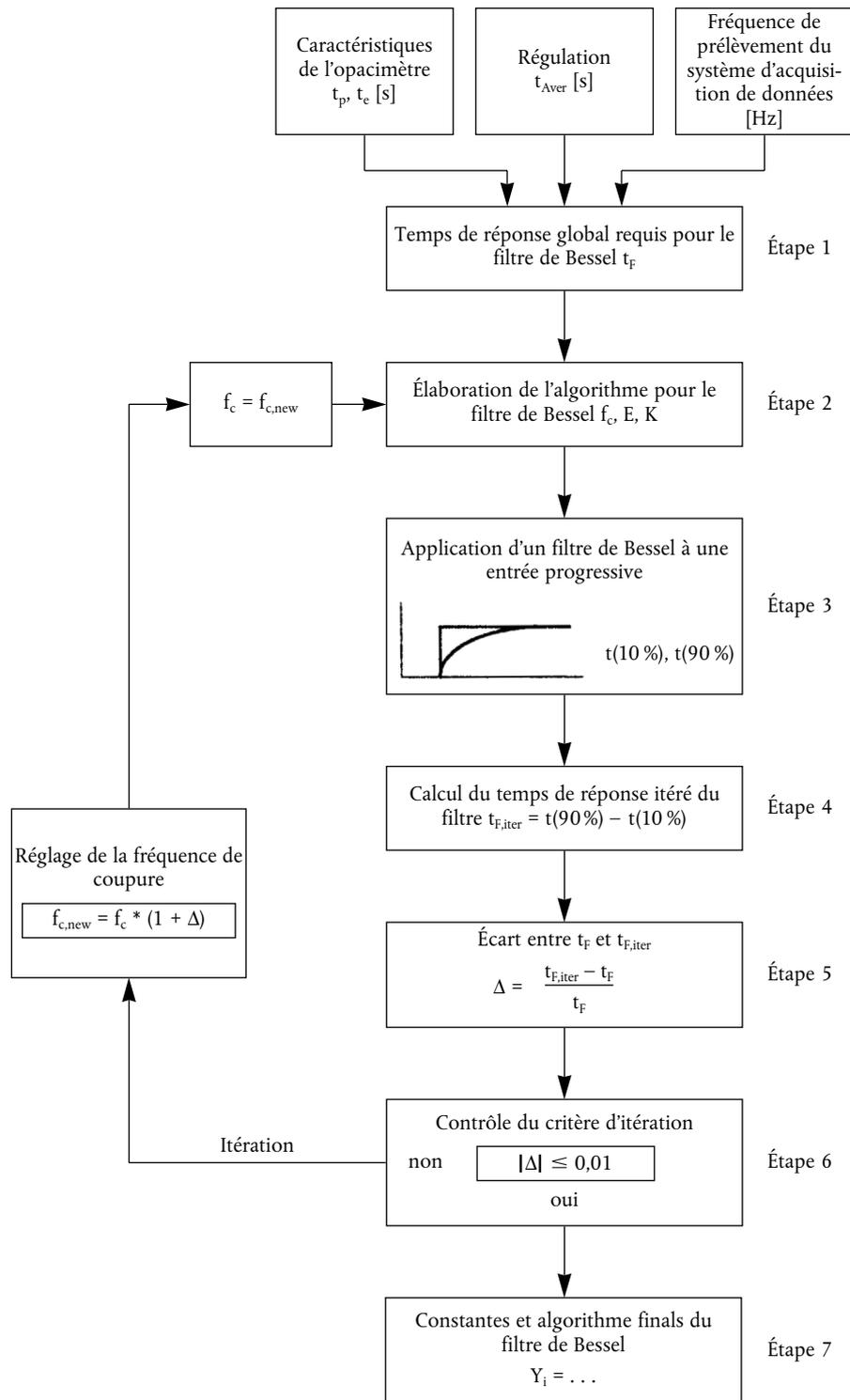
$$t_f = \sqrt{t_{\text{Moyenne}}^2 - t_p^2 - t_e^2}$$

Par définition, le temps de réponse du filtre t_f est le temps de montée d'un signal de sortie filtré entre 10% et 90% par rapport à un signal d'entrée progressif. Par conséquent, la fréquence de coupure du filtre de Bessel doit être itérée de manière que le temps de réponse du filtre de Bessel s'inscrive dans le temps de montée requis.



La figure a illustre les traces d'un signal d'entrée progressif et du signal de sortie traité avec le filtre de Bessel ainsi que le temps de réponse du filtre de Bessel (t_F).

L'élaboration de l'algorithme final du filtre de Bessel est un processus multi-étapes qui impose d'exécuter plusieurs cycles d'itération. Le schéma de la procédure d'itération est présenté ci-dessous.



2.2. Calcul de l'algorithme de Bessel

Cet exemple explique l'élaboration en plusieurs étapes d'un algorithme de Bessel selon la procédure d'itération susmentionnée qui se fonde sur l'annexe III, appendice 1, point 6.1.

Les caractéristiques suivantes sont supposées pour l'opacimètre et le système d'acquisition des données:

- temps de réponse physique t_p 0,15 s
- temps de réponse électrique t_e 0,05 s
- temps de réponse global t_{Moyenne} 1,00 s (par définition dans la présente directive)
- fréquence de prélèvement 150 Hz

Étape 1 Temps de réponse requis pour le filtre de Bessel t_F :

$$t_F = \sqrt{1^2 - (0,15^2 + 0,05^2)} = 0,987421 \text{ s}$$

Étape 2 Évaluation de la fréquence de coupure et calcul des constantes de Bessel E, K pour la première itération:

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

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

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

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

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

Ce qui donne l'algorithme de Bessel:

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

où S_i représente les valeurs du signal d'entrée progressif («0» ou «1») et Y_i les valeurs filtrées du signal de sortie.

