



COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES

Bruxelles, le 27.12.2002

COM(2002) 765 final

2002/0304 (COD)

Proposition de

DIRECTIVE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL

**modifiant la directive 97/68/CE sur le rapprochement des législations des États membres
relatives aux mesures contre les émissions de gaz et de particules polluants provenant
des moteurs à combustion interne destinés aux engins mobiles non routiers**

(présentée par la Commission)

EXPOSÉ DES MOTIFS

1. OBJECTIF DE LA PROPOSITION

Les exigences en matière d'émissions de polluants atmosphériques provenant de moteurs à allumage par compression destinés aux engins mobiles non routiers et d'une puissance de 18 à 560 kW sont couvertes par la directive 97/68/CE. Cette directive prévoit deux phases de mise en œuvre des normes d'émission. Les normes d'émission de la phase I sont déjà entrées en vigueur pour toutes les gammes de puissance et celles de la phase II entrent en vigueur entre le 31 décembre 2000 et le 31 décembre 2003, en fonction de la gamme de puissance. En décembre 2000, la Commission, conformément au cinquième considérant de la directive, a présenté une proposition visant à inclure dans le champ d'application de la directive les petits moteurs (essence) à allumage commandé (19 kW ou moins). Cette proposition a fait l'objet d'un vote au Parlement européen en deuxième lecture en juillet 2002 et le Conseil a accepté le résultat de ce vote.

D'autre part, l'article 19 de la directive l'établissement de normes d'émission plus strictes pour les moteurs à allumage par compression. La Commission est invitée à soumettre une proposition visant à une réduction supplémentaire des valeurs limites d'émission, en tenant compte de l'ensemble des techniques disponibles pour contrôler les émissions polluantes ainsi que de la situation en matière de qualité de l'air.

2. CONTEXTE

2.1. Situation en matière de qualité de l'air

2.1.1. Remarques générales

D'après les conclusions du rapport sur le programme Auto-Oil II (COM(2000) 626 final), même si la qualité de l'air dans la Communauté s'est améliorée et continuera à s'améliorer grâce aux mesures déjà décidées, des problèmes environnementaux en matière de qualité de l'air subsisteront. Ce rapport mentionne en particulier la nécessité de lutter contre la formation d'ozone [émission d'oxydes d'azote (NO_x) et de composés organiques volatils (COV)] et les émissions de particules. En outre, il subsisterait dans certaines villes des problèmes locaux de qualité de l'air sous la forme de niveaux élevés de NO₂.

2.1.2. Émissions provenant de moteurs à allumage par compression montés sur des engins mobiles non routiers (EMNR)

En ce qui concerne les problèmes de qualité de l'air restants exposés dans le rapport sur le programme Auto-Oil II, les principaux polluants provenant des moteurs à allumage par compression sont les NO_x et les particules. Les émissions de COV (également des précurseurs de l'ozone) par ces moteurs sont généralement faibles.

Étant donné que les engins mobiles non routiers ne sont pas immatriculés, hormis quelques exceptions, et que l'utilisation réelle des différents types d'EMNR est extrêmement variable, il est difficile d'estimer avec un certain degré d'exactitude les émissions réelles de ces engins.

Au niveau communautaire, un inventaire assez complet a été dressé en 1994 dans le cadre de la mise en œuvre de la directive 97/68/CE. Bien que l'étude comporte des incertitudes et date

de quelques années maintenant, elle donne une estimation approximative des émissions provenant des engins mobiles non routiers, y compris les tracteurs. D'après cet inventaire, les émissions avant la phase I de la directive 97/68/CE étaient les suivantes:

Moteurs	NO _x (kt)	Particules (kt)
Tous les moteurs à allumage par compression couverts par la directive 97/68/CE et les tracteurs agricoles et forestiers	1 630	190

La mise en œuvre des phases I et II de la législation actuelle a permis de réduire ces émissions et les réduira encore. Il est raisonnable de penser que les émissions de NO_x et de particules d'un moteur de phase II sont environ 40 % et 60 %, respectivement, moins élevées que celles d'un moteur « non réglementé ». Cette réduction a été atténuée dans une certaine mesure par l'augmentation du nombre de moteurs. Sur la base de cet inventaire, les émissions provenant des engins mobiles non routiers équipés d'un moteur d'une puissance de 19 kW ou plus, y compris les tracteurs, seront celles indiquées dans le tableau ci-dessous lorsque tous les moteurs actuels auront été remplacés par des moteurs de phase II.

Pour donner une idée approximative du niveau global des émissions, les données du rapport final Auto-Oil II ont été incorporées dans ce tableau.

Sources	NO _x (kt)	Particules (kt)
Tous les moteurs à allumage par compression couverts par la directive 97/68/CE et les tracteurs agricoles et forestiers - estimations pour 2020 (tous les moteurs respectant les valeurs limites de la phase II)	1 000	80
Émissions totales 2020 (rapport AO II)	6 015	1 538
Émissions provenant des transports routiers 2020 (rapport AO II)	985	83 (1)

(1) Émissions à l'échappement uniquement

2.1.3. Conclusions

On peut conclure que des mesures supplémentaires doivent être prises pour s'attaquer aux problèmes de qualité de l'air dans le futur. L'article 19 de la directive 97/68/CE actuelle mentionne ceci comme l'une des conditions préalables pour la phase III. Même si l'on tient compte des incertitudes que présentent les inventaires d'émissions, on peut conclure également que les émissions des engins mobiles non routiers contribueront notablement à ces problèmes de qualité de l'air.

2.2. Technologie disponible à l'échelle mondiale

Comme la production de moteurs destinés aux engins mobiles non routiers est beaucoup plus faible que celle des moteurs destinés aux véhicules routiers, un marché mondial s'est développé pour ces produits. C'est la raison pour laquelle l'article 19 de la directive 97/68/CE actuelle mentionne la disponibilité de l'ensemble des techniques de réduction des émissions.

Principalement en raison du volume de production plus élevé, c'est généralement dans le domaine des applications routières que des techniques de pointe en matière de réduction des émissions de polluants par les moteurs à allumage par compression ont été mises au point. Moyennant les adaptations nécessaires, ces solutions techniques sont ensuite appliquées quelques années plus tard dans le secteur non routier. Par conséquent, lorsqu'il s'agit d'estimer la disponibilité future de techniques de pointe en matière de réduction des émissions, il est judicieux de prendre comme point de départ la législation et le développement technique dans le secteur routier. À cet égard, il ne faut pas oublier que les équipements non routiers sont utilisés dans un environnement différent et que les technologies routières ne peuvent pas toujours être transférées directement à tous les types d'applications non routières.

2.2.1. Législation applicable aux véhicules routiers en Europe

À la suite du programme Auto-Oil, les normes d'émission pour les véhicules routiers devront être resserrées par étapes. En 2005 seront introduites les normes Euro IV, avec des valeurs limites très basses pour les émissions de particules. Lors de la décision sur cette législation, on a prévu que, pour pouvoir respecter ces valeurs limites, les constructeurs devront utiliser des filtres à particules ou des techniques d'une efficacité comparable.

En ce qui concerne les poids lourds, des valeurs limites plus strictes pour les émissions de NO_x seront introduites en 2008, mais sous réserve d'une clause d'évaluation technique. Pour pouvoir respecter ces valeurs limites, les constructeurs devront utiliser un dispositif de post-traitement.

2.2.2. Législation applicable aux véhicules routiers aux États-Unis

En décembre 2000, l'administration américaine a décidé d'introduire une nouvelle série de valeurs limites pour les poids lourds. Ces valeurs limites entreront en vigueur en 2007. Pour les émissions de particules, la valeur limite est approximativement la même que la valeur Euro IV/V européenne et pour les émissions de NO_x, elle équivaut en principe à un sixième de la valeur limite Euro V. Par conséquent, pour pouvoir respecter ces normes américaines, les constructeurs doivent utiliser des dispositifs de post-traitement tant des émissions de particules que de celles de NO_x.

2.2.3. Législation applicable aux véhicules routiers au Japon

La législation en matière d'émission provenant des moteurs à allumage par compression des poids lourds était jusqu'à présent moins stricte au Japon qu'aux États-Unis et dans l'Union européenne. Toutefois, en raison de la détérioration de la qualité de l'air, le Japon a décidé de mettre en œuvre par étapes une législation ambitieuse visant à réduire les émissions de NO_x et de particules. La première étape, qui comprend des normes de même ordre de grandeur que les normes Euro IV, sera mise en œuvre en 2005 et une seconde étape est prévue dans le futur.

2.2.4. Conclusions

On peut conclure que la technologie permettant de limiter davantage les émissions de polluants atmosphériques par les moteurs à allumage par compression est en principe disponible ou le sera sur le marché mondial dans 3 à 5 ans (deuxième condition préalable prévue par l'article 19). Toutefois, comme cette technologie a été développée pour des applications routières, elle devra dans de nombreux cas être modifiée pour les applications non routières. En effet, il se peut que son utilisation dans certaines applications soit

techniquement impossible ou très onéreuse. Cette question sera examinée dans la suite du présent exposé des motifs.

3. CONSIDÉRATIONS IMPORTANTES POUR LA MISE EN ŒUVRE DE LA PHASE III

3.1. Harmonisation à l'échelle mondiale

Comme indiqué plus haut, les moteurs destinés aux EMNR sont construits dans une large mesure pour un marché mondial. Les volumes de production de différents types de moteurs sont faibles et les coûts de développement seraient dès lors difficiles à supporter si des exigences régionales différentes en matière d'émissions étaient introduites.

Par conséquent, l'harmonisation à l'échelle mondiale était une grande priorité au moment de l'élaboration de la législation actuelle. Cette harmonisation a d'ailleurs été réalisée dans la mesure où les exigences actuelles de la directive 97/68/CE en matière d'émissions sont comparables à celles des législations japonaise et américaine, ce qui permet aux constructeurs de moteurs d'offrir le même concept sur ces marchés.

En ce qui concerne la législation future, les États-Unis ont déjà décidé d'introduire des normes de niveau III pour les moteurs de 37 kW à 560 kW. Ces normes, qui ne couvrent que les émissions de gaz, seront mises en œuvre entre 2006 et 2008, en fonction de la gamme de puissance des moteurs. L'administration américaine examine actuellement de futures normes de niveau IV et, d'après les informations fournies par l'EPA (l'agence américaine pour la protection de l'environnement), une proposition de réglementation devrait être présentée au début de 2003. L'EPA a indiqué également qu'elle a l'intention de baser cette proposition sur ce qui a déjà été décidé pour les véhicules routiers, c'est-à-dire l'utilisation de dispositifs de post-traitement.

En outre, la législation américaine actuelle prescrit, pour la gamme de puissance 19-37 kW, des valeurs limites d'émission qui vont au-delà des valeurs limites actuelles pour la phase II dans la directive 97/68/CE.

Le Japon n'a jusqu'ici pas pris de décision concernant un renforcement supplémentaire des normes d'émission par rapport aux normes actuelles de la phase II de l'UE, mais il participe aux discussions internationales en cours entre les autorités et le secteur d'activité concerné.

3.1.1. Conclusions

L'harmonisation à l'échelle mondiale est une question de première importance pour ce qui est des futures normes d'émission. C'est pourquoi le processus de modification de la directive 97/68/CE en ce qui concerne les valeurs limites de la phase III a été discutée en très étroite collaboration avec le secteur d'activité concerné et les autorités américaines et japonaises. L'objectif était de créer une situation avantageuse pour tous permettant aux constructeurs d'exploiter un même concept sur un marché mondial et d'utiliser une partie de l'argent ainsi économisé pour arriver à un niveau élevé de protection de l'environnement.

3.2. Champ d'application de la directive

3.2.1. Puissance du moteur

La directive 97/68/CE actuelle couvre les moteurs à allumage par compression d'une puissance de 18 kW à 560 kW. La législation américaine correspondante couvre la gamme de puissance 19-560 kW. Dans la pratique, peu importe si la gamme de puissance commence à 19 ou 18 kW, mais dans l'intérêt de l'harmonisation, la directive 97/68/CE devrait prescrire 19 kW au lieu de 18 kW pour toute exigence future.

Aux États-Unis, il existe aussi une législation pour les moteurs de moins de 19 kW et de plus de 560 kW et, pour arriver à une harmonisation plus poussée, on pourrait considérer que la directive 97/68/CE devrait également prescrire des valeurs limites pour ces moteurs. Toutefois, l'inventaire mentionné au point 1.1.2 ci-dessus ne montre pas que ces moteurs contribuent de manière notable à l'ensemble des émissions dans l'UE. Par conséquent, il est actuellement difficile de justifier l'élaboration d'une législation pour cette catégorie de moteurs à allumage par compression. Néanmoins, dans l'intérêt d'une harmonisation renforcée des législations, cet aspect devrait être examiné plus en détail et inclus dans l'étude technique dont il est question au point 3.9 ci-après.

D'autre part, en vertu d'un amendement décidé récemment par le Conseil et le Parlement européen, la directive couvrira les petits moteurs à essence (19 kW ou moins).

3.2.2. Applications exemptées

Outre les limitations imposées par la puissance du moteur, certaines applications sont actuellement exclues du champ d'application de la directive:

les moteurs servant à propulser:

- les véhicules visés par la directive 70/156/CEE du Conseil et par la directive 92/61/CEE du Conseil,
- les tracteurs agricoles visés par la directive 74/150/CEE du Conseil.

et

les applications dans les:

- bateaux;
- locomotives ferroviaires;
- aéronefs;
- groupes électrogènes.
- véhicules de loisirs.

Pour les véhicules routiers, les normes existantes, et celles adoptées dans le futur, sont plus strictes que les normes applicables aux EMNR et il n'y a aucune raison de les inclure dans le champ d'application de la directive 97/68/CE.

Les tracteurs sont couverts par une autre directive (directive 2000/25/CE), dont les exigences essentiellement identiques à celles de la directive 97/68/CE (mais avec certaines différences au niveau des dates d'application). En vertu de la directive sur les tracteurs, dès que les dispositions visées à l'article 19 de la directive 97/68/CE seront adoptées, les valeurs limites et les dates d'application devront être adaptées sans délai. Par conséquent, dès qu'une décision formelle sur la modification de la directive 97/68/CE aura été prise, la Commission soumettra, par la procédure de comité, une proposition concernant les mêmes valeurs limites et dates d'entrée en vigueur à introduire dans la directive 2000/25/CE.

La modification mentionnée plus haut en ce qui concerne les moteurs à allumage commandé comprenait également des valeurs limites pour les groupes électrogènes et les autres moteurs à vitesse constante (tant les moteurs à allumage par compression que ceux à allumage commandé), l'exemption des groupes électrogènes étant ainsi supprimée.

Les véhicules de loisirs présentent un intérêt principalement en ce qui concerne les seuls moteurs à essence et ne sont donc pas pris en compte dans cette proposition de modification concernant les moteurs Diesel.

Les locomotives ferroviaires, définies comme des locomotives qui ne sont « pas conçues pour transporter elles-mêmes des voyageurs ou des marchandises », sont couvertes par une législation distincte aux États-Unis. Les moteurs qu'ils utilisent ont normalement une puissance supérieure à 560 kW. D'autres applications ferroviaires, par exemple les moteurs des autorails, sont couvertes par la législation EMNR normale.

La directive 97/68/CE actuelle ne contient pas de définition des « locomotives ». Pour une meilleure harmonisation, nous devrions utiliser la même définition que celle employée dans la législation américaine. La directive couvrirait alors les « petits » moteurs à usage ferroviaire.

La Commission a abordé cette question dans sa communication intitulée "Vers un espace ferroviaire européen intégré" (COM(2002) 18 final). En ce qui concerne la pollution atmosphérique, elle a déclaré qu'elle a l'intention d'inclure les « moteurs Diesel à faible puissance des locomotives » dans la directive 97/68/CE révisée et de faire procéder à l'élaboration de spécifications techniques d'interopérabilité pour les moteurs Diesel à grande puissance des locomotives.

On a estimé que les normes d'émission pour les applications ferroviaires devraient être basées sur un cycle d'essai distinct, car le mode de conduite d'un véhicule ferroviaire est bien sûr différent de celui d'une excavatrice ou d'un tracteur agricole, ce qui est particulièrement vrai dans le cas des vraies locomotives. Toutefois, pour les raisons exposées au point « procédure d'essai » ci-dessous, il est proposé de ne pas prévoir une procédure d'essai distincte dans la directive 97/68/CE.

On a démontré récemment que les navires contribuent fortement au total des émissions de NO_x et de particules. Ce sont surtout les navires de mer qui sont en cause, mais les bateaux de la navigation intérieure y contribuent aussi.

Dans son Livre blanc sur la politique commune des transports, la Commission constate que non seulement le chemin de fer mais aussi les voies navigables intérieures constituent des modes de transport respectueux de l'environnement. Pour que ce rôle puisse être confirmé, les bateaux de la navigation intérieure doivent améliorer leur performance environnementale.

Au niveau international, l'Organisation maritime internationale (OMI) a élaboré des règles en matière d'émissions de NO_x par les navires (MARPOL, annexe VI). Cette annexe n'est toutefois pas encore entrée en vigueur, faute des ratifications nécessaires. D'autre part, elle ne concerne pas les émissions de particules, un problème qui doit pourtant être considéré comme hautement prioritaire.

Pour ce type de moteurs, les constructeurs ont exprimé leur préférence pour les valeurs limites (et la procédure d'essai ISO) utilisées aux États-Unis. Il s'agit de valeurs limites ambitieuses du point de vue environnemental, qui répondent à l'objectif général d'harmonisation et pourraient donc être utilisées également dans la législation de l'UE.

La stratégie à adopter en ce qui concerne les émissions des navires de mer sera abordée dans une communication distincte de la Commission.

Les *bateaux de plaisance* sont couverts par la directive 94/25/CE. En octobre 2000, la Commission a proposé de modifier cette directive pour y inclure des valeurs limites pour les émissions gazeuses et sonores provenant des moteurs utilisés sur les bateaux de plaisance (COM(2000) 639). La position commune adoptée par le Conseil le 22 avril 2002 contient une clause de révision à l'article 2. En vertu de cette clause, la Commission est tenue de soumettre, au plus tard le 31 décembre 2005, un rapport sur les possibilités de réduire davantage les émissions des bateaux de plaisance et des véhicules nautiques à moteur, et, à la lumière de ce rapport, de présenter au Parlement européen et au Conseil d'ici le 31 décembre 2006 des propositions appropriées prévoyant des exigences et valeurs d'émission plus strictes. Par conséquent, il n'y a pas de raison d'inclure les moteurs des bateaux de plaisance dans le champ d'application de la directive 97/68.