Étape 3 Application du filtre de Bessel au signal d'entrée progressif:

le temps de réponse du filtre de Bessel t_F est défini comme le temps de montée du signal de sortie filtré entre 10% et 90% par rapport à un signal d'entrée progressif. Un filtre de Bessel doit être appliqué à un signal d'entrée progressif à l'aide des valeurs ci-dessous de f_c , E et K afin de déterminer les temps de 10% (t_{10}) et de 90% (t_{90}).

Le tableau B reprend les indices, le temps et les valeurs d'un signal d'entrée progressif ainsi que les valeurs résultantes du signal de sortie filtré pour les première et seconde itérations. Les points adjacents à t_{10} et t_{90} sont indiqués en caractères gras.

Dans la première itération du tableau B, les valeurs à 10% et 90% surviennent respectivement entre les indices 30 et 31 et les indices 191 et 192. Pour calculer $t_{F, \text{itér.}}$, les valeurs t_{10} et t_{90} exactes sont déterminées comme suit par interpolation linéaire entre les points de mesure adjacents:

$$t_{10} = t_{\text{inf.}} + \Delta t * (0,1 - \text{out}_{\text{inf.}}) / (\text{out}_{\text{sup.}} - \text{out}_{\text{inf.}})$$

$$t_{90} = t_{\text{inf.}} + \Delta t * (0,9 - \text{out}_{\text{inf.}}) / (\text{out}_{\text{sup.}} - \text{out}_{\text{inf.}})$$

où $\text{out}_{\text{sup.}}$ et $\text{out}_{\text{inf.}}$ sont respectivement les points adjacents du signal de sortie traité avec le filtre de Bessel et $t_{\text{inf.}}$ est le temps du point temporel adjacent indiqué au tableau B.

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

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

Étape 4 Temps de réponse du filtre lors du premier cycle d'itération:

$$t_{F, \text{itér.}} = 1,276147 - 0,200945 = 1,075202 \text{ s}$$

Étape 5 Écart entre le temps de réponse du filtre requis et obtenu lors du premier cycle d'itération:

$$\Delta = (1,075202 - 0,987421)/0,987421 = 0,081641$$

Étape 6 Contrôle du critère d'itération:

$|\Delta| \leq 0,01$ est requis. Comme $0,081641 > 0,01$, le critère d'itération n'est pas satisfait et un nouveau cycle d'itération doit être démarré. Pour ce cycle d'itération, une nouvelle fréquence de coupure est calculée comme suit à partir de f_c et de Δ :

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

Cette nouvelle fréquence de coupure est employée dans le second cycle d'itération qui débute de nouveau à l'étape 2. L'itération doit être répétée jusqu'à ce que le critère d'itération soit satisfait. Les valeurs résultantes pour les premier et second cycles d'itération sont récapitulées au tableau A.

Tableau A

Valeurs pour les première et seconde itérations

| Paramètre | | 1 ^{re} itération | 2 ^e itération |
|------------------------|------|---------------------------|--------------------------|
| f_c | (Hz) | 0,318152 | 0,344126 |
| E | (-) | 7,07948 E-5 | 8,272777 E-5 |
| K | (-) | 0,970783 | 0,968410 |
| t_{10} | (s) | 0,200945 | 0,185523 |
| t_{90} | (s) | 1,276147 | 1,179562 |
| $t_{F,\text{itér.}}$ | (s) | 1,075202 | 0,994039 |
| Δ | (-) | 0,081641 | 0,006657 |
| $f_{c,\text{nouveau}}$ | (Hz) | 0,344126 | 0,346417 |

Étape 7 Algorithme final de Bessel:

une fois le critère d'itération satisfait, les constantes finales du filtre de Bessel et l'algorithme final de Bessel sont calculés conformément à l'étape 2. Dans cet exemple, le critère d'itération a été satisfait après la seconde itération ($\Delta = 0,006657 \leq 0,01$). L'algorithme final sert ensuite à déterminer les valeurs moyennées des fumées (voir le point 2.3 ci-après).