3.2.3. *Conclusions*

Afin d'arriver à une harmonisation plus poussée avec la législation américaine, il convient de remplacer la limite de puissance inférieure de 18 kW par celle de 19 kW. Les moteurs de moins de 19 kW et de plus de 560 kW devraient pour le moment être exclus du champ d'application de la directive.

En ce qui concerne les tracteurs agricoles et forestiers, les dates d'application et les valeurs limites devront être alignées par la proposition de la Commission relative à la modification de la directive 2000/25/CE, présentée parallèlement à la présente proposition.

Il convient de préciser les définitions, afin de couvrir les émissions provenant d'applications ferroviaires, sauf pour les locomotives qui ne sont pas « conçues pour transporter elles-mêmes des voyageurs ou des marchandises », pour harmoniser la directive avec la législation américaine.

Les bateaux de la navigation intérieure devraient être inclus dans le champ d'application de la directive 97/68/CE. Comme ils en étaient exclus jusqu'à présent et comme ils sont différents sur le plan technique, il convient d'appliquer des valeurs limites d'émission et des dates d'entrée en vigueur différentes.

3.3. **Procédure d'essai**

La procédure actuelle de mesure des émissions prévue par la directive 97/68/CE repose sur un cycle d'essai en régimes stabilisés, le cycle de 8 modes ISO 8178-4 C1. Comme les EMNR sont utilisés pour une multitude d'applications différentes et dans des conditions de fonctionnement diverses, il sera très difficile de les couvrir toutes avec un seul cycle d'essai.

Le cycle d'essai actuel ne représente donc pas toutes les conditions réelles de fonctionnement des EMNR. En outre, il ne couvre pas certains des modes d'utilisation qui produisent le plus de pollution atmosphérique. Toutefois, compte tenu des nouveaux niveaux d'émission plus stricts, il est considéré comme un bon compromis.

Lorsqu'il s'agit de réduire les valeurs limites d'émission, il est important de disposer d'une procédure d'essai qui couvre les principaux modes de fonctionnement, afin d'éviter toute discordance entre les émissions réelles et les mesures en laboratoire. Les émissions de particules, notamment, sont beaucoup plus élevées en « régime transitoire ». Cela a été confirmé lors de l'élaboration de la législation communautaire actuelle sur les émissions des véhicules routiers, ce qui abouti à l'introduction d'une procédure d'essai en régime transitoire.

La plupart des moteurs d'engins non routiers sont utilisées pour des applications qui ont dans une large mesure un caractère transitoire. Même des équipements tels que les pompes et les génératrices, qui fonctionnent le plus souvent à vitesse constante, peuvent s'écarter du fonctionnement en régimes stabilisés à cause de variations de la charge du moteur dans le temps. Grâce à une large coopération entre les autorités et le secteur d'activité concerné aux États-Unis, au Japon et en Europe, des efforts ont par conséquent été faits pour mettre au point un nouveau cycle d'essai qui reflétera mieux cette situation.

Cette coopération a abouti à l'élaboration d'un nouveau cycle d'essai transitoire qui répond à ses exigences. Le cycle d'essai est conçu de manière à ce qu'il puisse être réalisé avec des dynamomètres à courant de Foucault, ce qui réduit sensiblement le coût (entre un tiers et un quart du coût habituel) par rapport aux équipements classiques (dynamomètres à courant continu ou alternatif) utilisés pour les essais en régime transitoire, sans compromettre les objectifs en matière de protection de l'environnement.

Une réduction encore plus importante du coût (un cinquième du coût habituel ou moins) peut être obtenue si l'essai en régime transitoire est réalisé à l'aide des systèmes de dilution en circuit partiel déjà utilisés pour la méthode en régimes stabilisés, au lieu d'avoir recours au concept CVS (échantillonnage à volume constant). Les travaux, menés dans le cadre de l'ISO/FDIS 16183 (« Moteurs de poids lourds – Détermination, sur cycle transitoire, des émissions de polluants gazeux par mesure des concentrations dans les gaz d'échappement bruts et des émissions de particules en utilisant un système de dilution partielle »), sont maintenant terminés et, selon la Commission européenne, la procédure peut être transférée des moteurs des véhicules routiers à ceux des engins non routiers.

Cette nouvelle procédure d'essai devrait être obligatoire pour la mesure des émissions de particules dès que les valeurs de la phase III B entreront en vigueur. Dans le cas des polluants gazeux, les constructeurs pourraient utiliser la procédure d'essai actuelle mais, pour ne pas devoir réaliser deux essais, il est très probable qu'ils utiliseront également la procédure d'essai en régime transitoire pour les polluants gazeux une fois que les valeurs de la phase III B seront d'application.

L'attention a été attirée sur le fait que le mode de fonctionnement des locomotives est différent de celui des autres EMNR et qu'une procédure d'essai distincte devrait donc être utilisée. En fait, il existe déjà une procédure d'essai distincte – le cycle d'essai en régimes stabilisés ISO 8178-4 type F « Traction ferroviaire ». Ce cycle d'essai de type F semble refléter exactement le mode de fonctionnement de l'ancien système de transmission utilisé dans les chemins de fer.

Il est toutefois important de ne pas perdre de vue l'objectif de la législation en matière d'émissions, à savoir la réduction des incidences sur l'environnement et sur la santé. À cet égard, ce sont les émissions locales autour des gares dans les zones urbaines plutôt que la contribution à l'ensemble des émissions qui sont importantes dans le cas des chemins de fer. Ces émissions se produisent lors des accélérations et sous forte charge des moteurs, alors que les émissions sous vitesse constante, principalement dans les zones rurales, sont très faibles. L'utilisation d'une procédure d'essai distincte permettrait d'établir une valeur moyenne des émissions, ce qui occulterait les véritables problèmes environnementaux.

Néanmoins, il convient d'effectuer des études complémentaires et, si nécessaire, de modifier la procédure d'essai avant l'entrée en vigueur de valeurs limites strictes pour les émissions de particules. Cet aspect peut être traité dans l'étude technique dont il est question au point 3.9 ci-après.

Il convient de noter également que, dans la législation américaine, une procédure d'essai distincte n'est utilisée que pour les vraies locomotives, qui n'entrent de toute façon pas dans le champ d'application de la directive 97/68/CE.

3.3.1. Conclusions

Les futures normes de la phase III B pour les émissions de particules devraient être basées sur une nouvelle procédure d'essai en régime transitoire spécifique qui reflète mieux les conditions de fonctionnement réelles et, en particulier, qui met en évidence les émissions réelles de particules, afin que soient mises au point des techniques de réduction des émissions produites dans ces conditions de fonctionnement.

Pour la mesure des émissions gazeuses, les constructeurs devraient pouvoir choisir entre le nouveau cycle d'essai transitoire et la procédure actuelle d'essai en régimes stabilisés.

Des procédures d'essai différentes devraient être utilisées pour tous les moteurs à vitesse constante, sauf ceux destinés aux bateaux de la navigation intérieure, bien qu'une attention particulière devrait être accordée aux moteurs pour les applications à vitesse constante et les applications ferroviaires dans l'étude technique dont il est question au point 3.9 ci-dessous. Dans le cas des moteurs destinés à la propulsion des bateaux de la navigation intérieure, les procédures d'essai internationalement reconnues de la norme ISO 8178-4, cycles d'essai E2 et E3, devraient être appliquées.

Afin de s'aligner sur la législation américaine, une procédure d'essai distincte devrait être utilisée pour les bateaux de la navigation intérieure.

La possibilité actuelle pour les constructeurs de choisir entre un système en circuit principal et un système en circuit partiel devrait être maintenue.

3.4. Valeurs limites et dates d'application de la phase III

3.4.1. Valeurs limites

3.4.1.1. Valeurs limites pour la gamme de puissance 37-560 kW

Bien qu'en théorie un grand nombre de valeurs limites soient envisageables pour la phase III, dans la pratique elles seront limitées par le nombre d'étapes technologiques pouvant être mises en œuvre.

En principe, il existe deux niveaux différents d'intervention: modification des moteurs uniquement ou recours aux dispositifs de post-traitement. Ces « niveaux techniques » doivent bien sûr être convertis en valeurs limites, en permettant aux constructeurs de choisir les solutions techniques spécifiques nécessaires pour respecter les normes.

Les scénarios envisageables pour la phase III sont principalement les suivants:

Scénario	Amélioration de l'environnement (*)	Technologie disponible aujourd'hui?	Technologie disponible en 2010?	Exigences en matière de carburants	Remarques
1.	NO _x : - 30-40 % Part.: - 0-10 %	Oui	Oui	S: 1000 ppm	
2.	NO _x : - 30-40 % Part.: - 30-40 %	Oui	Oui	S: 350 ppm	
3.	NO _x : - 30-40 % Part.: - 80-90 %	Non	Oui	S: 10-50 ppm	
4.	NO _x : - 70-80 % Part.: - 80-90 %	Non	Oui	S: 10-50 ppm	

(*) Amélioration de l'environnement en termes de réduction des émissions (%) par rapport aux moteurs de la phase II.

Le scénario 1 correspond au niveau III que les États-Unis ont déjà décidé de mettre en œuvre. Il peut être réalisé par la modification des moteurs, il pourrait être mis en œuvre rapidement et il répondrait au souhait d'harmonisation exprimé par le secteur d'activité concerné. Il ne résoudrait toutefois pas le problème des émissions de particules, que la communication sur le bilan du programme Auto-Oil II décrit comme une forme de pollution hautement prioritaire et qui est considéré comme un problème important dans plusieurs États membres. Par conséquent, il est douteux qu'une proposition reposant sur ce scénario réponde aux besoins environnementaux identifiés. À long terme, ce scénario ne permet pas d'arriver à une harmonisation à l'échelle mondiale, étant donné que des valeurs limites supplémentaires pour les émissions de particules seront introduites aux États-Unis. Dans ce scénario, il n'est pas nécessaire de restreindre davantage la teneur en soufre des carburants au-delà de ce qui a déjà été décidé (1000 ppm).

Le scénario 2 comprend des valeurs limites pour les émissions de particules. Ces valeurs peuvent être atteintes par une modification des moteurs (notamment le recours à la recirculation des gaz d'échappement refroidis) conformément à la technologie Euro 3 pour les véhicules routiers. À noter que, par rapport aux émissions pendant la phase II, la réduction des émissions de particules résulte principalement de la plus faible teneur en soufre du carburant, mais la modification des moteurs devrait conduire à une réduction supplémentaire de 10 %. Pour remplir les exigences de ce scénario, l'utilisation de carburant à plus faible teneur en soufre (maximum 350 ppm) doit être rendue obligatoire en modifiant la directive 98/70/CE. Ce scénario demandera plus de temps que le scénario 1 et ne permettra pas d'atteindre l'harmonisation à l'échelle mondiale.

Le scénario 3 repose sur l'hypothèse de l'utilisation d'un dispositif de post-traitement pour réduire les émissions de particules. Cette technologie est déjà disponible dans le secteur des

véhicules routiers et devrait aussi l'être dans un délai raisonnable pour la plupart des applications dans le secteur non routier. La réduction des émissions de NO_x est la même que dans le scénario 2. Une teneur maximale en soufre de 50 ppm est nécessaire. Ce scénario permettrait d'atteindre l'harmonisation à l'échelle mondiale.

Le scénario 4 diffère du scénario 3 dans la mesure où le dispositif de post-traitement devrait également réduire les émissions de NO_x. Aux États-Unis, l'EPA a déclaré officiellement qu'elle souhaiterait une évolution comparable au scénario 4. Elle reconnaît cependant que, dans le secteur des EMNR, les incertitudes technologiques sont plus grandes en ce qui concerne le post-traitement des émissions de NO_x que pour les filtres à particules. Dès lors, l'EPA s'attend à ce que des valeurs limites plus strictes soient introduites plus tard pour les émissions de NO_x que pour les émissions de particules. Comme dans le scénario 3, une teneur maximale en soufre de 50 ppm est requise. Ce scénario permettrait d'arriver à une harmonisation à l'échelle mondiale.

Il est évident que la disponibilité et l'applicabilité des dispositifs de post-traitement auront une grande importance lorsqu'il s'agira de fixer les valeurs limites de la phase III. Dans la communication sur le bilan du programme Auto-Oil II, les émissions de particules sont considérées comme l'un des grands problèmes de pollution atmosphérique qui resteront à résoudre à l'avenir. De nombreux rapports ont identifié les petites particules (ultra-fines) comme le problème probablement le plus important pour la santé. Comme expliqué plus haut, la technologie de post-traitement (filtres à particules) est déjà disponible dans le secteur des véhicules routiers et, dans une certaine mesure, également dans celui des engins non routiers. Les essais ont montré en outre que la technologie mise au point pour les véhicules routiers peut généralement être utilisée aussi pour certaines applications dans le secteur non routier et, moyennant une période de préparation suffisante, pour la plupart des autres applications dans ce secteur.

Certes, l'environnement dans lequel sont utilisés les EMNR est généralement différent de celui dans lequel sont utilisés les véhicules routiers. Par exemple, la température des gaz d'échappement pourrait être trop basse pour permettre l'utilisation de filtres à particules avec régénération passive. Ceci pourrait s'appliquer aussi aux autobus urbains, qui ne sont pas exemptés des normes Euro IV. Néanmoins, il se peut que l'utilisation de filtres à particules ou de techniques d'une efficacité comparable soit finalement impossible pour certaines applications, même si le secteur d'activité concerné dispose d'une longue période de préparation. Pour tenir compte de cette incertitude, une étude technique pourrait être réalisée avant l'entrée en vigueur des normes, afin de déterminer s'il faut prévoir certaines exemptions. Cette solution a été adoptée lors de l'introduction des normes Euro V pour les poids lourds dans la directive 1999/96/CE.

Les discussions bilatérales avec l'EPA ont clairement montré que cette dernière a l'intention de baser la législation américaine dans ce domaine sur l'utilisation de dispositifs de post-traitement initialement mis au point pour les véhicules routiers. Il semble que l'EPA prévoit d'appliquer ces exigences strictes d'abord aux émissions de particules, puis aux émissions de NO_x quelques années plus tard.

En ce qui concerne les particules, il n'y a pas de différence majeure entre la situation aux États-Unis et celle de l'UE. La nécessité d'utiliser des carburants à faible teneur en soufre sera la même, et il s'agit d'une technologie disponible à l'échelle mondiale qui peut être appliquée de la même manière. Dès lors, pour les émissions de particules, il apparaît que l'établissement d'une norme de phase III équivalente à la norme américaine du niveau IV est possible.

Dans le cas des émissions de NO_x, par contre, la situation actuelle est un peu plus compliquée. Pour les véhicules routiers, les États-Unis et l'UE ont décidé d'introduire des normes qui exigeront des dispositifs de post-traitement. Toutefois, dans la législation européenne, la valeur limite est environ huit fois plus élevée que la valeur limite américaine. L'EPA a déclaré catégoriquement qu'elle est favorable à l'utilisation d'absorbeurs de NO_x, alors que les constructeurs européens semblent préférer la SCR (réduction catalytique sélective), qui nécessite un réseau séparé de distribution d'ammoniac/urée. Dans le secteur des véhicules routiers, le choix entre les différentes stratégies est relativement moins important, étant donné qu'il ne s'agit pas d'un marché à caractère mondial comme celui des engins non routiers. En ce qui concerne ce dernier, l'approche mondiale actuelle pourrait toutefois être compromise si l'Europe donnait la préférence au développement technologique de la SCR alors que les États-Unis optaient pour les absorbeurs de NO_x.

D'autre part, dans l'UE, les normes Euro V pour les émissions de NO_x doivent faire l'objet d'une étude technique à réaliser par la Commission avant la fin de 2002. Même s'il est probable que cette étude conclura que la technologie nécessaire sera disponible pour les véhicules routiers en 2008 (lorsque les normes Euro V entreront en vigueur), on ne peut pas s'attendre à ce que la Commission présente des conclusions sur l'utilisation de cette technologie dans le secteur des engins non routiers avant la publication de cette étude. On ne peut pas exclure non plus que les valeurs limites Euro V soient abaissées à la suite de l'étude technique.

En outre, la Commission étudie actuellement la situation future en matière de qualité de l'air et la nécessité de mesures à prendre dans le cadre du projet CAFE (Air pur pour l'Europe). Les résultats de ce programme seront connus en 2004/2005 et devraient servir de point de départ pour la fixation d'une valeur limite de phase IV pour les émissions de NO_x. Ces considérations devraient être couvertes par l'étude technique dont il est question au point 3.9 ci-dessous.

3.4.1.2. Valeurs limites pour la gamme de puissance 19-37 kW

En vertu de la législation américaine qui entrera en vigueur en 2004, les moteurs d'une puissance de 19 à 37 kW devront respecter les valeurs limites d'émission de niveau II. Les limites d'émission pour ces moteurs n'exigent par le recours à des dispositifs de post-traitement.

Les moteurs de la gamme de puissance 19-37 kW sont déjà couverts par la directive 97/68/CE, mais ne sont soumis qu'à une série de valeurs limites. Les valeurs limites de niveau II dans la législation américaine sont un peu plus strictes que celles de la directive 97/68/CE, notamment en ce qui concerne les particules (voir ci-dessous). L'inventaire dressé en 1994 indique également que la contribution de ces moteurs au total des émissions n'est pas négligeable. En outre, les discussions avec le secteur d'activité concerné indiquent que celui-ci préfère un alignement de la directive 97/68/CE sur la législation américaine.

Législation/norme	HC + NO _x g/kWh	HC g/kWh	NO _x g/kWh	Particules g/kWh
Niveau III américain, 19-37 kW	7,5	-	-	0,60
Directive 97/68, 18-37 kW	-	1,5	8,0	0,8

3.4.2. *Dates d'application de la phase III*

Le choix du scénario dépendra évidemment dans une large mesure des dates d'application. À cet égard, pour la *gamme de puissance supérieure à 37 kW*, le scénario 1 pourrait être mis en œuvre (par étapes) à partir de 2006, car les constructeurs doivent de toute façon satisfaire aux exigences du marché américain. Le scénario 2 demandera plus de temps, du moins en ce qui concerne les valeurs limites pour les émissions de particules, étant donné que des exigences supplémentaires sont imposées aux constructeurs de moteurs et que l'utilisation de carburants à faible teneur en soufre doit être rendue obligatoire dans tous les États membres. Le scénario 3 demandera lui aussi plus de temps pour le respect des exigences en matière d'émission de particules. Pour que les constructeurs disposent d'un délai de développement suffisant, il est raisonnable de penser que les normes pour les émissions de particules pourraient entrer en vigueur vers 2009-2011. Dans le cas du scénario 4, l'incertitude est plus grande quant à la disponibilité de dispositifs de post-traitement des émissions de NO_x dans le secteur des engins non routiers et en particulier concernant la décision qui sera finalement prise pour ce secteur dans l'UE. Un certain nombre de questions doivent donc être clarifiées avant qu'une décision puisse être prise concernant l'application de valeurs limites basées sur l'utilisation de dispositifs de post-traitement des émissions de NO_x.

En ce qui concerne la *gamme de puissance 19-37 kW*, la législation américaine entrera en vigueur en 2004. Pour des raisons pratiques, il n'est toutefois pas possible d'introduire ces normes dans l'UE avant 2006.

La date de mise en œuvre pour les *moteurs à vitesse constante* représente un cas particulier. Ces moteurs n'entrent pas dans le champ d'application de la directive 97/68/CE actuelle. Toutefois, en vertu de la modification décrite plus haut, ils seront soumis à des valeurs limites d'émission, mais pas avant le 31 décembre 2006. Pour accorder aux constructeurs un délai raisonnable, les valeurs limites pour ces moteurs devraient par conséquent entrer en vigueur quelques années après celles applicables aux autres types de moteurs.

Pour certains types d'équipements couverts par la directive 97/68/CE, de nouvelles valeurs limites d'émission sonore seront appliquées en 2006 (directive 2000/14/CE). Il aurait été avantageux de coordonner les dates d'application, mais il n'est pas possible de fixer une date d'entrée en vigueur des valeurs limites de la phase III A d'ici 2006 pour tous les types de moteurs. Lors de la révision de la directive 2000/14/CE, prévue pour 2005, la nécessité d'une coordination future des dates d'application sera prise en considération.

3.4.3. *Conclusions*

Pour répondre de manière appropriée aux exigences en matière de protection de l'environnement, des valeurs limites de phase III devraient être introduites tant pour les émissions de NO_x que pour les émissions de particules. Elles devraient reposer sur la meilleure technologie disponible, être applicables aux EMNR et harmonisées à l'échelle mondiale.

Ainsi, les valeurs limites pour les émissions de gaz polluants (phase III A) seraient équivalentes aux normes américaines de niveau III pour les moteurs d'une puissance supérieure à 37 kW et aux normes de niveau II pour la gamme de puissance 19-37 kW. Elles devraient être mises en œuvre par étapes à partir du 31 décembre 2006. Les valeurs limites pour les émissions de particules (phase III B) provenant des moteurs d'une puissance

supérieure à 37 kW devraient reposer sur la supposition que les filtres à particules, ou des techniques d'une efficacité comparable, seront disponibles dans le secteur des engins non routiers. Pour accorder au secteur d'activité concerné un délai suffisant, l'entrée en vigueur de ces valeurs limites dans l'UE pourrait se faire par étapes à partir du 31 décembre 2009. Toutefois, étant donné que le carburant requis ne sera disponible aux États-Unis qu'un an plus tard, la mise en œuvre ne devrait commencer qu'à partir du 31 décembre 2010, afin de maintenir l'harmonisation et offrir au secteur d'activité concerné un marché mondial.

Pour assurer la disponibilité générale de la technologie nécessaire, il convient d'inclure une clause de révision stipulant que, sur la base du progrès technique, la Commission confirme les valeurs limites pour les émissions de particules et, le cas échéant, propose des exemptions en 2006 au plus tard. Cette révision devrait aussi examiner la possibilité de fixer des valeurs limites de phase IV pour les émissions de NO_x sur la base de la disponibilité et de l'applicabilité de dispositifs de post-traitement; elle devrait en outre examiner un renforcement supplémentaire des valeurs limites pour les moteurs de la gamme de puissance 19-37 kW.

L'introduction dans la directive 97/68/EC d'une série de valeurs limites de phase III devrait donc se faire en deux étapes comme suit:

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

Tableau: valeurs limites pour la phase III A

Puissance nette (P) (kW)	Masse de monoxyde de carbone (CO) (g/kWh)	Somme des hydrocarbures et des oxydes d'azote HC + NO _x (g/kWh)	Masse de particules ¹ (PT) (g/kWh)
L: $130 \text{ kW} \leq P \leq 560 \text{ kW}$	3,5	4,0	0,025
M: $75 \text{ kW} \leq P < 130 \text{ kW}$	5,0	4,0	0,025
N: $37 \text{ kW} \leq P < 75 \text{ kW}$	5,0	4,7	0,025

Tableau: valeurs limites pour la phase III B

Catégorie: puissance nette (P)	Entrée en vigueur
H: $130 \text{ kW} \leq P \leq 560 \text{ kW}$	31 décembre 2005
I: $75 \text{ kW} \leq P < 130 \text{ kW}$	31 décembre 2006
J: $37 \text{ kW} \leq P < 75 \text{ kW}$	31 décembre 2007
K: $19 \text{ kW} \leq P < 37 \text{ kW}$	31 décembre 2005

Tableau: phase III A. Dates d'entrée en vigueur (dates de mise sur le marché). Dans le cas des moteurs à vitesse constante, les dates d'entrée en vigueur pour la phase III B devraient être utilisées également pour les gaz polluants.

Puissance nette (P)	Entrée en vigueur
L: $130 \text{ kW} \leq P \leq 560 \text{ kW}$	31 décembre 2010
M: $75 \text{ kW} \leq P < 130 \text{ kW}$	31 décembre 2010
N: $37 \text{ kW} \leq P < 75 \text{ kW}$	31 décembre 2011

Tableau: phase III B. Dates d'entrée en vigueur (dates de mise sur le marché).

¹ Les normes d'émission de particules feront l'objet d'une révision technique avant la fin de 2006. Pour les applications où l'utilisation de filtres à particules ou d'une technique comparable n'est pas possible, les valeurs limites suivantes pourraient être appliquées provisoirement: 0,15; 0,20; 0,25.

Pour les bateaux de la navigation intérieure, les valeurs limites et dates d'entrée en vigueur suivantes seront applicables:

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

Tableau: valeurs limites pour les bateaux de la navigation intérieure

Catégorie	Date d'entrée en vigueur
V1:1	31 décembre 2006
V1:2	31 décembre 2006
V1:3	31 décembre 2006
V1:4	31 décembre 2008
V2	31 décembre 2008

Tableau: dates d'entrée en vigueur des valeurs limites d'émission pour les bateaux de la navigation intérieure (dates de mise sur le marché).

3.5. L'importance de la qualité des carburants

3.5.1. Remarques générales

Les normes d'émission des deux phases prévues par la directive 97/68/CE actuelle peuvent être respectées sans exigence particulière en matière de qualité des carburants. Par conséquent, certains États membres autorisent également l'utilisation de fuel domestique pour les engins mobiles non routiers. D'autres États membres exigent que les carburants aient la même qualité que ceux utilisés pour les véhicules routiers. Un État membre (Espagne) a introduit une norme de qualité des carburants distincte pour le secteur EMNR. La raison principale du choix de la qualité du carburant est d'ordre fiscal et non pas le coût de production des différentes qualités de carburant. La taxe sur le fuel domestique est normalement plus basse que la taxe sur le carburant.

Avec le renforcement des normes d'émission et la nécessité de techniques plus complexes pour les respecter, la qualité des carburants prendra plus d'importance. La teneur en soufre est le paramètre le plus important à cet égard. Une teneur élevée en soufre entraînera des émissions de particules plus élevées et, si des dispositifs de post-traitement doivent être utilisés pour respecter les limites d'émission, pourrait endommager ou réduire l'efficacité de ces dispositifs. Pour éviter cela, la teneur en soufre doit être au moins inférieure à 50 ppm.

Les exigences concernant la teneur en soufre des gas-oils sont fixées par la directive 98/70/CE (sur l'essence et les carburants Diesel pour les véhicules routiers et non routiers) et par la directive 1999/32/CE (sur le fuel domestique). Selon cette dernière directive, la teneur maximale en soufre du gas-oil utilisé à des fins autres que la propulsion des véhicules routiers ne peut pas dépasser 2 000 ppm. À partir de 2008, cette valeur limite sera ramenée à 1 000 ppm.

La directive 98/70/CE fixe une teneur maximale en soufre de 50 ppm pour le carburant Diesel destiné à être utilisé dans les véhicules routiers à partir du 1^{er} janvier 2005. Une proposition de modification de cette directive, qui est actuellement en attente d'une décision finale au Conseil et au Parlement européen, réduirait cette valeur maximale à 10 ppm. Il semblerait que le Conseil et le Parlement européen accepteront de rendre cette limite obligatoire à partir de 2009.

En principe, la qualité du carburant Diesel destiné à être utilisé dans les engins mobiles non routiers est également couverte par la directive 98/70/CE. Toutefois, comme une exigence particulière en matière de carburant n'est techniquement pas nécessaire pour respecter les normes d'émission des phases I et II, il appartient aux États membres de décider de la teneur en soufre, à condition qu'elle ne dépasse pas la teneur fixée par la directive 1999/32/CE et qu'elle ne soit pas inférieure à celle prescrite pour les applications routières. Selon la position commune sur la proposition de modification mentionnée ci-dessus, la Commission devrait présenter des exigences plus détaillées pour le carburant Diesel utilisé dans les engins non routiers lorsqu'elle proposera des valeurs limites d'émission pour la phase III.

Aujourd'hui, les applications non routières (navigation intérieure comprise) représentent approximativement 9 % de la consommation de gas-oil, contre 50 % environ pour le secteur routier et 40 % environ comme fuel domestique. Au niveau européen, il n'existe pas de carburant Diesel de qualité spéciale pour les applications non routières et, avec une part de marché de moins de 10 %, cette situation est peu susceptible de changer à l'avenir. Au niveau national cependant, il se peut très bien que des qualités de carburant spéciales soient mises sur le marché.

Comme mentionné précédemment, certains États membres autorisent aussi, pour des raisons fiscales, l'utilisation de fuel domestique faiblement taxé pour des applications non routières. À cet égard, une action spécifique pourrait être nécessaire, particulièrement dans le secteur agricole. On ajoute maintenant un marqueur au fuel faiblement taxé pour assurer l'application de législation et vérifier que du fuel faiblement taxé n'est pas utilisé pour des applications où du carburant de qualité routière devrait être utilisé. Si un carburant de meilleure qualité que le fuel domestique est nécessaire pour respecter les valeurs limites de la phase III, des problèmes pratiques pourraient se poser dans les États membres qui souhaitent continuer à autoriser l'utilisation de fuel faiblement taxé.

Ce problème pourrait être résolu de diverses manières, par exemple un gas-oil coloré pour le chauffage, un carburant Diesel coloré pour les EMNR, qui pourrait être employé également comme fuel de chauffage par les agriculteurs disposant d'un réservoir de stockage, et un carburant Diesel non coloré (fortement taxé) pour les véhicules routiers.

C'est aux États membres de décider quelle politique fiscale ils souhaitent appliquer et comment ils veulent mettre en œuvre les systèmes de distribution. L'exemple donné ci-dessus sert seulement à montrer que des solutions sont également envisageables dans les États membres qui veulent continuer à autoriser l'utilisation de carburant Diesel faiblement taxé pour les EMNR.

Compte tenu des conclusions ci-dessus sur les valeurs limites, nous aurons à l'avenir une situation dans laquelle les valeurs limites de la phase III A pour les émissions de gaz polluants peuvent être respectées en utilisant le fuel domestique. Par contre, pour respecter les valeurs limites de la phase III B pour les émissions de particules, un carburant avec une teneur maximale en soufre de 10-50 ppm doit être utilisé. Aussi est-il nécessaire de veiller à ce que du carburant à faible teneur en soufre soit utilisé une fois que les valeurs limites d'émission de particules entreront en vigueur ou dans les États membres qui veulent encourager une application anticipée de ces valeurs limites.

3.5.2. Carburant de référence

Le carburant de référence utilisé à des fins de réception par type devrait avoir la même qualité que celui utilisé dans les conditions de fonctionnement réelles. Comme les États membres ont des législations différentes en ce qui concerne les carburants disponibles sur le marché, la spécification du carburant de référence actuel représente un compromis. Le paramètre le plus important (teneur en soufre) doit se situer entre 1 000 et 2 000 ppm.

Les valeurs limites d'émission de particules proposées pour la phase III B exigeront l'utilisation de carburant à faible teneur en soufre (10-50 ppm). En conséquence, le carburant de référence devrait être modifié pour refléter la proposition de rendre obligatoire l'utilisation de carburant à faible teneur en soufre pour tous les engins mobiles non routiers. En outre, il se peut que certains États membres veuillent offrir des incitations pour encourager les constructeurs à respecter les normes plus strictes pour les émissions de particules avant qu'elles deviennent obligatoires. Dans ce cas, les constructeurs devraient être autorisés à utiliser un carburant de référence à faible teneur en soufre lors de la réception par type des moteurs.

3.5.3. Conclusions

La disponibilité de carburants appropriés ne sera pas un facteur limitant pour l'introduction des limites d'émission de phase III pour les engins mobiles non routiers.

Les valeurs limites de la phase III A peuvent être respectées sans aucune autre spécification supplémentaire en matière de qualité des carburants. Pour que les valeurs limites de la phase III B puissent être respectées, la teneur en soufre du carburant doit être de l'ordre de 10-50 ppm au maximum. La Commission proposera une modification de la directive 98/70/CE pour veiller à ce que le carburant approprié soit utilisé dans l'ensemble de l'Union européenne.

Il convient donc d'introduire un carburant de référence distinct une fois que les valeurs limites de la phase III B pour les émissions de particules entreront en vigueur ou lorsqu'un constructeur réceptionne volontairement des familles de moteurs qui respectent ces valeurs limites.

3.6. Exigences de durabilité

La législation américaine contient une définition de la durée de vie utile pendant laquelle les valeurs limites doivent être respectées, ainsi que des dispositions en matière de rappel.

L'Europe a généralement été en retard dans la mise en œuvre de ce type de législation. Elle a été introduite pour les véhicules légers par la directive 98/69/CE et des efforts sont faits actuellement pour introduire des dispositions semblables pour les poids lourds, leur entrée en vigueur étant prévue en 2005.

En principe, le même type de législation devrait s'appliquer également aux moteurs non routiers. Cependant, comme ce type d'équipement n'est pas immatriculé, il est plus difficile de mettre en œuvre des programmes de contrôle de la conformité des équipements en service. Néanmoins, une première étape consisterait à définir la durée de vie utile de différentes catégories de moteurs et d'exiger que les constructeurs établissent des facteurs de détérioration à appliquer lors de la réception par type.

L'étape suivante – contrôles de la conformité des équipements en service et rappels – pourrait être examinée dans le cadre de l'étude technique mentionnée plus haut.

3.6.1. Conclusions

Une définition de la durée de vie utile devrait être incluse dans la législation – 3 000 heures pour les moteurs de moins de 37 kW et 5 000 heures pour les moteurs de 37 kW ou plus.

Le constructeur doit établir un facteur de détérioration pour chaque famille de moteurs. Même si le facteur établi est inférieur à 1,0, un facteur de 1,0 devrait être utilisé.

3.7. Coûts et rapport coût/efficacité

3.7.1. Coûts

La principale préoccupation présidant à l'élaboration des valeurs limites de la phase III était d'introduire une législation harmonisée à l'échelle mondiale sur la base des exigences environnementales et de la disponibilité de techniques de réduction des émissions. Il est toutefois important aussi d'examiner le rapport coût/efficacité de la proposition et de veiller à ce qu'il soit du même ordre de grandeur que celui d'autres législations visant à résoudre les mêmes problèmes environnementaux, en tenant compte du fait que les avantages que les constructeurs retirent d'une harmonisation ne peuvent pas être pris en compte.

Comme indiqué plus haut, il y a un manque d'informations précises sur le nombre d'EMNR et leur utilisation. En outre, les modèles d'émissions existants sont normalement conçus pour

les transports routiers et ne peuvent pas être utilisés pour le calcul des émissions des EMNR. Pour pallier ce manque d'informations, les calculs ont été effectués moteur par moteur, en tenant compte des émissions et des coûts durant toute la durée de vie des moteurs. Pour les gammes de puissance prévues par la directive actuelle, une étude effectuée par un consultant pour le compte de la Commission a montré que le respect des valeurs limites de la phase III (phase III A + phase III B) entraîne les coûts du cycle de vie suivants. Ces coûts comprennent le coût d'équipement et d'ingénierie. Il convient de noter cependant que le coût pour la gamme de puissance 18-37 kW repose sur des valeurs limites plus strictes pour les émissions de particules que celles qui sont proposées dans cette proposition de modification. En l'absence de meilleures estimations, ces coûts ont été utilisés dans les analyses.

Puissance du moteur (kW)	18-37	37-75	75-130	130-560
Coût de la technologie de réduction des émissions (€/moteur)	1 800	3 775	5 300	8 400

Tableau: coût supplémentaire (technologie et ingénierie) pour la mise en œuvre des valeurs limites de la phase III.

Source: étude réalisée par VTT Process

À ces coûts s'ajouteront des coûts supplémentaires pour le carburant à faible teneur en soufre, qui est nécessaire pour respecter les valeurs limites de la phase III B pour les émissions de particules. Un carburant à faible teneur en soufre n'est pas requis pour les moteurs de la gamme de puissance 18-37 kW, car aucun dispositif de post-traitement n'est nécessaire. Toutefois, dans la pratique, il sera difficile de distribuer pour cette catégorie de moteurs seulement un carburant ayant une teneur en soufre plus élevée. Par conséquent, le coût supplémentaire pour le carburant à faible teneur en soufre a été ajouté également à cette catégorie de moteurs.

Dans une étude distincte effectuée par Beicip-Franlab, le coût du passage d'un carburant ayant une teneur en soufre de 1 000 ppm à un carburant dont la teneur en soufre est de 10 ppm a été estimé à 1,5-1,9 cent par litre. La valeur nette de 1,5 cent par litre a été utilisée pour les autres analyses.

Puissance du moteur (kW)	18-37	37-75	75-130	130-560
Consommation de carburant pendant toute la durée de vie (litres)	19 938	47 150	95 120	333 500
Coût supplémentaire pour le carburant à faible teneur en soufre (€)	299	707	1 426	5 002

Tableau: coût supplémentaire de l'utilisation de carburant à faible teneur en soufre.