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

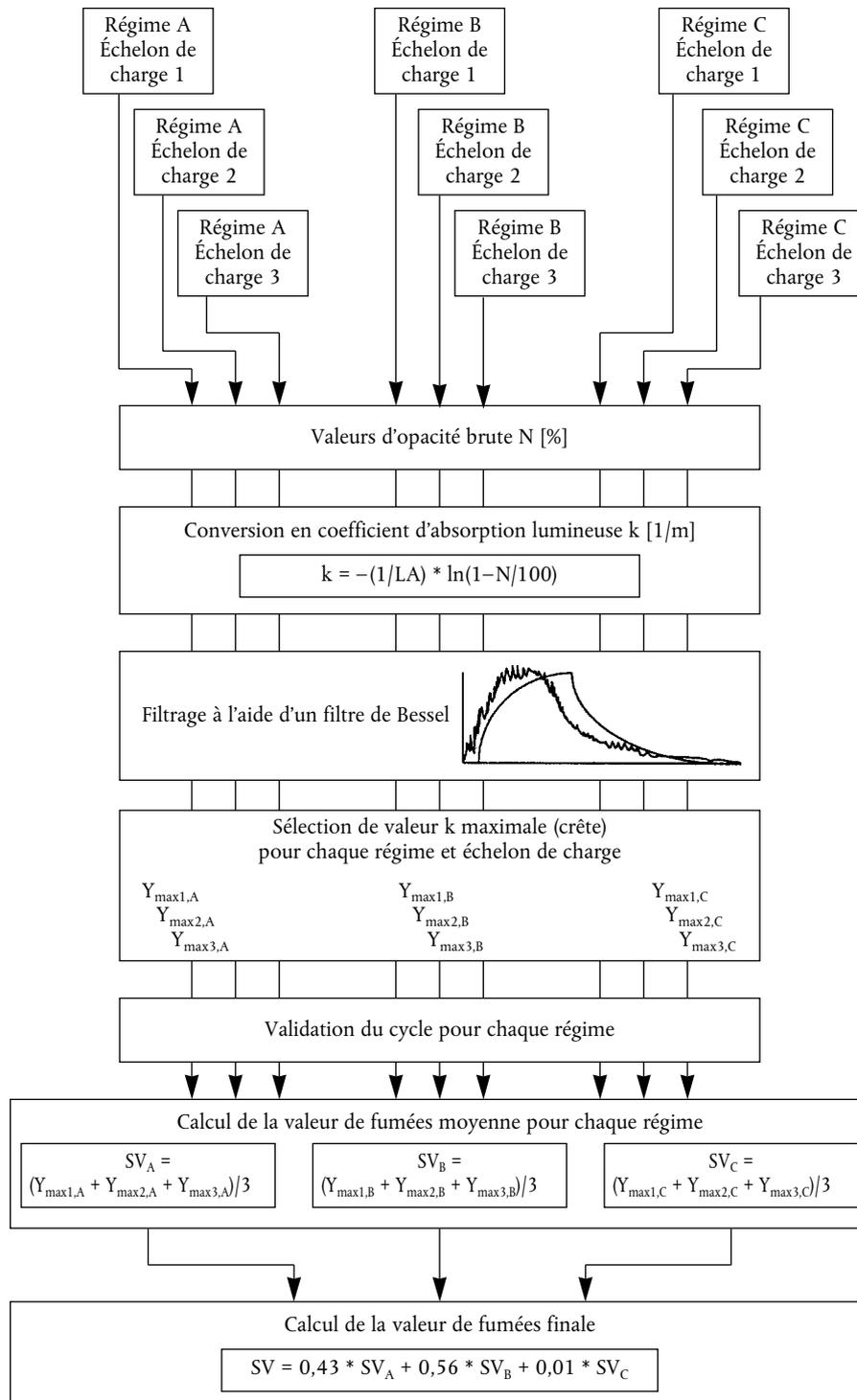
Tableau B

Valeurs du signal d'entrée progressif et du signal de sortie traité avec le filtre de Bessel pour les première et seconde itérations

| Indice i [-] | Temps [s] | Signal d'entrée progressif S_i [-] | Signal de sortie filtré Y_i [-] | |
|-----------------|--------------|---|---|--------------------------|
| | | | 1 ^{re} itération | 2 ^e itération |
| -2 | -0,013333 | 0 | 0,000000 | 0,000000 |
| -1 | -0,006667 | 0 | 0,000000 | 0,000000 |
| 0 | 0,000000 | 1 | 0,000071 | 0,000083 |
| 1 | 0,006667 | 1 | 0,000352 | 0,000411 |
| 2 | 0,013333 | 1 | 0,000908 | 0,001060 |
| 3 | 0,020000 | 1 | 0,001731 | 0,002019 |
| 4 | 0,026667 | 1 | 0,002813 | 0,003278 |
| 5 | 0,033333 | 1 | 0,004145 | 0,004828 |
| ~ | ~ | ~ | ~ | ~ |
| 24 | 0,160000 | 1 | 0,067877 | 0,077876 |
| 25 | 0,166667 | 1 | 0,072816 | 0,083476 |
| 26 | 0,173333 | 1 | 0,077874 | 0,089205 |
| 27 | 0,180000 | 1 | 0,083047 | 0,095056 |
| 28 | 0,186667 | 1 | 0,088331 | 0,101024 |
| 29 | 0,193333 | 1 | 0,093719 | 0,107102 |
| 30 | 0,200000 | 1 | 0,099208 | 0,113286 |
| 31 | 0,206667 | 1 | 0,104794 | 0,119570 |
| 32 | 0,213333 | 1 | 0,110471 | 0,125949 |
| 33 | 0,220000 | 1 | 0,116236 | 0,132418 |
| 34 | 0,226667 | 1 | 0,122085 | 0,138972 |
| 35 | 0,233333 | 1 | 0,128013 | 0,145605 |
| 36 | 0,240000 | 1 | 0,134016 | 0,152314 |
| 37 | 0,246667 | 1 | 0,140091 | 0,159094 |
| ~ | ~ | ~ | ~ | ~ |
| 175 | 1,166667 | 1 | 0,862416 | 0,895701 |
| 176 | 1,173333 | 1 | 0,864968 | 0,897941 |
| 177 | 1,180000 | 1 | 0,867484 | 0,900145 |
| 178 | 1,186667 | 1 | 0,869964 | 0,902312 |
| 179 | 1,193333 | 1 | 0,872410 | 0,904445 |
| 180 | 1,200000 | 1 | 0,874821 | 0,906542 |
| 181 | 1,206667 | 1 | 0,877197 | 0,908605 |
| 182 | 1,213333 | 1 | 0,879540 | 0,910633 |
| 183 | 1,220000 | 1 | 0,881849 | 0,912628 |
| 184 | 1,226667 | 1 | 0,884125 | 0,914589 |
| 185 | 1,233333 | 1 | 0,886367 | 0,916517 |
| 186 | 1,240000 | 1 | 0,888577 | 0,918412 |
| 187 | 1,246667 | 1 | 0,890755 | 0,920276 |
| 188 | 1,253333 | 1 | 0,892900 | 0,922107 |
| 189 | 1,260000 | 1 | 0,895014 | 0,923907 |
| 190 | 1,266667 | 1 | 0,897096 | 0,925676 |
| 191 | 1,273333 | 1 | 0,899147 | 0,927414 |
| 192 | 1,280000 | 1 | 0,901168 | 0,929121 |
| 193 | 1,286667 | 1 | 0,903158 | 0,930799 |
| 194 | 1,293333 | 1 | 0,905117 | 0,932448 |
| 195 | 1,300000 | 1 | 0,907047 | 0,934067 |
| ~ | ~ | ~ | ~ | ~ |

2.3. **Calcul des valeurs de fumées**

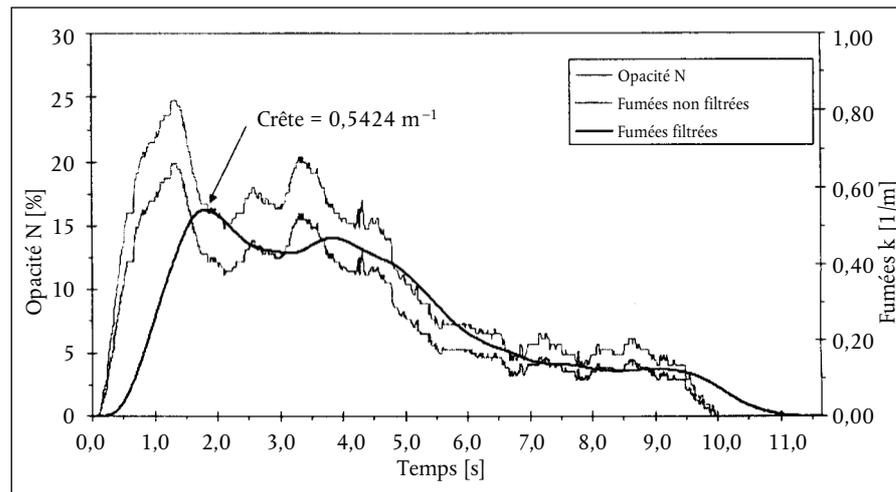
La procédure générale de détermination de la valeur finale de fumées est présentée dans le schéma ci-dessous.



Les traces du signal d'opacité brute non mesuré et des coefficients d'absorption lumineuse non filtrée et filtrée (valeur k) du premier échelon de charge d'un essai ELR sont représentées à la figure b et la valeur maximale $Y_{\max 1,A}$ (crête) de la trace k filtrée est indiquée. Par ailleurs, le tableau C contient les valeurs numériques de l'indice i , du temps (fréquence de prélèvement de 150 Hz), de l'opacité brute ainsi que la valeur k non filtrée et filtrée. Le filtrage a été réalisé en appliquant les constantes de l'algorithme de Bessel élaboré au point 2.2 de la présente annexe. Vu l'énorme volume de données, seuls les tronçons de la trace de fumées qui entourent le début et la crête sont repris.

Figure b

Traces de l'opacité N, des fumées non filtrées k et des fumées filtrées k qui ont été mesurées



La valeur de crête ($i = 272$) est calculée en supposant les données suivantes du tableau C. Toutes les autres valeurs individuelles des fumées sont calculées de la même manière. S_{-1} , S_{-2} , Y_{-1} et Y_{-2} sont mis à zéro pour lancer l'algorithme.

| | |
|------------------------|----------|
| L_A (m) | 0,430 |
| Indice i | 272 |
| N (%) | 16,783 |
| S_{271} (m^{-1}) | 0,427392 |
| S_{270} (m^{-1}) | 0,427532 |
| Y_{271} (m^{-1}) | 0,542383 |
| Y_{270} (m^{-1}) | 0,542337 |

Calcul de la valeur k (annexe III, appendice 1, point 6.3.1):

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

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

Calcul de la moyenne de Bessel des fumées (annexe III, appendice 1, point 6.3.2):

Les constantes de Bessel du point 2.2 ci-dessus sont utilisées dans l'équation ci-dessous. La valeur k non filtrée effective, qui est calculée ci-dessus, correspond à S_{272} (S_i). S_{271} (S_{i-1}) et S_{270} (S_{i-2}) sont les deux valeurs k non filtrées précédentes tandis que Y_{271} (Y_{i-1}) et Y_{270} (Y_{i-2}) sont les deux valeurs k filtrées précédentes.

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

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

Calcul de la valeur finale de fumées (annexe III, appendice 1, point 6.3.3):

Pour le calcul ultérieur, la valeur k filtrée maximale est prélevée à partir de chaque trace de fumées. Les valeurs suivantes sont supposées.

| Régime | $Y_{\max} \text{ (m}^{-1}\text{)}$ | | |
|--------|------------------------------------|---------|---------|
| | Cycle 1 | Cycle 2 | Cycle 3 |
| A | 0,5424 | 0,5435 | 0,5587 |
| B | 0,5596 | 0,5400 | 0,5389 |
| C | 0,4912 | 0,5207 | 0,5177 |

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

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

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

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

Validation du cycle (annexe III, appendice 1, point 3.4)

Avant de calculer SV, le cycle doit être validé en calculant les écarts types relatifs des fumées des trois cycles pour chaque régime.

| Régime | SV moyen (m^{-1}) | Écart type absolu (m^{-1}) | Écart type relatif (%) |
|--------|------------------------------|---------------------------------------|------------------------|
| A | 0,5482 | 0,0091 | 1,7 |
| B | 0,5462 | 0,0116 | 2,1 |
| C | 0,5099 | 0,0162 | 3,2 |

Dans cet exemple, le critère de validation de 15% est satisfait pour chaque régime.