Sources: études réalisées par VTT Process et Beicip-Franlab

Les coûts de ce type sont difficiles à estimer avec une précision suffisante, étant donné qu'il s'agit de normes qui seront mises en œuvre dans un futur lointain. L'expérience dans le secteur routier montre que ces coûts sont normalement surestimés lorsqu'on compare les coûts réels aux estimations faites au moment où la législation a été décidée. D'autre part, comme le marché est mondial à presque 100 %, on peut considérer que les coûts du respect

des normes de la phase III A existent déjà, puisque l'EPA a confirmé qu'elle continuera avec ses normes de niveau III. En outre, le consultant a basé son calcul des coûts sur l'hypothèse peu probable de la nécessité d'utiliser deux filtres à particules sur tous les moteurs. Les calculs (préliminaires) correspondants effectués par l'EPA américaine font apparaître des coûts beaucoup plus bas.

3.7.2. Bénéfices

Dans une étude distincte réalisée par la société Netcen sur les coûts marginaux externes de la pollution atmosphérique en Europe, ces coûts ont été estimés comme suit pour les différents polluants:

Bénéfices de la réduction des émissions en zone rurale

Pays	NO _x (€/tonne)	Particules 2,5 (€/tonne)	SO ₂ (€/tonne)
Autriche	6 800	14 000	7 200
Belgique	4 700	22 000	7 900
Danemark	3 300	5 400	3 300
Finlande	1 500	1 400	970
France	8 200	15 000	7 400
Allemagne	4 100	16 000	6 100
Grèce	6 000	7 800	4 100
Irlande	2 800	4 100	2 600
Italie	7 100	12 000	5 000
Pays-Bas	4 000	18 000	7 000
Portugal	4 100	5 800	3 300
Espagne	4 700	7 900	3 700
Suède	2 600	1 700	1 700
Royaume-Uni	2 600	9 700	4 500
Moyenne UE-15	4 200	14 000	5 200

Bénéfices de la réduction des émissions en zone urbaine

Taille de la ville	NO _x (€/tonne)	Particules 2,5 (€/tonne)	SO ₂ (€/tonne)
100 000 habitants	Idem zone rurale	33 000	6 000
500 000 habitants	Idem zone rurale	165 000	30 000
1 000 000 habitants	Idem zone rurale	247 500	45 000
Plusieurs millions d'habitants	Idem zone rurale	495 000	90 000

Les tableaux montrent que les coûts marginaux varient largement en fonction du lieu des émissions. En 1999, 80 % de la population de l'UE vivait en zone urbaine. Toutefois, comme une grande part des moteurs est utilisée dans le secteur agricole et les émissions ont donc lieu en zone rurale, les hypothèses suivantes ont été faites concernant l'utilisation des EMNR et les émissions qu'ils produisent: 50 % des émissions ont lieu en zone rurale, 30 % dans les villes de 100 000 habitants, 8 % dans les villes de 500 000 habitants et 2 % dans les villes de plus de 1 million d'habitants.

Sur la base de ces hypothèses, les bénéfices seront les suivants:

NO_x – 4 200 €/tonne

Particules – 36 420 €/tonne

SO₂ – 8 220 €/tonne

3.7.3. Réduction des émissions

Dans l'étude effectuée par VTT Process, les « économies » d'émission (tonnes/moteur) sur toute la durée de vie ont été estimées comme suit:

Catégorie de puissance (kW)	19-37	37-75	75-130	130-560
SN. Économies NO _x (tonne)	0,1	0,4	0,7	2,9
SPM. Économies particules (tonne)	0,023	0,043	0,068	0,184
SS. Économies SO ₂ (30 % particules) (tonne)	0,034	0,057	0,114	0,399

3.7.4. Rapport coût/efficacité (faisabilité)

Sur la base des données ci-dessus et des données fournies par les constructeurs d'équipements sur la répartition des différentes tailles de moteur en Europe, on constate que le paquet proposé pour les moteurs des EMNR engendre un bénéfice par moteur qui dépasse le coût d'environ 75 euros. Le même calcul indique que le résultat global est dû à des bénéfices élevés pour les moteurs de plus grande taille. Un calcul séparé pour les bateaux de la navigation intérieure n'a pas été effectué.

3.7.5. *Conclusions*

Pour des raisons naturelles, les estimations du coût de mesures techniques supposées être mises en œuvre dans un avenir assez lointain seront incertaines. L'expérience montre qu'au moment de l'élaboration de la législation, ces coûts sont surestimés par rapport aux coûts réels constatés lors de la mise en œuvre de la législation.

En outre, dans ce cas particulier, on peut se demander si le coût pour la phase III A devrait être entièrement pris en compte, étant donné que la majorité des constructeurs doit de toute façon respecter la législation déjà adoptée par les États-Unis. Pour les moteurs de la gamme de puissance 19-37 kW, les estimations de coût du consultant reposent sur une valeur limite de 0,3 g/kWh pour les émissions de particules, alors que la proposition n'exige qu'une valeur de 0,6 g/kWh. Le consultant a également supposé que chaque moteur doit être équipé de deux filtres à particules, ce qui est peu probable puisque la proposition contient des exigences de durabilité. D'autre part, dans ses calculs de coût préliminaires, l'EPA arrive à des valeurs beaucoup plus basses.

Par contre, les coûts d'une consommation accrue de carburant n'ont pas été pris en compte. Le recours à des techniques plus avancées permettra aux constructeurs d'améliorer les économies de carburant et de compenser ainsi la consommation accrue de carburant résultant de l'utilisation de filtres à particules.

Par ailleurs, l'estimation des bénéfices comporte d'importantes incertitudes. À cet égard, il convient de noter que toutes les particules émises par les EMNR sont ce qu'on appelle des nanoparticules, qui semblent constituer un problème de plus en plus préoccupant pour la santé.

En tenant compte de ces incertitudes, qui peuvent faire pencher la balance d'un côté ou de l'autre, il semble que le paquet pour la phase III est positif en soi du point de vue du rapport coûts/bénéfices. Il convient de noter cependant que ce résultat global est dû à l'effet très positif sur les grands moteurs, d'où l'importance de l'étude technique proposée en tant que partie intégrante du paquet.

3.8. **Flexibilité**

3.8.1. *Remarques générales*

Les engins mobiles non routiers sont utilisés pour un grand nombre d'applications différentes. En outre, bien que la législation dans ce domaine soit principalement axée sur les besoins des constructeurs de moteurs, elle concernera de nombreux constructeurs d'équipements, dont certains produisent des moteurs et d'autres non. Pour tenir compte de ces différents aspects, mais sans limiter la législation au plus petit dénominateur commun ni retarder sa mise en œuvre et par conséquent l'utilisation de techniques avancées, il convient de prévoir une certaine flexibilité (exemptions). Il s'agit d'un concept qui a été utilisé également dans la législation américaine en la matière.

D'un autre côté, la législation devrait être aussi claire que possible, afin qu'elle soit interprétée de la même façon dans tous les États membres. Le nombre d'exemptions devrait par conséquent être réduit au minimum. En raison des différences entre les systèmes administratifs, il serait d'ailleurs difficile de copier la législation américaine complètement.

Les cas suivants font l'objet de dispositions spéciales dans la législation.

3.8.2. *Constructeurs de moteurs*

3.8.2.1. Constructeurs en petites séries

Les constructeurs en petites séries disposent de moins de ressources pour mettre au point de nouvelles techniques. En outre, leur gamme de produits est insuffisante pour couvrir les coûts de développement. S'ils ne sont pas présents sur le marché mondial, ils ne sont pas tenus de se conformer à la législation américaine.

3.8.2.2. Petites familles de moteurs

Les coûts de développement devraient en principe être couverts par la famille de moteurs en question, mais cela est d'autant plus difficile que la famille est petite. Ce problème est particulièrement difficile pour les constructeurs de petits volumes, qui ne peuvent pas transférer les coûts vers d'autres familles de moteurs.

3.8.3. *Constructeurs d'équipements*

La directive 97/68/CE est une directive qui concerne les moteurs, ce qui signifie que c'est au constructeur de moteurs de respecter les normes. Toutefois, les moteurs finiront par être montés dans des équipements, soit par les constructeurs de moteurs eux-mêmes, soit par des constructeurs d'équipements distincts. Dans ce dernier cas en particulier, il est nécessaire de donner au constructeur d'équipements le temps d'adapter son produit au moteur. Une solution consisterait à autoriser la mise sur le marché des moteurs pendant une certaine période, à condition qu'ils aient été construits avant les dates d'entrée en vigueur.

La directive actuelle contient des dispositions dans ce sens, mais sous réserve d'une décision de l'État membre. En théorie, il suffirait qu'un seul État membre choisisse cette option pour ouvrir l'ensemble du marché. Dans la pratique, cela créerait toutefois des problèmes pour les constructeurs, étant donné qu'ils devraient alors mettre leur moteur sur le marché de cet État membre (ou de ces États membres), puis le transporter chez le client dans un autre État membre. On pourrait penser que cette option encouragerait les constructeurs à produire et à stocker un grand nombre de moteurs juste avant que les nouvelles limites d'émission entrent en vigueur. Dans la pratique, il est peu probable que tel sera le cas, car l'incertitude économique pour le constructeur est trop importante. Pour simplifier la législation, cette option de concevoir des équipements pour des moteurs déjà construits ne devrait pas être laissée à la discrétion des États membres.

3.8.4. *Solutions possibles*

La législation américaine permet un certain degré de flexibilité. Un élément essentiel de cette flexibilité est le système de compensation, de mise en réserve et d'échange de crédits d'émissions. En résumé, ce système permet à un constructeur de moteurs de mettre sur le marché un moteur qui dépasse les valeurs limites d'émission, à condition que cela soit compensé par la mise sur le marché de moteurs dont les émissions sont inférieures aux valeurs limites et que la valeur moyenne des émissions de l'ensemble des moteurs produits soit inférieure aux valeurs limites. Ce système permet d'assurer la flexibilité nécessaire sans perdre les bénéfices environnementaux.

Ce système était prévu dans la proposition de la Commission concernant les émissions provenant des moteurs à allumage commandé (COM(2000) 840 final). Toutefois, tant le Conseil que le Parlement européen l'ont rejeté parce qu'ils le jugeaient trop compliqué et injuste. Cette fois, la Commission ne propose pas d'inclure ce type de système.

Les constructeurs seront toutefois confrontés à des problèmes semblables pour se conformer à la législation communautaire et il convient donc de trouver une solution appropriée. Toute solution nécessitera de s'écarter du système classique de réception par type et il est donc essentiel de mettre en œuvre des dispositions flexibles qui seront interprétées de la même manière par les différents États membres et qui engendrent une charge administrative minimale.

Une possibilité est de d'appliquer le même concept que celui utilisé dans la législation américaine pour résoudre les problèmes des constructeurs d'équipements. En d'autres termes, un constructeur est autorisé à utiliser un nombre limité de moteurs qui respectent seulement les normes d'émission antérieures. Il peut alors utiliser cette flexibilité de la manière qui l'aide le mieux à résoudre ses problèmes spécifiques. Tel constructeur aura besoin de plus de temps pour le développement technique de sa production, alors que tel autre aura besoin d'un temps de développement plus long seulement pour une petite famille de moteurs. L'avantage de ce type de flexibilité est que les autorités compétentes en matière de réception ne doivent pas décider sur les détails et que les conséquences pour l'environnement seront connues à l'avance et seront les mêmes indépendamment de la stratégie choisie par le constructeur.

3.8.5. Conclusions

Pour résoudre les problèmes spéciaux qui pourraient survenir pour les constructeurs d'équipements, y compris ceux qui produisent en petites séries, et pour la production de petits volumes, il convient d'introduire un système de flexibilité volontaire permettant aux constructeurs d'équipements d'utiliser, pour une période de quatre ans, des moteurs qui ne respectent que les valeurs limites de la phase précédente. Le nombre de moteurs dans chaque gamme de puissance devrait être limité à 20 % de la production annuelle ou à un maximum d'unités en fonction de la gamme de puissance (50, 100, 150 ou 200).

3.9. Étude de faisabilité technique

Comme indiqué précédemment, il pourrait s'avérer difficile d'appliquer la technique des filtres à particules (ou des solutions comparables) sur certains types d'EMNR au moment où les valeurs limites de la phase III de B entreront en vigueur. Pour ce type d'équipement, il pourrait être nécessaire de reporter les dates d'application ou de prévoir des exemptions aux valeurs limites de la phase III B. Dans ce dernier cas, d'autres valeurs limites devraient s'appliquer, probablement basées sur celles du scénario 2 décrit au point 3.4.1.1 ci-dessus, soit une valeur limite de 40 % inférieure à la limite actuelle de la phase II pour les émissions de particules. Dès lors, il convient de réaliser une étude de faisabilité technique sur l'applicabilité de la technique des filtres à particules dans le secteur des engins mobile non routiers, et de proposer les exemptions éventuellement nécessaires. Cette étude, et les décisions qui en résultent, doivent avoir lieu suffisamment tôt pour donner aux constructeurs le temps dont ils ont besoin. D'un autre côté, si elle est réalisée trop tôt, elle ne laissera pas assez de temps au développement technique, ce qui pourrait aboutir à des exemptions alors que la technologie est disponible à la date de mise en œuvre. Pour arriver à une solution de compromis entre ces deux exigences, la Commission devrait présenter une proposition au plus tard à la fin du mois de décembre 2006.

D'autres questions importantes pourraient être incluses dans l'étude et, le cas échéant, dans la proposition. L'une de ces questions est bien sûr la nécessité de réduire davantage les émissions de NO_x, ce qui est étroitement lié à la disponibilité de dispositifs de post-traitement. Lors de l'examen de cet aspect dans l'étude technique en 2006, on disposera des informations

du projet CAFE en cours sur la nécessité globale d'une réduction supplémentaire des émissions et sur la rentabilité de mesures prises dans d'autres secteurs.

D'autres aspects peuvent être abordés dans le cadre de l'étude technique, par exemple:

- la nécessité de reconsidérer le champ d'application de la directive concernant les applications ferroviaires sur la base des derniers développements et des possibilités offertes par le nouveau cadre législatif de ce secteur, en particulier dans le domaine de l'interopérabilité ferroviaire,
- la nécessité et la faisabilité de contrôles de la conformité des équipements en service et de méthodes d'essai spécifiques pour les applications ferroviaires.

4. CONTENU DE LA PROPOSITION

4.1. Champ d'application de la directive (annexe I)

La directive 97/68/CE actuelle couvre les moteurs à allumage par compression de 18 kW à 560 kW. La législation américaine correspondante couvre la gamme de puissance 19-560 kW. Par souci d'harmonisation, la limite inférieure de 19 kW sera utilisée dans la directive 97/68/CE à partir de la date d'entrée en vigueur de la phase III.

Les locomotives ferroviaires sont actuellement exclues du champ d'application de la directive, mais celle-ci n'en donne pas une définition précise. Une définition des locomotives ferroviaires sera maintenant incluse comme dans la législation américaine correspondante. Cela signifie que les petits moteurs utilisés dans les autorails, par exemple, seront couverts par la directive. Cette approche est conforme à ce que la Commission a déclaré dans son Livre blanc sur une politique commune des transports (COM(2001) 370).

Les moteurs utilisés dans les bateaux de la navigation intérieure seront également inclus dans le champ d'application de la directive.

4.2. Procédure d'essai (annexe III)

La procédure actuelle définie dans la directive 97/68/CE pour mesurer les émissions est basée sur un cycle d'essai en régimes stabilisés – le cycle de 8 modes ISO C1.

La plupart des moteurs d'engins non routiers sont utilisées pour des applications qui ont dans une large mesure un caractère transitoire. Même des équipements tels que les pompes et les génératrices, qui fonctionnent le plus souvent à vitesse constante, peuvent s'écarter du fonctionnement en régimes stabilisés à cause de variations de la charge du moteur dans le temps. Grâce à une large coopération entre les autorités et le secteur d'activité concerné aux États-Unis, au Japon et en Europe, des efforts ont été faits pour mettre au point un nouveau cycle d'essai qui reflétera mieux cette situation. Cette coopération a abouti à l'élaboration d'un nouveau cycle d'essai transitoire qui peut aussi être réalisé avec des dynamomètres à courant de Foucault, ce qui réduit sensiblement le coût (entre un tiers et un quart du coût habituel) par rapport aux équipements classiques (dynamomètres à courant continu ou alternatif) utilisés pour les essais en régime transitoire.

Les futures normes de la phase III B pour les émissions de particules seront basées sur une nouvelle procédure d'essai en régime transitoire spécifique qui reflète mieux les conditions de fonctionnement réelles et, en particulier, qui met en évidence les émissions réelles de

particules, afin que soient mises au point des techniques de réduction des émissions produites dans ces conditions de fonctionnement. Pour la mesure des émissions gazeuses, les constructeurs pourront choisir entre le nouveau cycle d'essai transitoire et la procédure actuelle d'essai en régimes stabilisés.

Une réduction importante du coût (un cinquième du coût habituel ou moins) peut être obtenue si l'essai en régime transitoire est réalisé à l'aide des systèmes de dilution en circuit partiel au lieu d'avoir recours au concept CVS (échantillonnage à volume constant). À cet égard, les constructeurs pourront toujours choisir entre les systèmes en circuit principal et les systèmes en circuit partiel.

4.3. Valeurs limites pour la phase III (annexe I)

Pour répondre de manière appropriée aux exigences en matière de protection de l'environnement, des valeurs limites de phase III sont introduites tant pour les émissions de NO_x que pour les émissions de particules. Elles reposent sur la meilleure technologie disponible et sont applicables, dans la mesure du possible, aux EMNR en tenant compte de la nécessité d'une harmonisation à l'échelle mondiale.

En conséquence, les valeurs limites pour les émissions de gaz polluants (phase III A) sont équivalentes aux normes américaines de niveau III pour la bande de puissance supérieure à 37 kW et aux normes américaines de niveau II pour la gamme de puissance 19-37 kW. Les valeurs limites d'émission de particules (phase III B) pour la gamme de puissance supérieure à 37 kW reposent sur la supposition que les filtres à particules, ou des techniques d'une efficacité comparable, seront disponibles dans le secteur des engins non routiers, à condition de prévoir une période de préparation suffisamment longue.

Pour assurer la disponibilité de la technologie nécessaire, une clause de révision est prévue, stipulant que la Commission doit examiner le progrès technique, confirmer les valeurs limites pour les émissions de particules et, le cas échéant, proposer des exemptions en 2006 au plus tard. Cette révision pourrait comporter une étude complémentaire sur la possibilité d'utiliser des dispositifs de post-traitement pour réduire les émissions de gaz polluants (NO_x) à un stade ultérieur.