Tableau C

Valeurs d'opacité N, valeur k filtrée et non filtrée au début d'un échelon de charge

| Indice i [-] | Temps [s] | Opacité N [%] | Valeur k non filtrée [m ⁻¹] | Valeur k filtrée [m ⁻¹] |
|-----------------|--------------|------------------|--|--|
| -2 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 |
| -1 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 |
| 0 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 |
| 1 | 0,006667 | 0,020000 | 0,000465 | 0,000000 |
| 2 | 0,013333 | 0,020000 | 0,000465 | 0,000000 |
| 3 | 0,020000 | 0,020000 | 0,000465 | 0,000000 |
| 4 | 0,026667 | 0,020000 | 0,000465 | 0,000001 |
| 5 | 0,033333 | 0,020000 | 0,000465 | 0,000002 |
| 6 | 0,040000 | 0,020000 | 0,000465 | 0,000002 |
| 7 | 0,046667 | 0,020000 | 0,000465 | 0,000003 |
| 8 | 0,053333 | 0,020000 | 0,000465 | 0,000004 |
| 9 | 0,060000 | 0,020000 | 0,000465 | 0,000005 |
| 10 | 0,066667 | 0,020000 | 0,000465 | 0,000006 |
| 11 | 0,073333 | 0,020000 | 0,000465 | 0,000008 |
| 12 | 0,080000 | 0,020000 | 0,000465 | 0,000009 |
| 13 | 0,086667 | 0,020000 | 0,000465 | 0,000011 |
| 14 | 0,093333 | 0,020000 | 0,000465 | 0,000012 |
| 15 | 0,100000 | 0,192000 | 0,004469 | 0,000014 |
| 16 | 0,106667 | 0,212000 | 0,004935 | 0,000018 |
| 17 | 0,113333 | 0,212000 | 0,004935 | 0,000022 |
| 18 | 0,120000 | 0,212000 | 0,004935 | 0,000028 |
| 19 | 0,126667 | 0,343000 | 0,007990 | 0,000036 |
| 20 | 0,133333 | 0,566000 | 0,013200 | 0,000047 |
| 21 | 0,140000 | 0,889000 | 0,020767 | 0,000061 |
| 22 | 0,146667 | 0,929000 | 0,021706 | 0,000082 |
| 23 | 0,153333 | 0,929000 | 0,021706 | 0,000109 |
| 24 | 0,160000 | 1,263000 | 0,029559 | 0,000143 |
| 25 | 0,166667 | 1,455000 | 0,034086 | 0,000185 |
| 26 | 0,173333 | 1,697000 | 0,039804 | 0,000237 |
| 27 | 0,180000 | 2,030000 | 0,047695 | 0,000301 |
| 28 | 0,186667 | 2,081000 | 0,048906 | 0,000378 |
| 29 | 0,193333 | 2,081000 | 0,048906 | 0,000469 |
| 30 | 0,200000 | 2,424000 | 0,057067 | 0,000573 |
| 31 | 0,206667 | 2,475000 | 0,058282 | 0,000693 |
| 32 | 0,213333 | 2,475000 | 0,058282 | 0,000827 |
| 33 | 0,220000 | 2,808000 | 0,066237 | 0,000977 |
| 34 | 0,226667 | 3,010000 | 0,071075 | 0,001144 |
| 35 | 0,233333 | 3,253000 | 0,076909 | 0,001328 |
| 36 | 0,240000 | 3,606000 | 0,085410 | 0,001533 |
| 37 | 0,246667 | 3,960000 | 0,093966 | 0,001758 |
| 38 | 0,253333 | 4,455000 | 0,105983 | 0,002007 |
| 39 | 0,260000 | 4,818000 | 0,114836 | 0,002283 |
| 40 | 0,266667 | 5,020000 | 0,119776 | 0,002587 |
| ~ | ~ | ~ | ~ | ~ |

Valeurs d'opacité N, valeur k non filtrée et filtrée autour de $Y_{\max 1,A}$ (= valeur de crête, indiquée en caractères gras)

| Indice i [-] | Temps [s] | Opacité N [%] | Valeur k non filtrée [m ⁻¹] | Valeur k filtrée [m ⁻¹] |
|-----------------|--------------|------------------|--|--|
| ~ | ~ | ~ | ~ | ~ |
| 259 | 1,726667 | 17,182000 | 0,438429 | 0,538856 |
| 260 | 1,733333 | 16,949000 | 0,431896 | 0,539423 |
| 261 | 1,740000 | 16,788000 | 0,427392 | 0,539936 |
| 262 | 1,746667 | 16,798000 | 0,427671 | 0,540396 |
| 263 | 1,753333 | 16,788000 | 0,427392 | 0,540805 |
| 264 | 1,760000 | 16,798000 | 0,427671 | 0,541163 |
| 265 | 1,766667 | 16,798000 | 0,427671 | 0,541473 |
| 266 | 1,773333 | 16,788000 | 0,427392 | 0,541735 |
| 267 | 1,780000 | 16,788000 | 0,427392 | 0,541951 |
| 268 | 1,786667 | 16,798000 | 0,427671 | 0,542123 |
| 269 | 1,793333 | 16,798000 | 0,427671 | 0,542251 |
| 270 | 1,800000 | 16,793000 | 0,427532 | 0,542337 |
| 271 | 1,806667 | 16,788000 | 0,427392 | 0,542383 |
| 272 | 1,813333 | 16,783000 | 0,427252 | 0,542389 |
| 273 | 1,820000 | 16,780000 | 0,427168 | 0,542357 |
| 274 | 1,826667 | 16,798000 | 0,427671 | 0,542288 |
| 275 | 1,833333 | 16,778000 | 0,427112 | 0,542183 |
| 276 | 1,840000 | 16,808000 | 0,427951 | 0,542043 |
| 277 | 1,846667 | 16,768000 | 0,426833 | 0,541870 |
| 278 | 1,853333 | 16,010000 | 0,405750 | 0,541662 |
| 279 | 1,860000 | 16,010000 | 0,405750 | 0,541418 |
| 280 | 1,866667 | 16,000000 | 0,405473 | 0,541136 |
| 281 | 1,873333 | 16,010000 | 0,405750 | 0,540819 |
| 282 | 1,880000 | 16,000000 | 0,405473 | 0,540466 |
| 283 | 1,886667 | 16,010000 | 0,405750 | 0,540080 |
| 284 | 1,893333 | 16,394000 | 0,416406 | 0,539663 |
| 285 | 1,900000 | 16,394000 | 0,416406 | 0,539216 |
| 286 | 1,906667 | 16,404000 | 0,416685 | 0,538744 |
| 287 | 1,913333 | 16,394000 | 0,416406 | 0,538245 |
| 288 | 1,920000 | 16,394000 | 0,416406 | 0,537722 |
| 289 | 1,926667 | 16,384000 | 0,416128 | 0,537175 |
| 290 | 1,933333 | 16,010000 | 0,405750 | 0,536604 |
| 291 | 1,940000 | 16,010000 | 0,405750 | 0,536009 |
| 292 | 1,946667 | 16,000000 | 0,405473 | 0,535389 |
| 293 | 1,953333 | 16,010000 | 0,405750 | 0,534745 |
| 294 | 1,960000 | 16,212000 | 0,411349 | 0,534079 |
| 295 | 1,966667 | 16,394000 | 0,416406 | 0,533394 |
| 296 | 1,973333 | 16,394000 | 0,416406 | 0,532691 |
| 297 | 1,980000 | 16,192000 | 0,410794 | 0,531971 |
| 298 | 1,986667 | 16,000000 | 0,405473 | 0,531233 |
| 299 | 1,993333 | 16,000000 | 0,405473 | 0,530477 |
| 300 | 2,000000 | 16,000000 | 0,405473 | 0,529704 |
| ~ | ~ | ~ | ~ | ~ |

3. ESSAI ETC

3.1. Émissions de gaz (moteur Diesel)

Supposons les résultats d'essai suivants pour un système PDP-CVS.

| | |
|----------------------------|--------|
| V_0 (m ³ /tr) | 0,1776 |
| N_p (tr) | 23 073 |
| p_B (kPa) | 98,0 |
| p_1 (kPa) | 2,3 |
| T (K) | 322,5 |
| H_a (g/kg) | 12,8 |
| $NO_{x\ conc}$ (ppm) | 53,7 |
| $NO_{x\ concd}$ (ppm) | 0,4 |
| CO_{conc} (ppm) | 38,9 |
| CO_{concd} (ppm) | 1,0 |
| HC_{conc} (ppm) | 9,00 |
| HC_{concd} (ppm) | 3,02 |
| $CO_{2,conc}$ (%) | 0,723 |
| $W_{eff.}$ (kWh) | 62,72 |

Calcul du débit de gaz d'échappement dilués (annexe III, appendice 2, point 4.1):

$$M_{TOTW} = 1,293 * 0,1776 * 23\ 073 * (98,0 - 2,3) * 273 / (101,3 * 322,5) \\ = 4\ 237,2\ kg$$

Calcul du facteur de correction des NO_x (annexe III, appendice 2, point 4.2):

$$K_{H,D} = \frac{1}{1 - 0,0182 * (12,8 - 10,71)} = 1,039$$

Calcul des concentrations corrigées pour l'air de dilution (annexe III, appendice 2, point 4.3.1.1):

Supposons un carburant Diesel de composition $C_{12}H_{18}$.

$$F_S = 100 * \frac{1}{1 + (1,8/2) + [3,76 * (1 + (1,8/4))]} = 13,6$$

$$DF = \frac{13,6}{0,723 + (9,00 + 38,9) * 10^{-4}} = 18,69$$

$$NO_{x\ conc} = 53,7 - 0,4 * (1 - (1/18,69)) = 53,3\ ppm$$

$$CO_{conc} = 38,9 - 1,0 * (1 - (1/18,69)) = 37,9\ ppm$$

$$HC_{conc} = 9,00 - 3,02 * (1 - (1/18,69)) = 6,14\ ppm$$

Calcul du débit massique d'émission (annexe III, appendice 2, point 4.3.1):

$$NO_{x\ masse} = 0,001587 * 53,3 * 1,039 * 4\ 237,2 = 372,391\ g$$

$$CO_{masse} = 0,000966 * 37,9 * 4\ 237,2 = 155,129\ g$$

$$HC_{masse} = 0,000479 * 6,14 * 4\ 237,2 = 12,462\ g$$

Calcul des émissions spécifiques (annexe III, appendice 2, point 4.4):

$$\overline{NO_x} = 372,391/62,72 = 5,94\ g/kWh$$

$$\overline{CO} = 155,129/62,72 = 2,47\ g/kWh$$

$$\overline{HC} = 12,462/62,72 = 0,199\ g/kWh$$

3.2. **Émissions de particules (moteur Diesel)**

Supposons les résultats d'essai suivants pour un système PDP-CVS à dilution double.