4.4. Dates de mise en œuvre de la phase III (article 9)

Pour la *gamme de puissance supérieure à 37 kW*, les valeurs limites de la phase III A peuvent être mises en œuvre (par étapes) à partir de 2006, car d'ici là les constructeurs devront satisfaire aux exigences du marché américain. Dans le cas des valeurs limites de la phase III B pour les émissions de particules, il faut prévoir période de préparation plus longue. Afin de donner aux constructeurs suffisamment de temps pour les travaux de développement techniques nécessaires, ces valeurs limites entreront en vigueur par étapes entre 2010 et 2012.

Pour la *gamme de puissance 19-37 kW*, la législation américaine correspondante sera mise en œuvre en 2004. Pour des raisons pratiques, il n'est cependant pas possible de l'introduire dans l'UE avant 2006.

Les dates d'application pour les *moteurs à vitesse constante* constituent un problème particulier. Ces moteurs sont exclus du champ d'application de la directive 97/68/EC. Toutefois, après les modifications adoptées récemment par le Conseil et le Parlement européen en ce qui concerne les moteurs à allumage commandé, ils seront couverts à partir du 31 décembre 2006, soit 3 à 6 ans plus tard que d'autres types de moteurs. Pour donner aux

constructeurs suffisamment de temps, les dates d'entrée en vigueur pour ce type de moteurs ont été modifiées en conséquence.

4.5. Qualité du carburant

4.5.1. Remarques générales

Les normes d'émission des deux phases dans la directive 97/68/CE actuelle peuvent être respectées sans exigence particulière en ce qui concerne la qualité du carburant. Par contre, pour pouvoir respecter les normes proposées de la phase III B pour les émissions de particules, un carburant à faible teneur en soufre (moins de 50 ppm) devra être utilisé. Une modification distincte de la directive 98/70/CE sera par conséquent proposée par la Commission en temps utile avant les dates d'entrée en vigueur de ces valeurs limites.

4.5.2. Carburant de référence

Le carburant de référence utilisé à des fins de réception par type devrait avoir la même qualité que celui utilisé dans les conditions de fonctionnement réelles. Comme les États membres ont des législations différentes en ce qui concerne les carburants disponibles sur le marché, la spécification du carburant de référence actuel est un compromis. Le paramètre le plus important (teneur en soufre) doit se situer entre 1 000 et 2 000 ppm.

Les valeurs limites d'émission de particules proposées pour la phase III B exigeront l'utilisation de carburant à faible teneur en soufre. En conséquence, il est prévu de prescrire un carburant de référence équivalent à celui utilisé pour les véhicules routiers. Le constructeur peut utiliser du carburant de cette qualité lors de la réception par type, obligatoire ou volontaire, de moteurs qui respectent les valeurs limites de la phase III B.

4.6. Exigences de durabilité (annexe III, appendice 5)

La législation américaine contient une définition de la durée de vie utile pendant laquelle les valeurs limites doivent être respectées, ainsi que des dispositions en matière de rappel.

Comme ce type d'équipement n'est pas immatriculé, il est plus difficile de mettre en œuvre des programmes de contrôle de la conformité des équipements en service. Dès lors, à ce stade initial, la durée de vie utile est définie seulement pour les différentes catégories de moteurs (3 000 à 5 000 heures pour les moteurs de moins de 37 kW et 8 000 heures pour les moteurs de 37 kW ou plus) et les constructeurs sont tenus d'établir des facteurs de détérioration à utiliser lors de la réception par type.

L'étape suivante – contrôles de la conformité des équipements en service et rappels – pourrait être examinée dans le cadre de l'étude technique mentionnée plus haut.

4.7. Flexibilité (article 9 et annexe XIII)

La directive 97/68/CE est une directive qui concerne les moteurs, ce qui signifie que c'est au constructeur de moteurs de respecter les normes. Toutefois, les moteurs finiront par être montés dans des équipements, soit par les constructeurs de moteurs eux-mêmes, soit par des constructeurs d'équipements distincts. Dans ce dernier cas en particulier, il est nécessaire de donner au constructeur d'équipements le temps d'adapter son produit au moteur. Des problèmes spécifiques se poseront à cet égard aux constructeurs de petites séries ou dans le cas de la production de petits volumes.

Pour assurer la flexibilité, deux possibilités sont prévues.

La première permet aux constructeurs d'équipements d'utiliser de « vieux » moteurs pour une période de deux ans, à condition que ces moteurs soient produits avant la date d'entrée en vigueur des nouvelles valeurs limites. Cette option existe déjà dans la directive actuelle, mais sous réserve d'une décision de l'État membre.

La seconde possibilité est une option volontaire permettant aux constructeurs d'équipements d'utiliser un nombre limité de moteurs qui respectent seulement les valeurs limites antérieures. Le nombre de ces moteurs est limité à 20 % de la production annuelle dans chaque gamme de puissance ou à un maximum d'unités en fonction de la gamme de puissance (50, 100, 150 ou 200), et ils peuvent être utilisés pour la période séparant deux phases de valeurs limites. Chaque constructeur peut ainsi adopter la solution qui convient le mieux à sa situation; tel constructeur peut avoir des problèmes avec une famille de moteurs, tandis qu'un autre peut souffrir d'un retard général dans le développement de ses produits. Avec cette option, les conséquences pour l'environnement sont connues d'avance et la responsabilité principale pour la solution des problèmes est transférée aux constructeurs. C'est aussi la meilleure façon de résoudre les inégalités potentielles entre petits et grands constructeurs.

La législation américaine contient une option comparable, de même qu'un certain nombre d'autres mécanismes de flexibilité, comme le système de compensation et de mise en réserve. Certaines de ces autres options sont sans doute pratiques aux États-Unis, étant donné que la législation y est mise en œuvre par une administration unique. En Europe, 15 autorités différentes sont théoriquement impliquées dans la réception par type et il n'est donc pas pratique d'introduire toutes ces options.

Les organisations européennes de constructeurs de moteurs et d'équipements (Euromot et CECE/CEMA, respectivement) ont expliqué qu'elles sont satisfaites de la solution proposée. La Commission estime que ces organisations représentent l'ensemble des constructeurs.

4.8. Étude de faisabilité technique

Comme indiqué plus haut, une étude de faisabilité technique devrait être effectuée sur la question de savoir si la technologie des filtres à particules peut être appliquée dans le secteur des engins mobiles non routiers, éventuellement avec une proposition concernant les applications qui ne devraient répondre qu'aux normes les moins strictes en matière d'émissions de particules. Cette étude doit avoir lieu suffisamment tôt pour que des informations puissent être données en temps utile aux constructeurs sur les valeurs limites appropriées. D'un autre côté, il faut prévoir un délai raisonnable pour que le développement technique nécessaire puisse avoir lieu. Pour arriver à une solution de compromis entre ces deux exigences, la Commission devrait présenter une proposition au plus tard en décembre 2006.

Proposition de

DIRECTIVE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL

modifiant la directive 97/68/CE sur le rapprochement des législations des États membres relatives aux mesures contre les émissions de gaz et de particules polluants provenant des moteurs à combustion interne destinés aux engins mobiles non routiers

(Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE)

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

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

vu la proposition de la Commission¹,

vu l'avis du Comité économique et social européen²,

statuant conformément à la procédure visée à l'article 251 du traité³,

considérant ce qui suit:

- (1) La directive 97/68/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 1997 sur le rapprochement des législations des États membres relatives aux mesures contre les émissions de gaz et de particules polluants provenant des moteurs à combustion interne destinés aux engins mobiles non routiers⁴ met en œuvre en deux phases des valeurs limites d'émission pour les moteurs à allumage par compression et invite la Commission à proposer une réduction supplémentaire de ces valeurs limites, en tenant compte de l'ensemble des techniques disponibles pour contrôler les émissions polluantes des moteurs à combustion interne ainsi que de la situation en matière de qualité de l'air.
- (2) Selon les conclusions du programme Auto-Oil⁵, des mesures supplémentaires doivent être prises pour améliorer la qualité future de l'air dans la Communauté, particulièrement en ce qui concerne la formation d'ozone et les émissions de particules.
- (3) Dans le secteur des véhicules routiers, une technologie avancée de réduction des émissions provenant des moteurs à allumage par compression est déjà largement disponible et cette technologie devrait être applicable dans une large mesure dans le secteur des engins mobiles non routiers.

¹ J.O. L [...] du [... ..], p. [...].

² J.O. L [...] du [... ..], p. [...].

³ J.O. L [...] du [... ..], p. [...].

⁴ J.O. L 59 du 27.2.1998, p. 1.

⁵ COM(2000) final.

- (4) Il subsiste des incertitudes quant à la situation, vers 2010, en matière de rapport coût/efficacité de l'utilisation sur les petits moteurs de dispositifs de post-traitement des émissions de particules, ainsi qu'en matière de disponibilité de tels dispositifs pour réduire les émissions d'oxydes d'azote (NO_x). Une étude technique devrait être réalisée avant le 31 décembre 2006 et, le cas échéant, il convient de prévoir des exemptions ou de reporter les dates d'entrée en vigueur des valeurs limites d'émission de particules et des valeurs limites plus strictes pour les gaz polluants.
- (5) Une procédure d'essai en régime transitoire doit être mise au point pour couvrir les conditions de fonctionnement réelles de ce type d'engins.
- (6) Le paquet proposé de valeurs limites de phase III devrait être aligné autant que possible sur la législation en cours d'élaboration aux États-Unis, afin d'offrir aux constructeurs un marché mondial pour leurs moteurs.
- (7) Il convient de définir également des normes d'émission pour certaines applications ferroviaires et marines, afin de contribuer à leur promotion en tant que modes de transport respectueux de l'environnement.
- (8) Étant donné que la technologie requise pour respecter les valeurs limites de la phase III B pour les émissions de particules, la teneur en soufre du carburant doit être réduite dans de nombreux États membres. Il convient de définir un carburant de référence qui reflète la situation sur le marché des carburants.
- (9) Il est important aussi de tenir compte des performances des moteurs en matière d'émissions pendant toute leur durée de vie utile. Des exigences de durabilité devraient être prescrites pour éviter la détérioration de ces performances.
- (10) Il est nécessaire de prévoir des dispositions spéciales pour les constructeurs d'équipements, afin de leur donner le temps de concevoir leurs produits et de résoudre les problèmes de production en petites séries.
- (11) Étant donné que l'objectif de l'action envisagée, à savoir l'amélioration de la qualité de l'air, ne peut pas être réalisé de manière suffisante par les États membres, car les règles nécessaires en matière d'émissions des produits doivent être prescrites au niveau communautaire, la Communauté peut prendre des mesures, conformément au principe de subsidiarité consacré à l'article 5 du traité. Conformément au principe de proportionnalité tel qu'énoncé audit article, la présente directive n'excède pas ce qui est nécessaire pour atteindre cet objectif.
- (12) La directive 97/68/CE doit par conséquent être modifiée en conséquence,

ONT ARRÊTÉ LA PRÉSENTE DIRECTIVE:

Article premier

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

- 1) À l'article 2 le tiret suivant est ajouté:
 - « *bateau de la navigation intérieure*, un bateau un bateau d'une longueur égale ou supérieure à 20 mètres, d'un volume égal ou supérieur à 100 m³ selon la formule

définie à l'annexe I, section 2, point 2.8, sous a), ou un remorqueur ou un pousseur construit pour remorquer, pousser ou mener à couple des bateaux de 20 mètres ou plus. »

2) À l'article 2, l'alinéa suivant est ajouté:

« La définition au 16^e tiret du premier alinéa n'englobe pas les bateaux destinés au transport de voyageurs transportant 12 personnes au maximum en plus de l'équipage, les bacs, les bateaux de plaisance d'une longueur inférieure à 24 mètres (tels qu'ils sont définis à l'article 1^{er}, paragraphe 2, de la directive 94/25/CE), les bateaux de service des autorités de contrôle et les bateaux de service d'incendie, les bateaux militaires et les navires de mer, y compris les remorqueurs et pousseurs de mers circulant ou stationnant sur les eaux fluvio-maritimes ou se trouvant temporairement sur les eaux intérieures, pour autant qu'ils soient munis d'un des certificats de navigation ou de sécurité en cours de validité définis à l'annexe I, section 2, point 2.8, sous b). »

3) À l'article 4, le paragraphe 6 suivant est ajouté:

« 6. Pour les moteurs mis sur le marché dans le cadre d'un mécanisme de flexibilité, la procédure visée à l'annexe XIII s'applique en sus des paragraphes 1 à 5. »

4) L'article 6 le paragraphe 5 suivant est ajouté:

« 5. Les moteurs mis sur le marché dans le cadre d'un mécanisme de flexibilité sont étiquetés conformément à l'annexe XIII. »

5) L'article 8 est modifié comme suit:

a) Le titre est remplacé par le « Mise sur le marché ».

b) Au paragraphe 1, le mot « nouveaux » est supprimé.

6) L'article 9 est modifié comme suit:

a) Dans la phrase introductive du paragraphe 3, le texte « et ils refusent de procéder à toute autre réception par type pour les engins mobiles non routiers sur lesquels un moteur est installé » est remplacé par « et ils refusent de procéder à toute autre réception par type pour les engins mobiles non routiers, non encore mis sur le marché, sur lesquels un moteur est installé ».

b) Les paragraphes 3 *bis*, 3 *ter* et 3 *quater* suivants sont insérés:

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

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

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

si ces moteurs ne satisfont pas aux exigences de la présente directive et si leurs émissions de gaz polluants ne sont pas conformes aux valeurs limites indiquées dans le tableau figurant à l’annexe I, point 4.2.3.

3 ter. RÉCEPTION PAR TYPE DES MOTEURS DE LA PHASE III B (CATÉGORIES DE MOTEURS K, L, M et N)

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

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

si ces moteurs ne satisfont pas aux exigences de la présente directive et si leurs émissions de particules polluantes ne sont pas conformes aux valeurs limites indiquées dans le tableau figurant à l’annexe I, point 4.2.3.

3 quater. RÉCEPTION PAR TYPE DES MOTEURS UTILISÉS SUR LES BATEAUX DE LA NAVIGATION INTÉRIEURE (CATÉGORIE DE MOTEURS V)

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

- V1:1: après le 31 décembre 2005 pour les moteurs d'une puissance supérieure à 37 kW et une cylindrée inférieure à 0,9 litre par cylindre,
- V1:2: après le 30 juin 2005 pour les moteurs d'une cylindrée égale ou supérieure à 0,9 litre mais inférieure à 1,2 litre par cylindre,
- V1:3: après le 30 juin 2005 pour les moteurs d'une cylindrée égale ou supérieure à 1,2 litre mais inférieure à 2,5 litres par cylindre, et d'une puissance de $37 \text{ kW} \leq P < 75 \text{ kW}$,
- V1:4: après le 31 décembre 2006 pour les moteurs d'une cylindrée égale ou supérieure à 2,5 litres mais inférieure à 5 litres par cylindre,
- V2: après le 31 décembre 2007 pour les moteurs d'une cylindrée supérieure à 5 litres par cylindre,

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

c) Le paragraphe 4 est modifié comme suit:

i) Dans le titre, les mots « immatriculation et » sont supprimés.

ii) Au premier alinéa, le texte « les États membres autorisent l'immatriculation, le cas échéant, et la mise sur le marché de nouveaux moteurs » est remplacé par « les États membres autorisent la mise sur le marché de nouveaux moteurs ».

iii) Le deuxième et le troisième alinéas sont remplacés par le texte suivant:

« *Phase III A*

- catégorie H: 31 décembre 2005
- catégorie I: 31 décembre 2006
- catégorie J: 31 décembre 2007
- catégorie K: 31 décembre 2006
- catégorie V1:1: 31 décembre 2006
- catégorie V1:2: 31 décembre 2006
- catégorie V1:3: 31 décembre 2006
- catégorie V1:4: 31 décembre 2008
- catégories V2: 31 décembre 2008

Pour les moteurs à vitesse constante des catégories H, J, K et L, l'application est différée de quatre ans par rapport aux dates indiquées ci-dessus.

Phase III B

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

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

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

7) À l'article 10, le paragraphe 3 suivant est ajouté:

« 3. Les moteurs peuvent être mis sur le marché dans le cadre d'un mécanisme de flexibilité conformément aux dispositions de l'annexe XIII. »

8) Les annexes sont modifiées comme suit.

- a) Les annexes I, III, V, VII et XII sont modifiées conformément à l'annexe I de la présente directive.
- b) L'annexe VI est remplacé par le texte de l'annexe II de la présente directive.
- c) Une nouvelle annexe XIII est ajoutée conformément à l'annexe III de la présente directive.

Article 2

Au plus tard le 31 décembre 2006, la Commission

- examine la technologie disponible en vue de confirmer les valeurs limites de la phase III B et d'évaluer la nécessité éventuelle de mécanismes de flexibilité ou d'exemptions supplémentaires, ou de dates d'introduction ultérieures pour certains types d'équipements ou de moteurs,
- évalue la nécessité d'utiliser une procédure d'essai distincte pour les applications ferroviaires,
- évalue la nécessité de modifier le champ d'application de la directive sur la base des derniers développements du cadre législatif en matière de transport et d'interopérabilité ferroviaires, afin de couvrir le plus judicieusement possible toutes les applications ferroviaires,
- envisage un renforcement des valeurs limites d'émission de gaz polluants, sur la base des exigences en matière de protection de l'environnement et de l'évolution

technologique dans le domaine des dispositifs de post-traitement pour la réduction des émissions de NO_x dans le secteur routier,

- examine la nécessité d'introduire une série supplémentaire de valeurs limites pour les moteurs destinés à la propulsion des bateaux de la navigation intérieure,
- examine la nécessité d'introduire des valeurs limites pour les moteurs d'une puissance inférieure à 19 kW ou supérieure à 560 kW,

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

Article 3

1. Les États membres mettent en vigueur les dispositions législatives, réglementaires et administratives nécessaires pour se conformer à la présente directive [dans un délai de 12 mois à compter de sa date d'entrée en vigueur] [avant le 1^{er} juillet 2005]. Ils en informent immédiatement la Commission.

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

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

Article 4

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

Article 5

Les États membres sont destinataires de la présente directive.

Fait à Bruxelles, le [...]