| | |
|------------------|---------|
| M_{TOTW} (kg) | 4 237,2 |
| $M_{f,p}$ (mg) | 3,030 |
| $M_{f,b}$ (mg) | 0,044 |
| M_{TOT} (kg) | 2,159 |
| M_{SEC} (kg) | 0,909 |
| M_d (mg) | 0,341 |
| M_{DIL} (kg) | 1,245 |
| DF | 18,69 |
| $W_{eff.}$ (kWh) | 62,72 |

Calcul des émissions massiques (annexe III, appendice 2, point 5.1):

$$M_f = 3,030 + 0,044 = 3,074 \text{ mg}$$

$$M_{SAM} = 2,159 - 0,909 = 1,250 \text{ kg}$$

$$PT_{masse} = \frac{3,074}{1,250} * \frac{4\ 237,2}{1\ 000} = 10,42 \text{ g}$$

Calcul des émissions massiques corrigées pour l'air de dilution (annexe III, appendice 2, point 5.1):

$$PT_{masse} = \left[\frac{3,074}{1,250} - \left(\frac{0,341}{1,245} * \left(1 - \frac{1}{18,69} \right) \right) \right] * \frac{4\ 237,2}{1\ 000} = 9,32 \text{ g}$$

Calcul des émissions spécifiques (annexe III, appendice 2, point 5.2):

$$\overline{PT} = 10,42/62,72 = 0,166 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{PT} = 9,32/62,72 = 0,149 \text{ g/kWh, avec correction pour l'air de dilution}$$

3.3. **Émissions de gaz (moteur fonctionnant au gaz naturel comprimé)**

Supposons les résultats d'essai suivants pour un système PDP-CVS à dilution double.

| | |
|--------------------|---------|
| M_{TOTW} (kg) | 4 237,2 |
| H_a (g/kg) | 12,8 |
| NO_x conce (ppm) | 17,2 |
| NO_x concd (ppm) | 0,4 |
| CO_{conce} (ppm) | 44,3 |
| CO_{concd} (ppm) | 1,0 |
| HC_{conce} (ppm) | 27,0 |
| HC_{concd} (ppm) | 3,02 |
| CH_4 conce (ppm) | 18,0 |
| CH_4 concd (ppm) | 1,7 |
| $CO_{2,conce}$ (%) | 0,723 |
| $W_{eff.}$ (kWh) | 62,72 |

Calcul du facteur de correction des NO_x (annexe III, appendice 2, point 4.2):

$$K_{H,G} = \frac{1}{1 - 0,0329 * (12,8 - 10,71)} = 1,074$$

Calcul de la concentration des NMHC (annexe III, appendice 2, point 4.3.1):

a) Méthode CG

$$\text{NMHC}_{\text{conce}} = 27,0 - 18,0 = 9,0 \text{ ppm}$$

b) Méthode NMC

Supposons un rendement du méthane de 0,04 et un rendement de l'éthane de 0,98 (voir l'annexe III, appendice 5, point 1.8.4).

$$\text{NMHC}_{\text{conce}} = \frac{27,0 * (1 - 0,04) - 18,0}{0,98 - 0,04} = 8,4 \text{ ppm}$$

Calcul des concentrations corrigées pour l'air de dilution (annexe III, appendice 2, point 4.3.1.1):

Supposons un carburant de référence G₂₀ (méthane à 100%) de composition C₁H₄.

$$F_S = 100 * \frac{1}{1 + (4/2) + [3,76 * (1 + (4/4))]} = 9,5$$

$$DF = \frac{9,5}{0,723 + (27,0 + 44,3) * 10^{-4}} = 13,01$$

Pour les NMHC, la concentration de l'air de dilution est la différence entre HC_{concd} et CH₄ concd.

$$\text{NO}_x \text{ conc} = 17,2 - 0,4 * (1 - (1/13,01)) = 16,8 \text{ ppm}$$

$$\text{CO}_{\text{conc}} = 44,3 - 1,0 * (1 - (1/13,01)) = 43,4 \text{ ppm}$$

$$\text{NMHC}_{\text{conc}} = 8,4 - 1,32 * (1 - (1/13,01)) = 7,2 \text{ ppm}$$

$$\text{CH}_4 \text{ conc} = 18,0 - 1,7 * (1 - (1/13,01)) = 16,4 \text{ ppm}$$

Calcul du débit massique des émissions (annexe III, appendice 2, point 4.3.1):

$$\text{NO}_x \text{ masse} = 0,001587 * 16,8 * 1,074 * 4 237,2 = 121,330 \text{ g}$$

$$\text{CO}_{\text{masse}} = 0,000966 * 43,4 * 4 237,2 = 177,642 \text{ g}$$

$$\text{NMHC}_{\text{masse}} = 0,000502 * 7,2 * 4 237,2 = 15,315 \text{ g}$$

$$\text{CH}_4 \text{ masse} = 0,000554 * 16,4 * 4 237,2 = 38,498 \text{ g}$$

Calcul des émissions spécifiques (annexe III, appendice 2, point 4.4):

$$\overline{\text{NO}_x} = 121,330/62,72 = 1,93 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{\text{CO}} = 177,642/62,72 = 2,83 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{\text{NMHC}} = 15,315/62,72 = 0,244 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{\text{CH}_4} = 38,498/62,72 = 0,614 \text{ g/kWh}$$

4. FACTEUR DE RECALAGE λ (S_λ)

4.1. Calcul du facteur de recalage λ (S_λ)⁽¹⁾

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\% \text{ d'inertes}}{100}\right) \left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{\text{O}_2^*}{100}}$$

où:

S_λ facteur de recalage λ ;

% d'inertes % en volume de gaz inertes dans le carburant (c'est-à-dire N₂, CO₂, He, etc.);

O₂* en volume d'oxygène initial dans le carburant;

⁽¹⁾ Rapports stoechiométriques air/carburant de carburants automobiles — SAE J1829, juin 1987. John B. Heywood, *Internal Combustion Engine Fundamentals*, McGraw-Hill, 1988, chapitre 3.4 «Combustion stoichiometry» (pages 68-72).

n et m font référence au C_nH_m moyen qui représente les hydrocarbures du carburant, c'est-à-dire:

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{CH_4\%}{100} \right] + 2 \times \left[\frac{C_2\%}{100} \right] + 3 \times \left[\frac{C_3\%}{100} \right] + 4 \times \left[\frac{C_4\%}{100} \right] + 5 \times \left[\frac{C_5\%}{100} \right] + \dots}{1 - \frac{\% \text{ de diluant}}{100}}$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{CH_4\%}{100} \right] + 4 \times \left[\frac{C_2H_4\%}{100} \right] + 6 \times \left[\frac{C_2H_6\%}{100} \right] + \dots + 8 \times \left[\frac{C_3H_8\%}{100} \right] + \dots}{1 - \frac{\% \text{ de diluant}}{100}}$$

où:

CH_4 = % en volume de méthane dans le carburant;

C_2 = % en volume de tous les hydrocarbures C_2 (p. ex. C_2H_6 , C_2H_4 , etc.) dans le carburant;

C_3 = % en volume de tous les hydrocarbures C_3 (p. ex. C_3H_8 , C_3H_6 , etc.) dans le carburant;

C_4 = % en volume de tous les hydrocarbures C_4 (p. ex. C_4H_{10} , C_4H_8 , etc.) dans le carburant;

C_5 = % en volume de tous les hydrocarbures C_5 (p. ex. C_5H_{12} , C_5H_{10} , etc.) dans le carburant;

diluant = % en volume de gaz de dilution dans le carburant (c'est-à-dire O_2^* , N_2 , CO_2 , He, etc.).

4.2. Exemples de calcul du facteur de réajustement λS_λ :

Exemple 1: G_{25} : $CH_4 = 86\%$, $N_2 = 14\%$ (en volume)

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{CH_4\%}{100} \right] + 2 \times \left[\frac{C_2\%}{100} \right] + \dots}{1 - \frac{\% \text{ de diluant}}{100}} = \frac{1 \times 0,86}{1 - \frac{14}{100}} = \frac{0,86}{0,86} = 1$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{CH_4\%}{100} \right] + 4 \times \left[\frac{C_2H_4\%}{100} \right] + \dots}{1 - \frac{\% \text{ de diluant}}{100}} = \frac{4 \times 0,86}{0,86} = 4$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\% \text{ d'inertes}}{100}\right) \left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{14}{100}\right) \times \left(1 + \frac{4}{4}\right)} = 1,16$$

Exemple 2: G_{xy} : $CH_4 = 87\%$, $C_2H_6 = 13\%$ (en volume)

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{CH_4\%}{100} \right] + 2 \times \left[\frac{C_2\%}{100} \right] + \dots}{1 - \frac{\% \text{ de diluant}}{100}} = \frac{1 \times 0,87 + 2 \times 0,13}{1 - \frac{0}{100}} = \frac{1,13}{1} = 1,13$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{CH_4\%}{100} \right] + 6 \times \left[\frac{C_2H_6\%}{100} \right] + \dots}{1 - \frac{\% \text{ de diluant}}{100}} = \frac{4 \times 0,87 + 6 \times 0,13}{1} = 4,26$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\% \text{ d'inertes}}{100}\right) \left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{0}{100}\right) \times \left(1,13 + \frac{4,26}{4}\right)} = 0,911$$

Exemple 3: États-Unis: CH₄ = 89 %, C₂H₆ = 4,5 %, C₃H₈ = 2,3 %, C₆H₁₄ = 0,2 %, O₂ = 0,6 %, N₂ = 4 %

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{\text{CH}_4\%}{100} \right] + 2 \times \left[\frac{\text{C}_2\%}{100} \right] + \dots}{1 - \frac{\% \text{ de diluant}}{100}} = \frac{1 \times 0,89 + 2 \times 0,045 + 3 \times 0,023 + 4 \times 0,002}{1 - \frac{(0,64 + 4)}{100}} = 1,11$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{\text{CH}_4\%}{100} \right] + 4 \times \left[\frac{\text{C}_2\text{H}_4\%}{100} \right] + 6 \times \left[\frac{\text{C}_2\text{H}_6\%}{100} \right] + \dots + 8 \times \left[\frac{\text{C}_3\text{H}_8\%}{100} \right]}{1 - \frac{\% \text{ de diluant}}{100}}$$

$$= \frac{4 \times 0,89 + 4 \times 0,045 + 8 \times 0,023 + 14 \times 0,002}{1 - \frac{0,6 + 4}{100}} = 4,24$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\% \text{ d'inertes}}{100}\right) \left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{\text{O}_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{4}{100}\right) \times \left(1,11 + \frac{4,24}{4}\right) - \frac{0,6}{100}} = 0,96$$