Par le Parlement européen
Le Président

Par le Conseil
Le Président

ANNEXE I

1. L'annexe I de la directive 97/68 est modifiée comme suit.

a) À la section 1, dernier alinéa, point b), les mots « aux bateaux » sont remplacés par « aux bateaux, à l'exception des bateaux destinés à la navigation intérieure »;

b) À la section 1, dernier alinéa, point c), les mots « aux locomotives ferroviaires » sont remplacés par « aux locomotives ferroviaires non conçues pour transporter elles-mêmes des voyageurs ou des marchandises ».

c) La section 2 est modifiée comme suit:

i) Les points 2.8 *bis* et 2.8 *ter* suivants sont insérés:

« 2.8 *bis*. *volume égal ou supérieur à 100 m³*, en ce qui concerne un bateau de la navigation intérieure, le volume de celui-ci calculé à l'aide de la formule $L \times B \times T$, où L est la longueur maximale de la coque, gouvernail et beaupré non compris, B est la largeur maximale de la coque en mètres, mesurée à l'extérieur du bordé (roues à aubes, bourrelets de défense, etc., non compris) et T est la distance verticale entre le point le plus bas de la coque hors membrures ou de la quille et le plan du plus grand enfoncement du bateau.

2.8 *ter*. *certificat de navigation ou de sécurité en cours de validité*,

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

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

ii) Le point 2.17 suivant est inséré:

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

iii) Le point 2.17 est renuméroté 2.18 et est remplacé par le texte suivant:

« 2.18. Symboles et abréviations

2.18.1. Symboles des paramètres d'essai

Symbole	Unité	Terme
A/F_{st}	-	Rapport air/carburant stœchiométrique
A_p	m ²	Aire de la section de la sonde de prélèvement isocinétique
A_T	m ²	Aire de la section du tuyau d'échappement
Aver	-	Valeurs moyennes pondérées pour:
C _I	-	Hydrocarbure exprimé en équivalent-carbone 1
C _d	-	Coefficient de décharge du SSV
conc	ppm	Concentration (avec le suffixe de l'élément qui est à l'origine de la dénomination)
conc _c	ppm vol%	Concentration corrigée de la concentration de fond
conc _d	ppm vol%	Concentration du polluant mesurée dans l'air de dilution
conc _e	ppm vol%	Concentration du polluant mesurée dans le gaz d'échappement dilué
D	m	Diamètre
DF	-	Facteur de dilution
F _a	-	Facteur atmosphérique de laboratoire
G _{AIRD}	kg/h	Débit massique d'air d'admission (conditions sèches)
G _{AIRW}	kg/h	Débit massique d'air d'admission (conditions humides)
G _{DILW}	kg/h	Débit massique d'air de dilution (conditions humides)
G _{EDFW}	kg/h	Débit massique équivalent de gaz d'échappement (conditions humides)
G _{EXHW}	kg/h	Débit massique de gaz d'échappement (conditions humides)
G _{FUEL}	kg/h	Débit massique de carburant
G _{SE}	kg/h	Débit massique de l'échantillon de gaz d'échappement
G _T	cm ³ /min	Débit du gaz marqueur
G _{TOTW}	kg/h	Débit massique de gaz d'échappement dilués (conditions humides)
H _a	g/kg	Humidité absolue de l'air d'admission
H _d	g/kg	Humidité absolue de l'air de dilution
H _{REF}	g/kg	Valeur de référence de l'humidité absolue (10,71 g/kg)
i	-	Indice désignant un des modes de l'essai (essai NRSC) ou une valeur instantanée (essai
K _H	-	Facteur de correction de l'humidité pour les NO _x
K _p	-	Facteur de correction de l'humidité pour les particules
K _V	-	Fonction d'étalonnage du CFV
K _{W,a}	-	Facteur de correction pour l'air d'admission (passage des conditions sèches aux conditions
K _{W,d}	-	Facteur de correction pour l'air de dilution (passage des conditions sèches aux conditions
K _{W,e}	-	Facteur de correction pour les gaz d'échappement dilués (passage des conditions sèches
K _{W,r}	-	Facteur de correction pour les gaz d'échappement bruts (passage des conditions sèches
L	%	Pourcentage du couple maximal pour le régime du moteur à l'essai
M _d	mg	Masse des particules collectées dans l'air de dilution
M _{DIL}	kg	Masse de l'échantillon d'air de dilution traversant les filtres à particules
M _{EDFW}	kg	Masse de l'équivalent de gaz d'échappement dilués sur la durée du cycle
M _{EXHW}	kg	Débit massique total de gaz d'échappement sur la durée du cycle
M _f	mg	Masse des particules collectées
M _{f,p}	mg	Masse des particules collectées sur le filtre primaire
M _{f,b}	mg	Masse des particules collectées sur le filtre secondaire
M _{gaz}	g	Masse totale de gaz polluant sur la durée du cycle
M _{PT}	g	Masse totale de particules sur la durée du cycle
M _{SAM}	kg	Masse de gaz d'échappement dilués traversant les filtres à particules
M _{SE}	kg	Masse de l'échantillon de gaz d'échappement sur la durée du cycle
M _{SEC}	kg	Masse de l'air de dilution secondaire
M _{TOT}	kg	Masse totale de gaz d'échappement doublement dilués sur la durée du cycle
M _{TOTW}	kg	Masse totale de gaz d'échappement dilués traversant le tunnel de dilution sur la durée du
M _{TOTW,I}	kg	Masse instantanée de gaz d'échappement dilués traversant le tunnel de dilution dans des
mass	g/h	Indice désignant le débit massique des émissions
N _p	-	Nombre total de tours de la pompe volumétrique sur la durée du cycle
n _{réf}	Tr/min	Régime de référence du moteur pour l'essai NRTC

$\dot{n}_{sp}$	s ⁻²	Dérivée du régime du moteur
P	kW	Puissance au frein, non corrigée
p ₁	kPa	Dépression sous la pression atmosphérique à l'orifice d'aspiration de la pompe
P _A	kPa	Pression absolue
P _a	kPa	Tension de vapeur à saturation de l'air d'admission du moteur (ISO 3046: P _{sy} = essai PSY,
P _{AE}	kW	Puissance totale déclarée absorbée par les accessoires prévus pour l'essai qui ne sont pas
P _B	kPa	Pression barométrique totale (ISO 3046:
P _d	kPa	Tension de vapeur à saturation de l'air de dilution
P _M	kW	Puissance maximale au régime d'essai dans les conditions d'essai (annexe VII, appendice
P _m	kW	Puissance mesurée au banc d'essai
p _s	kPa	Pression atmosphérique (conditions sèches)
Q	-	Taux de dilution
Q _s	m ³ /s	Débit volumique de l'échantillon à volume constant
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
Re	-	Nombre de Reynolds
R _f	-	Facteur de réaction du FID
T	K	Température absolue
T	s	Temps de mesure
T _a	K	Température absolue de l'air d'admission
T _D	K	Température absolue au point de rosée
T _{ref}	K	Température de référence (de l'air de combustion: 298 K)
T _{sp}	Nm	Couple requis par le cycle transitoire
t ₁₀	s	Temps entre le signal d'entrée progressif et 10 % du relevé final
t ₅₀	s	Temps entre le signal d'entrée progressif et 50 % du relevé final
t ₉₀	s	Temps entre le signal d'entrée progressif et 90 % du relevé final
Δt _i	s	Intervalle de temps pour le débit instantané du CFV

V_0	m^3/tr	Débit volumique de la pompe volumétrique dans des conditions réelles
W_{eff}	kWh	Travail du cycle effectif de l'essai NRTC
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
Θ_D	$\text{kg}\cdot\text{m}^2$	Inertie de rotation du dynamomètre à courant de Foucault
β		Rapport entre le diamètre d du col du SSV et le diamètre intérieur du tuyau d'admission
λ	-	Rapport air/carburant relatif: rapport a/c effectif divisé par le rapport a/c stœchiométrique
ρ_{EXH}	kg/h	Densité des gaz d'échappement

2.18.2. *Symboles des composés chimiques*

CH_4	Méthane
C_3H_8	Propane
C_2H_6	Éthane
CO	Monoxyde de carbone
CO_2	Dioxyde de carbone
DOP	Di-octylphtalate
H_2O	Eau
HC	Hydrocarbures
NO_x	Oxydes d'azote
NO	Monoxyde d'azote
NO_2	Dioxyde d'azote
O_2	Oxygène
P	Particules
PTFE	Polytétrafluoroéthylène

2.18.3. Abréviations

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

d) La section 3 est modifiée comme suit:

i) Le point 3.1.4 suivant est inséré:

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

d) La section 4 est modifiée comme suit:

- au point 4.1.2, les trois nouveaux points 4.1.2.4 - 4.1.2.6 suivants sont ajoutés:

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

Moteurs utilisés pour des applications autres que la propulsion des bateaux de la navigation intérieure:

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

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

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

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

Catégorie: puissance nette (P) (kW)	Masse de monoxyde de carbone (CO) (g/kWh)	Somme des hydrocarbures et des oxydes d'azote HC + NO _x (g/kWh)	Masse de particules (PT) (g/kWh)
L: $130 \text{ kW} \leq P \leq 560 \text{ kW}^1$	3,5	4,0	0,02
M: $75 \text{ kW} \leq P < 130 \text{ kW}$	5,0	4,0	0,02
N: $37 \text{ kW} \leq P < 75 \text{ kW}$	5,0	4,7	0,02

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

- Le point 4.1.2.4 est renuméroté 4.1.2.7.

3. L'annexe III est modifiée comme suit.

a) La section 1 est modifiée comme suit.

- Au point 1.1, les alinéas suivants sont ajoutés:

« Deux cycles d'essai sont décrits et doivent être exécutés conformément aux dispositions de l'annexe I, section 1:

- l'essai NRSC (*Non-Road Steady Cycle*, cycle en régimes stabilisés pour engins mobiles non routiers), utilisé pour les phases I, II et III A et pour les moteurs à vitesse constante ainsi que pour la phase III B,

- l'essai NRTC (*Non-Road Transient Cycle*, cycle en régimes transitoires pour engins mobiles non routiers), utilisé pour la mesure des émissions de particules dans la phase III B pour tous les moteurs, à l'exception des moteurs à vitesse constante. Au choix du constructeur, ce cycle d'essai peut être utilisé également pour la phase II A et pour les gaz polluants dans la phase III B.

Pour les moteurs destinés à la propulsion des bateaux de la navigation intérieure, la procédure d'essai ISO prescrite par la norme ISO 8178 et par l'annexe VI (Code NO_x) de la convention MARPOL 73/78 de l'OMI est appliquée. »

- Le point 1.3 suivant est inséré:

« 1.3. Principe de mesure

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

1.3.1. *Essai NRSC*

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

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

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

1.3.2. *Essai NRTC*

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

b) La section 2 est modifiée comme suit:

- Le point 2.2.3 est remplacé par le texte suivant:

« 2.2.3. *Moteurs avec refroidissement de l'air de suralimentation*

La température de l'air de suralimentation doit être enregistrée et se situer, au régime nominal déclaré et à pleine charge, à moins de ± 5 K de la température maximale de l'air de

suralimentation spécifiée par le constructeur. La température du liquide de refroidissement doit au moins atteindre 293 K (20 °C).

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

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

- Le texte du point 2.3 (Système d'admission d'air du moteur) est remplacé par le texte suivant:

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

- Le texte du point 2.4 (Système d'échappement du moteur) est remplacé par le texte suivant:

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

Si le moteur est équipé d'un dispositif de post-traitement des gaz d'échappement, le tuyau d'échappement doit posséder le même diamètre que celui utilisé pour au moins 4 tuyaux en amont de l'admission du début de la partie d'expansion qui renferme le dispositif de post-traitement. La distance de la bride du collecteur d'échappement ou de la sortie du turbocompresseur au dispositif de post-traitement des gaz d'échappement doit être la même que dans la configuration 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. »

- Le point 2.8 est supprimé.
- c) La section 3 est modifiée comme suit:
 - Le titre de la section 3 est modifié comme suit:

« 3. EXÉCUTION DE L'ESSAI (ESSAI NRSC) »

- Le point 3.1 suivant est inséré:

« 3.1. Détermination des réglages du dynamomètre

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

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

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

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

Les réglages de la bride d'admission et de la contre-pression du tuyau d'échappement seront ajustés aux limites supérieures indiquées par le constructeur, conformément aux points 2.3 et 2.4.

Les valeurs maximales de couple aux régimes d'essai spécifiés sont déterminées expérimentalement afin de calculer les valeurs du couple pour les modes d'essai indiqués. Pour les moteurs qui ne sont pas conçus pour fonctionner dans une plage de régimes sur une courbe de couple à pleine charge, le couple maximal aux régimes d'essai est déclaré par le constructeur.

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

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

Pour un taux:

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

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

- Les points 3.1 à 3.3 sont renumérotés 3.2 à 3.4.
- Le point 3.4 est renuméroté 3.5 et le texte est remplacé par le texte suivant:

« 3.5. Réglage du taux de dilution

Le système de prélèvement d'échantillons de particules doit être mis en marche et équipé d'un dispositif de dérivation pour la méthode à filtre unique (facultatif pour la méthode à filtres multiples). La concentration de fond de particules dans l'air de dilution peut être déterminée en faisant passer cet air à travers les filtres à particules. Si on utilise de l'air de dilution filtré, il suffit de procéder à une seule mesure avant, pendant ou après l'essai. Si l'air de dilution n'est pas filtré, la mesure doit être effectuée sur un échantillon prélevé pendant la durée de l'essai.

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

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

Pour les méthodes à filtre unique et à filtres multiples, le débit massique de l'échantillon à travers le filtre doit représenter une proportion constante du débit massique des gaz d'échappement dilués pour les systèmes de dilution en circuit principal et dans tous les modes. Ce rapport de masse doit être maintenu à $\pm 5 \%$ par rapport à la valeur moyenne du mode, sauf pendant les dix premières secondes de chaque mode pour les systèmes non dotés d'un dispositif de dérivation. Dans le cas des systèmes de dilution en circuit partiel, le débit massique à travers le filtre doit être maintenu à $\pm 5 \%$ par rapport à la valeur moyenne du mode, sauf pendant les dix premières secondes de chaque mode pour les systèmes non dotés d'un dispositif de dérivation.

Pour les systèmes avec mesure des concentrations de CO₂ ou de NO_x, la teneur de l'air de dilution en CO₂ ou NO_x doit être mesurée au début et à la fin de chaque essai. L'écart entre les concentrations ambiantes de CO₂ ou de NO_x dans l'air de dilution, avant et après l'essai, ne doit pas être supérieur à 100 ppm ou 5 ppm respectivement.

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

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

- Les points 3.5 à 3.6 son renumérotés 3.6 à 3.7.
- Le point 3.6.1 est remplacé par le texte suivant:

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

3.7.1.1. Spécification A

Pour les moteurs indiqués à la section 1, point A, sous i), de l'annexe I, le cycle de 8 modes¹ doit être exécuté avec le moteur d'essai sur le dynamomètre:

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

3.7.1.2. Spécification B

Pour les moteurs indiqués à la section 1, point A, sous ii), de l'annexe I, le cycle de 5 modes² suivant doit être exécuté avec le moteur d'essai sur le dynamomètre:

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

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

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

3.7.1.3 Spécification C

Pour les moteurs destinés à la propulsion des bateaux de la navigation intérieure, la procédure d'essai ISO prescrite par la norme ISO 8178 et par l'annexe VI (Code NO_x) de la convention MARPOL 73/78 de l'OMI est appliquée.

Les taux de charge sont les valeurs en pourcentage du couple correspondant à la puissance pour le service de base, définie comme étant la puissance maximale disponible au cours d'une séquence d'exploitation variable, dont la durée peut atteindre un nombre d'heures illimité par an, entre des entretiens dont la fréquence est déclarée et dans les conditions ambiantes déclarées, l'entretien étant effectué selon les prescriptions du constructeur.¹ »

- Le point 3.6.3 actuel est modifié comme suit.
- i) Au premier alinéa, le mot « cycle » est remplacé par le mot « cycles ».
- ii) Au deuxième alinéa, la première phrase commence par « Pendant chaque mode du cycle d'essai donné » (le reste du texte demeure inchangé).
- Le point 3.7 est renuméroté 3.8.
- d) La section 4 suivante est insérée:

« 4. EXÉCUTION DE L'ESSAI (ESSAI NRTC)

4.1. Introduction

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

4.2. Procédure de réalisation de la cartographie du moteur

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

4.2.1. Détermination de la gamme de régimes de la cartographie

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

Régime de cartographie minimal = régime de ralenti

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

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

4.2.2. *Courbe de cartographie du moteur*

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

4.2.2.1. Cartographie transitoire

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

4.2.2.2. Cartographie progressive

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

4.2.3. *Élaboration de la courbe de cartographie*

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

4.2.4. *Autres techniques de cartographie*

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

cependant être obtenue à partir de vitesses décroissantes pour des moteurs à régulateur ou à turbocompresseur.

4.2.5. *Renouvellement des essais*

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

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

ou

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

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

4.3.1. *Régime de référence*

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

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

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

4.3.2. *Dénormalisation du régime du moteur*

Le régime est dénormalisé en appliquant la formule suivante:

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

4.3.3. *Dénormalisation du couple du moteur*

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

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

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

4.3.4. *Exemple de procédure de dénormalisation*

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

% de régime = 43

% de couple = 82

En supposant les valeurs suivantes:

régime de référence = 2 200 tr/min

régime de ralenti = 600 tr/min

nous obtenons

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

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

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

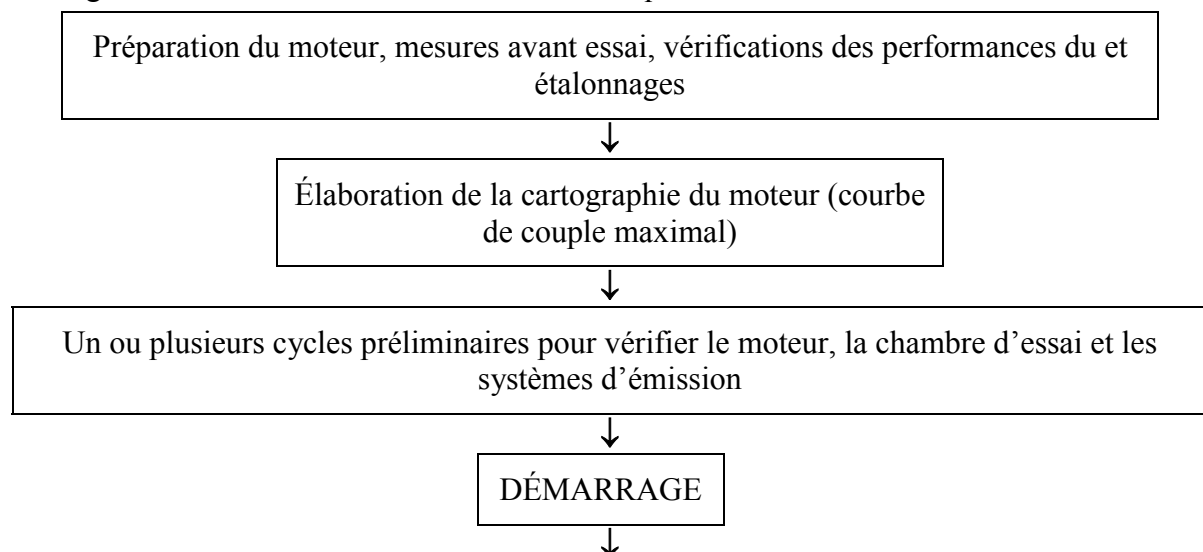
4.4. **Dynamomètre**

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

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

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

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



Exécution du cycle de conditionnement prescrit pendant au moins 20 minutes pour conditionner le moteur et le système d'échantillonnage des particules, y compris le tunnel de dilution (circuit partiel ou principal)

Les particules sont recueillies sur un filtre à blanc



Le moteur étant en marche, réglage du système d'échantillonnage des particules en mode dérivation et remplacement du filtre à particules par le filtre de prélèvement stabilisé et pesé. Préparation de tous les autres systèmes pour l'échantillonnage et la collecte de données



Exécution du cycle d'essai, moteur chaud, dans un délai de 5 minutes après l'arrêt du moteur ou après que le moteur en fonctionnement a été mis au ralenti

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

4.5.1. *Préparation des filtres d'échantillonnage*

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

4.5.2. *Installation du matériel de mesure*

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

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

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

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

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

4.5.5. *Réglage du système de dilution*

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

4.5.6. *Vérification des analyseurs*

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

4.5.7. *Procédure de démarrage du moteur*

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

4.5.8. *Exécution du cycle*

4.5.8.1. Séquence d'essai

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

4.5.8.2. Réponse des analyseurs

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

- début de la collecte ou de l'analyse de l'air de dilution, si un système de dilution en circuit principal est utilisé;

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

Dans le cas de la mesure des gaz d'échappement bruts, les concentrations des émissions (HC, CO et NO_x) et le débit massique des gaz d'échappement sont mesurés en continu et stockés dans un ordinateur à une fréquence d'au moins 2 Hz. Toutes les autres données peuvent être enregistrées à une fréquence d'au moins 1 Hz. Pour les analyseurs analogiques, la réponse est enregistrée et les données d'étalonnage peuvent être utilisées en ligne ou hors ligne pendant l'évaluation des données.

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

4.5.8.3. Prélèvement de particules

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

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

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

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

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

4.5.8.4. Calage du moteur

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

4.5.8.5. Opérations après l'essai

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

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

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

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

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

4.6.1. *Décalage de données*

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

4.6.2. *Calcul du travail du cycle*

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

Lors de l'intégration du travail du cycle de référence et du travail du cycle effectif, toutes les valeurs de couple négatives sont mises à zéro et incluses. Lorsqu'une intégration se déroule à

une fréquence inférieure à 5 Hz et que, durant un laps de temps donné, la valeur du couple devient négative ou positive, la partie négative est calculée et mise à zéro. La partie positive est incluse dans la valeur intégrée.

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

4.6.3. Statistiques de validation du cycle d'essai

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

$$y = mx + b$$

où:

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

m = pente de la droite de régression

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

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

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

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

Tableau 1. Tolérances de la droite de régression

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

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

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

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

- e) L'appendice 1 de l'annexe III est remplacé par le texte suivant:

« Appendice 1

MÉTHODES DE MESURE ET D'ÉCHANTILLONNAGE

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

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

1.1. Spécification concernant le dynamomètre

On utilise un banc dynamométrique pour moteur dont les caractéristiques sont suffisantes pour permettre l'exécution du cycle d'essai prescrit à l'annexe III point 3.7.1. Les appareils de mesure du couple et de la vitesse doivent permettre de mesurer la puissance dans les limites indiquées. Des calculs supplémentaires peuvent être nécessaires. La précision de ces instruments doit être telle que les tolérances maximales des chiffres indiqués au point 1.3 ne soient pas dépassées.

1.2. Débit des gaz d'échappement

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

1.2.1. Méthode de mesure directe

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

Note: La mesure directe du débit des gaz est une tâche délicate. Il convient de prendre des précautions pour éviter les erreurs de mesure qui entraîneraient des erreurs dans les valeurs d'émission.

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

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

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

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

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

1.2.3. Méthode de l'équivalent-carbone

Calcul de la masse d'échappement d'après la consommation de carburant et les concentrations de gaz d'échappement par la méthode de l'équivalent-carbone (annexe III appendice 3).

1.2.4. Méthode de mesure d'un gaz marqueur

La méthode consiste à mesurer la concentration d'un gaz marqueur dans les gaz d'échappement.

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

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

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

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

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

où:

G_{EXHW} = débit massique instantané des gaz d'échappement, en kg/s

G_T = débit du gaz marqueur, en cm³/min

$conc_{mix}$ = concentration instantanée de gaz marqueur après mélange, en ppm

ρ_{EXH} = densité des gaz d'échappement, en kg/m³

$conc_a$ = concentration de fond du gaz marqueur dans l'air d'admission, en ppm.

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

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

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

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

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

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

où:

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

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

où: A/F_{st} = rapport air/carburant stœchiométrique, en kg/kg

λ = rapport air/carburant relatif

$conc_{CO_2}$ = concentration de CO_2 (conditions sèches), en %

$conc_{CO}$ = concentration de CO (conditions sèches), en ppm

$conc_{HC}$ = concentration de HC (conditions sèches), en ppm.

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

Le débitmètre d'air doit être conforme aux spécifications de précision indiquées au tableau 3, l'analyseur de CO_2 utilisé doit être conforme aux spécifications du point 1.4.1 et l'ensemble du système doit être conforme aux spécifications de précision pour le débit des gaz d'échappement.

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

1.2.6. Débit total de gaz d'échappement dilués

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

1.3. Précision

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

Tableau 3. Précision des instruments de mesure

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

1.4. Détermination des composants gazeux

1.4.1. Spécifications générales concernant les analyseurs

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

Les concentrations inférieures à 15 % de la pleine échelle sont aussi acceptables si la valeur de la pleine échelle est de 155 ppm (ou ppm C) ou moins, ou si on utilise des systèmes de relevés (ordinateurs, répertoires de données) qui donnent une précision suffisante et une

résolution inférieure à 15 % de la pleine échelle. Dans ce cas, des étalonnages supplémentaires doivent être faits pour garantir l'exactitude des courbes d'étalonnage (annexe III, appendice 2, point 1.5.5.2).

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

1.4.1.1. Erreur de mesure

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

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

1.4.1.2. Répétabilité

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

1.4.1.3. Bruit

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

1.4.1.4. Dérive du zéro

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

1.4.1.5. Dérive d'étalonnage

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

1.4.2. Séchage des gaz

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

1.4.3. *Analyseurs*

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

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

1.4.3.1. Analyse du monoxyde de carbone (CO)

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

1.4.3.2. Analyse du dioxyde de carbone (CO₂)

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

1.4.3.3. Analyse des hydrocarbures (HC)

L'analyseur des hydrocarbures sera du type détecteur à ionisation de flamme chauffé (HFID), le détecteur, les vannes, la tuyauterie, etc. étant chauffés de façon à maintenir une température du gaz de 463 K (190 °C) $\pm$ 10 K.

1.4.3.4. Analyse des oxydes d'azote (NO_x)

L'analyseur des oxydes d'azote sera du type détecteur à chimiluminescence (CLD) ou détecteur à chimiluminescence chauffé (HCLD) avec un convertisseur NO₂/NO si la mesure est effectuée en conditions sèches. Si la mesure est faite en conditions humides, on utilise un appareil HCLD avec convertisseur maintenu au-dessus de 328 K (55 °C), à condition que la vérification de l'effet d'atténuation de l'eau (annexe III, appendice 2, point 1.9.2.2) ait été satisfaisante.

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

1.4.4. *Mesure du rapport air/carburant*

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

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

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

$$\pm 3 \% \text{ du relevé} \quad \lambda < 2$$

$$\pm 5 \% \text{ du relevé} \quad 2 \leq \lambda < 5$$

$$\pm 10 \% \text{ du relevé} \quad 5 \leq \lambda$$

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

1.4.5. *Échantillonnage des émissions gazeuses*

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

Dans le cas d'un moteur multicylindre à collecteur d'échappement ramifié, l'entrée de la sonde doit être située suffisamment loin en aval pour garantir que l'échantillon est représentatif des émissions d'échappement moyennes de tous les cylindres. Pour les moteurs multicylindres équipés de groupes distincts de collecteurs, comme dans un moteur en V, il peut être toléré de prendre un échantillon de chaque groupe considéré individuellement et de calculer une émission d'échappement moyenne. On peut aussi recourir à d'autres méthodes dont la corrélation avec les méthodes précédentes a été prouvée. Le débit massique total de gaz d'échappement du moteur doit être utilisé pour calculer les émissions d'échappement.

Si la composition des gaz d'échappement est influencée par un système quelconque de post-traitement, l'échantillon de gaz d'échappement doit être pris en amont de ce dispositif pour les essais de la phase I et en aval de ce dispositif pour les essais de la phase II. Si on utilise un système de dilution en circuit principal pour la détermination des particules, on peut aussi déterminer les émissions gazeuses dans les gaz d'échappement dilués. Les sondes d'échantillonnage doivent être à proximité de la sonde d'échantillonnage de particules dans le tunnel de dilution (annexe VI, point 1.2.1.2 pour le tunnel de dilution DT et point 1.2.2 pour la sonde d'échantillonnage de particules PSP). La teneur en CO et en CO₂ peut aussi être déterminée par échantillonnage dans un sac, puis on mesure la concentration dans le sac de prélèvement.

1.5. **Détermination des particules**

La détermination des particules nécessite un système de dilution. La dilution peut être obtenue par un système en circuit partiel ou un système en circuit principal. Le débit du système de dilution doit être suffisant pour éliminer complètement la condensation de l'eau dans les systèmes de dilution et d'échantillonnage et pour maintenir la température des gaz d'échappement dilués entre 315 K (42 °C) et 325 K (52°C), immédiatement en amont des porte-filtres. La déshumidification de l'air de dilution avant qu'il pénètre dans le système est autorisée si l'humidité de l'air est élevée. Le préchauffage de l'air de dilution au-delà de la température limite de 303 K (30 °C) est recommandé si la température ambiante est inférieure à 293 K (20 °C). La température de l'air dilué ne doit cependant pas dépasser 325 K (52 °C) avant que l'échappement pénètre dans le tunnel de dilution.

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

Dans un système de dilution en circuit partiel, la sonde d'échantillonnage de particules doit être montée à proximité et en amont de la sonde des gaz selon la définition du point 4.4 et conformément à l'annexe VI, point 1.2.1.1, figures 4 à 12 (EP et SP).

Le système de dilution en circuit partiel doit être conçu de façon à répartir le courant d'échappement en deux fractions, la plus petite étant diluée avec de l'air et utilisée ensuite pour mesurer les particules. Il est donc essentiel que le taux de dilution soit calculé très précisément. On peut appliquer différentes méthodes de répartition, le type de répartition utilisé imposant dans une grande mesure le matériel et les méthodes d'échantillonnage à employer (annexe VI, point 1.2.1.1).

Pour déterminer la masse des particules, il faut disposer d'un système d'échantillonnage, de filtres pour le prélèvement des particules, d'une microbalance et d'une chambre de pesée à humidité contrôlée.

Deux méthodes peuvent être appliquées pour procéder à l'échantillonnage des particules:

- la méthode à filtre simple utilise une paire de filtres (point 1.5.1.3 du présent appendice) pour tous les modes du cycle d'essai. Il faudra faire très attention aux durées et aux débits d'échantillonnage pendant cette phase de l'essai. Une seule paire de filtres est toutefois nécessaire pour le cycle d'essai,
- la méthode à filtres multiples prévoit qu'une paire de filtres (point 1.5.1.3 du présent appendice) est utilisée pour chacun des modes du cycle d'essai. Cette méthode permet d'utiliser des méthodes d'échantillonnage plus souples mais nécessite davantage de filtres.

1.5.1. *Filtres pour le prélèvement des particules*

1.5.1.1. Spécification concernant les filtres

Les essais de réception nécessitent des filtres en fibre de verre revêtus de fluorocarbène ou des filtres à membranes à base de fluorocarbène. Des matériaux différents peuvent être utilisés pour des applications spéciales. Tous les types de filtres doivent avoir une efficacité de prélèvement de 0,3 µm DOP (di-octylphthalate) d'au moins 99 % à une vitesse nominale du gaz comprise entre 35 et 80 cm/s. Des filtres de qualité identique doivent être utilisés pour exécuter des essais de corrélation entre laboratoires ou entre un constructeur et une autorité compétente en matière de réception.

1.5.1.2. Dimensions des filtres

Les filtres à particules doivent avoir un diamètre minimal de 47 mm (diamètre de la tache: 37 mm). On peut aussi se servir de filtres d'un diamètre supérieur (point 1.5.1.5).

1.5.1.3. Filtres primaire et secondaire

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

1.5.1.4. Vitesse nominale dans le filtre

Une vitesse nominale du gaz à travers le filtre de 35 à 100 cm/s doit être obtenue. La perte de pression entre le début et la fin de l'essai ne peut augmenter de plus de 25 kPa.

1.5.1.5. Charge du filtre

Les charges minimales recommandées pour les dimensions de filtres les plus courantes sont indiquées au tableau ci-dessous. Pour des filtres plus grands, la charge minimale est de 0,065 mg/1 000 mm² de la surface du filtre.

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

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

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

1.5.2.1. État de la chambre de pesée

La température de la chambre (ou du local) dans laquelle (lequel) les filtres à particules sont conditionnés et pesés doit être maintenue à 295 K (22 °C) ± 3 K pendant toute la durée du conditionnement et de la pesée. L'humidité doit être maintenue à un point de rosée de 282,5 K (9,5 °C) ± 3 K et l'humidité relative à 45 ± 8 %.

1.5.2.2. Pesée des filtres de référence

L'atmosphère de la chambre (ou du local) doit être libre de tout contaminant ambiant (comme la poussière) susceptible de se déposer sur les filtres à particules au cours de leur stabilisation. Des différences dans les spécifications de la chambre de pesée indiquées au point 1.5.2.1 sont autorisées si leur durée ne dépasse pas 30 minutes. La salle de pesée doit répondre aux spécifications requises avant que le personnel n'y entre. Deux filtres ou paires de filtres de référence vierges au moins doivent être pesés dans les quatre heures qui suivent la pesée des (paires de) filtres de prélèvement, mais de préférence en même temps. Ils doivent être de la même dimension et faits du même matériau que les filtres de prélèvement.

Dans le cas d'un écart dans le poids moyen des (paires de) filtres de référence entre les pesées de plus de 10 µg, il faut jeter tous les filtres qui ont servi au prélèvement et recommencer l'essai d'émissions.

Si les critères de stabilité de la chambre de pesée indiqués au point 1.5.2.1 ne sont pas réunis mais que les pesées du filtre (de la paire de filtres) de référence répondent aux critères ci-dessus, le constructeur du moteur a la possibilité d'accepter les poids des filtres de

prélèvement ou de déclarer les essais nuls, de modifier le système de contrôle de la salle de pesée et de refaire l'essai.

1.5.2.3. Balance analytique

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

1.5.2.4. Élimination des effets de l'électricité statique

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

1.5.3. *Prescriptions additionnelles pour la mesure des particules*

Tous les éléments du système de dilution et du système de prélèvement qui sont en contact avec des gaz d'échappement bruts et dilués, du tuyau d'échappement jusqu'au porte-filtre, doivent être conçus de façon à réduire au minimum le dépôt ou la modification des particules. Tous doivent être faits de matériaux conducteurs de l'électricité, qui ne réagissent pas aux composantes des gaz d'échappement, et être mis à la terre pour empêcher les effets électrostatiques.

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

2.1. **Introduction**

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

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

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

2.2.1. *Dynamomètre pour moteurs*

On utilise un banc dynamométrique pour moteurs dont les caractéristiques sont suffisantes pour permettre l'exécution du cycle d'essai décrit à l'appendice 4 de la présente annexe. Les appareils de mesure du couple et du régime doivent permettre de mesurer la puissance dans les limites indiquées. Des calculs supplémentaires peuvent être nécessaires. La précision de ces instruments doit être telle que les tolérances maximales des chiffres indiqués au tableau 3 ne soient pas dépassées.

2.2.2. *Autres instruments*

Lorsqu'il y a lieu, des instruments de mesure doivent être utilisés pour la consommation de carburant, la consommation d'air, la température du liquide de refroidissement et du lubrifiant, la pression des gaz d'échappement et la dépression dans le collecteur d'admission, la température des gaz d'échappement, la température de l'admission d'air, la pression

atmosphérique, l'humidité et la température du carburant. Ces instruments doivent satisfaire aux exigences prescrites au tableau 3:

Tableau 3. Précision des instruments de mesure

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

2.2.3. Débit des gaz d'échappement bruts

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

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

Pour le contrôle d'un système de dilution en circuit partiel, un temps de réponse plus court est nécessaire. Dans le cas d'un système de dilution en circuit partiel avec contrôle en ligne, le

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

Méthode de mesure directe

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

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

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

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

Méthode de mesure du débit d'air et de carburant

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

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

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

Méthode de mesure d'un gaz marqueur

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

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

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

que le mélange est complet en comparant la concentration de gaz marqueur à la concentration de référence lorsque le gaz marqueur est injecté en amont du moteur.

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

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

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

où:

G_{EXHW} = débit massique instantané des gaz d'échappement, en kg/s

G_T = débit du gaz marqueur, en cm³/min

$conc_{mix}$ = concentration instantanée de gaz marqueur après mélange, en ppm

ρ_{EXH} = densité des gaz d'échappement, en kg/m³

$conc_a$ = concentration de fond de gaz marqueur dans l'air d'admission, en ppm.

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

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

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

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

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

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

où:

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

$$\lambda = \frac{\left(100 - \frac{\text{conc}_{\text{CO}} \times 10^{-4}}{2} - \text{conc}_{\text{HC}} \times 10^{-4}\right) + \left(0,45 \cdot \frac{1 - \frac{2 \times \text{conc}_{\text{CO}} \times 10^{-4}}{3,5 \times \text{conc}_{\text{CO}_2}}}{1 + \frac{\text{conc}_{\text{CO}} \times 10^{-4}}{3,5 \times \text{conc}_{\text{CO}_2}}}\right) \times (\text{conc}_{\text{CO}_2} + \text{conc}_{\text{CO}} \times 10^{-4})}{6,9078 \times (\text{conc}_{\text{CO}_2} + \text{conc}_{\text{CO}} \times 10^{-4} + \text{conc}_{\text{HC}} \times 10^{-4})}$$

où: A/Fst = rapport air/carburant stœchiométrique, en kg/kg

λ = rapport air/carburant relatif

$\text{conc}_{\text{CO}_2}$ = concentration de CO_2 (conditions sèches), en %

conc_{CO} = concentration de CO (conditions sèches), en ppm

conc_{HC} = concentration de HC, en ppm.

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

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

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

2.2.4. Débit des gaz d'échappement dilués

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

2.3. Détermination des composants gazeux

2.3.1. Spécifications générales concernant les analyseurs

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

Les concentrations inférieures à 15 % de la pleine échelle sont aussi acceptables si la valeur de la pleine échelle est de 155 ppm (ou ppm C) ou moins ou si on utilise des systèmes de relevés (ordinateurs, répertoires de données) qui donnent une précision suffisante et une résolution inférieure à 15 % de la pleine échelle. Dans ce cas, des étalonnages

supplémentaires doivent être faits pour garantir l'exactitude des courbes d'étalonnage (annexe III, appendice 2 point 1.5.5.2).

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

2.3.1.1. Erreur de mesure

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

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

2.3.1.2. Répétabilité

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

2.3.1.3. Bruit

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

2.3.1.4. Dérive du zéro

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

2.3.1.5. Dérive d'étalonnage

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

2.3.1.6. Temps de montée

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

Note: La seule évaluation du temps de réponse de l'analyseur ne suffit pas pour déterminer clairement si l'ensemble du système convient aux essais transitoires. Les volumes, en particulier les volumes morts, dans l'ensemble du système influenceront non seulement le temps de transport de la sonde jusqu'à l'analyseur, mais aussi le temps de montée. Les temps de transport à l'intérieur d'un analyseur également définis comme temps de réponse de

l'analyseur, comme dans le cas du convertisseur ou du piège à eau dans un analyseur de NO_x . La détermination du temps de réponse de l'ensemble du système est décrite à l'appendice 2, point 1.11.1.

2.3.2. *Séchage des gaz*

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

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

2.3.3. *Analyseurs*

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

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

2.3.3.1. Analyse du monoxyde de carbone (CO)

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

2.3.3.2. Analyse du dioxyde de carbone (CO_2)

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

2.3.3.3. Analyse des hydrocarbures (HC)

L'analyseur des hydrocarbures sera du type à détecteur à ionisation de flamme chauffé (HFID), le détecteur, les vannes, la tuyauterie, etc. étant chauffés de façon à maintenir une température du gaz de 463 K (190 °C) $\pm 10\text{ K}$.

2.3.3.4. Analyse des oxydes d'azote (NO_x)

L'analyseur des oxydes d'azote sera du type détecteur à chimiluminescence (CLD) ou détecteur à chimiluminescence chauffé (HCLD) avec un convertisseur NO_2/NO si la mesure est effectuée en conditions sèches. Si la mesure est faite en conditions humides, on utilise un appareil HCLD avec convertisseur maintenu au-dessus de 328 K (55 °C), à condition que la vérification de l'effet d'atténuation de l'eau (annexe III, appendice 2, point 1.9.2.2) ait été satisfaisante.

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

2.3.4. *Mesure du rapport air/carburant*

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

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

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

$$\pm 3 \% \text{ du relevé} \quad \lambda < 2$$

$$\pm 5 \% \text{ du relevé} \quad 2 \leq \lambda < 5$$

$$\pm 10 \% \text{ du relevé} \quad 5 \leq \lambda$$

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

2.3.5. *Échantillonnage des émissions gazeuses*

2.3.5.1. Débit des gaz d'échappement bruts

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

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

Dans le cas d'un moteur multicylindre à collecteur d'échappement ramifié, l'entrée de la sonde doit être située suffisamment loin en aval pour garantir que l'échantillon est représentatif des émissions d'échappement moyennes de tous les cylindres. Pour les moteurs multicylindres équipés de groupes distincts de collecteurs comme dans un moteur en V, il peut être toléré de prendre un échantillon de chaque groupe considéré individuellement et de calculer une émission d'échappement moyenne. On peut aussi recourir à d'autres méthodes dont la corrélation avec les méthodes précédentes a été prouvée. Le débit massique total de gaz d'échappement du moteur doit être utilisé pour calculer les émissions d'échappement.

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

2.3.5.2. Débit des gaz d'échappement dilués

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

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

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

Le prélèvement peut en général être effectué de deux façons:

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

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

2.4. Détermination des particules

La détermination des particules nécessite un système de dilution. La dilution peut être obtenue par un système en circuit partiel ou un système en circuit principal. Le débit du système de dilution doit être suffisant pour éliminer complètement la condensation de l'eau dans les systèmes de dilution et d'échantillonnage et pour maintenir la température des gaz d'échappement dilués entre 315 K (42 °C) et 325 K (52 °C), immédiatement en amont des porte-filtres. La déshumidification de l'air de dilution avant qu'il pénètre dans le système est autorisée si l'humidité de l'air est élevée. Le préchauffage de l'air de dilution au-delà de la température limite de 303 K (30 °C) est recommandé si la température ambiante est inférieure à 293 K (20 °C). La température de l'air dilué ne doit cependant pas dépasser 325 K (52 °C) avant que l'échappement pénètre dans le tunnel de dilution.

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

Pour déterminer la masse des particules, il faut disposer d'un système d'échantillonnage, de filtres pour le prélèvement des particules, d'une microbalance et d'une chambre de pesée à température et humidité contrôlées.

Spécifications pour le système de dilution en circuit partiel

Le système de dilution en circuit partiel doit être conçu de façon à répartir le courant d'échappement en deux fractions, la plus petite étant diluée avec de l'air et utilisée ensuite pour mesurer les particules. Il est donc essentiel que le taux de dilution soit calculé très précisément. On peut appliquer différentes méthodes de répartition, le type de répartition utilisé imposant dans une grande mesure le matériel et les méthodes d'échantillonnage à employer (annexe VI point 1.2.1.1).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- a) la précision absolue de G_{TOTW} et G_{DILW} est de $\pm 0,2$ %, ce qui garantit une précision de $G_{SE} \leq 5$ % à un taux de dilution ratio de 15. Aux taux de dilution plus élevés, les erreurs seront toutefois plus importantes;

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

2.4.1. *Filtres pour le prélèvement de particules*

2.4.1.1. Spécification concernant les filtres

Les essais de réception nécessitent des filtres en fibre de verre revêtus de fluorocarbone ou des filtres à membranes à base de fluorocarbone. Des matériaux différents peuvent être utilisés pour des applications spéciales. Tous les types de filtres doivent avoir une efficacité de prélèvement de $0,3 \mu m$ DOP (di-octylphthalate) d'au moins 99 % à une vitesse nominale du gaz comprise entre 35 et 80 cm/s. Des filtres de qualité identique doivent être utilisés pour exécuter des essais de corrélation entre laboratoires ou entre un constructeur et une autorité compétente en matière de réception.

2.4.1.2. Dimensions des filtres

Les filtres à particules doivent avoir un diamètre minimal de 47 mm (diamètre de la tache: 37 mm). On peut aussi se servir de filtres d'un diamètre supérieur (point 2.4.1.5).

2.4.1.3. Filtres primaire et secondaire

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

2.4.1.4. Vitesse nominale dans le filtre

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

2.4.1.5. Charge du filtre

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

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

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

2.4.2.1. État de la chambre de pesée

La température de la chambre (ou du local) dans laquelle (lequel) les filtres à particules sont conditionnés et pesés doit être maintenue à $295\text{ K } (22\text{ °C}) \pm 3\text{ K}$ pendant toute la durée du conditionnement et de la pesée. L'humidité doit être maintenue à un point de rosée de $282,5\text{ K } (9,5\text{ °C}) \pm 3\text{ K}$ et l'humidité relative à $45 \pm 8\%$.

2.4.2.2. Pesée des filtres de référence

L'atmosphère de la chambre (ou du local) doit être libre de tout contaminant ambiant (comme la poussière) susceptible de se déposer sur les filtres à particules au cours de leur stabilisation. Des différences dans les spécifications de la chambre de pesée indiquées au point 2.4.2.1 sont autorisées si leur durée ne dépasse pas 30 minutes. La salle de pesée doit répondre aux spécifications requises avant que le personnel n'y entre. Deux filtres ou paires de filtres de référence vierges au moins doivent être pesés dans les quatre heures qui suivent la pesée des (paires de) filtres de prélèvement, mais de préférence en même temps. Ils doivent être de la même dimension et faits du même matériau que les filtres de prélèvement.

Dans le cas d'un écart dans le poids moyen des (paires de) filtres de référence entre les pesées de plus de $10\text{ }\mu\text{g}$, il faut jeter tous les filtres qui ont servi au prélèvement et recommencer l'essai d'émissions.

Si les critères de stabilité de la chambre de pesée indiqués au point 2.4.2.1 ne sont pas réunis mais que les pesées du filtre (de la paire de filtres) de référence répondent aux critères ci-dessus, le constructeur du moteur a la possibilité d'accepter les poids des filtres de prélèvement ou de déclarer les essais nuls, de modifier le système de contrôle de la salle de pesée et de refaire l'essai.

2.4.2.3. Balance analytique

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

2.4.2.4. Élimination des effets de l'électricité statique

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

2.4.3. *Prescriptions additionnelles pour la mesure des particules*

Tous les éléments du système de dilution et du système de prélèvement qui sont en contact avec des gaz d'échappement bruts et dilués, du tuyau d'échappement jusqu'au porte-filtre, doivent être conçus de façon à réduire au minimum le dépôt ou la modification des particules. Tous doivent être faits de matériaux conducteurs de l'électricité, qui ne réagissent pas aux composantes des gaz d'échappement, et être mis à la terre pour empêcher les effets électrostatiques. »

f) L'appendice 2 de l'annexe III est modifié comme suit:

- Le nouveau titre suivant est inséré:

« Appendice 2

PROCÉDURE D'ÉTALONNAGE (NRSC, NRTC¹) »

- Le point 1.2.2 est modifié comme suit:

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

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

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

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

Note: Un mélangeur-doseur ayant une précision de ± 1 % est recommandé pour établir une courbe d'étalonnage précise de l'analyseur. Le mélangeur-doseur doit être étalonné par le constructeur de l'instrument. »

- Au point 1.5.5.1, première phrase, le mot « cinq » est remplacé par le mot « six » et au troisième alinéa, « 1 % » est remplacé par « 0,3 % ».

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

- Au point 1.5.5.2, dernier alinéa, « 1 % » est remplacé par « 0,3 % ».
- Le texte du point 1.8.3 est remplacé par le texte suivant:

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

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

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

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

Concentration d'O ₂	Complément
21 (20 à 22)	Azote
10 (9 à 11)	Azote
5 (4 à 6)	Azote

1.8.3.2. Procédure

- a) L'analyseur est mis à zéro.
- b) L'échelle de l'analyseur est réglée avec le mélange à 21 % d'oxygène.
- c) La réponse zéro est à nouveau vérifiée. Si elle a varié de plus de 0,5 % de la pleine échelle, on répète les opérations des points a) et b).
- d) On introduit les gaz de contrôle de l'interférence d'oxygène à 5 % et à 10 %.
- e) La réponse zéro est à nouveau vérifiée. Si elle a varié de plus de ± 1 % de la pleine échelle, l'essai doit être recommencé.
- f) L'interférence d'oxygène (%O₂I) est calculée comme suit pour chaque mélange du point d):

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

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

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

C = réponse de l'analyseur

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

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

- g) Le pourcentage d'interférence d'oxygène (%O₂I) doit être, avant l'essai, inférieur à ± 3,0 % pour tous les gaz prescrits pour le contrôle de l'interférence d'oxygène.
- h) Si l'interférence d'oxygène est supérieure à ± 3,0 %, le débit d'air est ajusté par incréments au-dessus et au-dessous des spécifications du fabricant en répétant l'opération du point 1.9.1 pour chaque débit.
- i) Si l'interférence d'oxygène est supérieure à ± 3,0 % après avoir réglé le débit d'air, on ajuste le débit de carburant puis le débit de l'échantillon, en répétant les opérations du point 1.8.1 pour chaque nouveau réglage.
- j) Si l'interférence d'oxygène est toujours supérieure à ± 3,0 %, il faut réparer ou remplacer l'analyseur, le carburant du FID ou l'air du brûleur. Les opérations du présent point devront ensuite être recommencées sur les équipements réparés ou remplacés ou avec les nouveaux gaz. »

- Le point 1.9.2.2 est modifié comme suit.

i) La cinquième phrase du premier alinéa est remplacée par le texte suivant:

« La température de l'eau est déterminée et enregistrée en tant que valeur F. »

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

« et enregistrée en tant que valeur De. Pour l'échappement des moteurs Diesel, la concentration maximale de la vapeur d'eau d'échappement (en %) prévue en cours d'essai doit être estimée dans l'hypothèse d'un rapport atomique H/C du carburant de 1,8 à 1, à partir de la concentration maximale de CO₂ dans les gaz d'échappement ou à partir de la concentration du gaz de réglage de sensibilité au CO₂ non dilué (valeur A, mesurée comme indiqué au point 1.9.2.1) comme suit: »

- Le nouveau point 1.11 suivant est inséré:

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

1.11.1. Vérification du temps de réponse du système analytique

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

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

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

Le temps de réponse du système doit être inférieur ou égal à 10 secondes, avec un temps de montée inférieur ou égal à 2,5 secondes pour tous les composants soumis à des valeurs limites (CO, NO_x, HC) et toutes les plages utilisées.

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

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

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

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

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

- Le point 2.2 est remplacé par le texte suivant:

« Les compteurs à gaz ou débitmètres sont étalonnés conformément aux normes nationales et/ou internationales.

L'erreur maximale de la valeur mesurée doit être de ± 2 % du relevé.

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

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

Dans ce cas, une précision de ± 2 % pour G_{TOTW} et G_{DILW} ne suffit pas pour garantir une précision acceptable de G_{SE} . Si le débit de gaz est déterminé en mesurant le débit différentiel, l'erreur maximale de la différence doit être telle que la précision de G_{SE} soit de ± 5 % lorsque

le taux de dilution est inférieur à 15. Il peut être calculé en prenant la moyenne quadratique des erreurs de chaque instrument. »

- Le nouveau point 2.6 suivant est ajouté:

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

2.6.1. *Étalonnage périodique*

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

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

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

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

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

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

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

2.6.2. *Vérification du flux de carbone*

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

Le moteur doit fonctionner à la charge de couple maximale et au régime maximal ou dans tout autre mode stabilisé produisant 5 % de CO₂ ou plus. Le système d'échantillonnage en circuit partiel doit fonctionner avec un facteur de dilution d'environ 15 à 1.

2.6.3. *Vérification avant essai*

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

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

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

2.6.4. *Détermination du temps de transformation*

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

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

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

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

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

- La nouvelle section 3 suivante est ajoutée:

« 3. ÉTALONNAGE DU SYSTÈME CVS

3.1. Généralités

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

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

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

3.2. Étalonnage de la pompe volumétrique (PDP)

Tous les paramètres de la pompe sont mesurés en même temps que les paramètres d'un venturi d'étalonnage connecté en série avec la pompe. Le débit calculé (en m³/min à l'orifice d'aspiration de la pompe, pression et température absolues) est tracé par rapport à un facteur de corrélation qui représente la valeur d'une combinaison spécifique de paramètres de la pompe. L'équation linéaire entre le débit de la pompe et la fonction de corrélation est ensuite calculée. Si le système CVS possède plusieurs gammes de vitesse, l'étalonnage doit être exécuté pour chaque gamme utilisée.

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

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

3.2.1. Analyse des données

Le débit d'air (Q_s) présent à chaque position de vanne (6 réglages minimum) est calculé en m³/min normalisés à partir des données du débitmètre et se fonde sur la méthode prescrite par le fabricant. Le débit d'air est ensuite converti en débit de la pompe (V_0), exprimé en m³/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 les conditions normalisées (101,3 kPa, 273 K), en m³/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 afin de fournir l'équation d'étalonnage:

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

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

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

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

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

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

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

où:

K_v = coefficient d'étalonnage

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

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

3.3.1. Analyse des données

Le débit d'air (Q_s) à chaque réglage de l'étrangleur (8 réglages minimum) est déterminé, conformément à la méthode prescrite par le constructeur, en m^3/min normalisés à partir des

données du débitmètre. Le coefficient d'étalonnage est calculé comme suit à partir des données d'étalonnage collectées pour chaque réglage:

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

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

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

3.4. Étalonnage du venturi subsonique (SSV)

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

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

où:

A_0 = série de constantes et de conversions d'unités

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

d = diamètre du col du SSV, en m

C_d = coefficient de décharge du SSV

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

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

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

β = rapport entre le diamètre d du col du SSV et le diamètre intérieur du tuyau

$d'admission = \frac{d}{D}$

3.4.1. Analyse des données

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

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

où:

Q_{SSV} = débit d'air dans des conditions normalisées (101,3 kPa, 273 K), en m^3/s

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

d = diamètre du col du SSV, en m

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

β = rapport entre le diamètre d du col du SSV et le diamètre intérieur du tuyau

$d'admission = \frac{d}{D}$

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

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

où:

A_1 = série de constantes et de conversions d'unités

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

Q_{SSV} = débit d'air dans des conditions normalisées (101,3 kPa, 273 K), en m^3/s

d = diamètre du col du SSV, en m

i = viscosité absolue ou dynamique du gaz, calculée à l'aide de la formule suivante:

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

où:

$$b = \text{constante empirique} = 1,458 \cdot 10^6 \frac{kg}{msK^{1/2}}$$

$$S = \text{constant empirique} = 110,4 K$$

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

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

3.5. Vérification du système complet

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

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

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

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

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

g) L'appendice 3 est modifié comme suit:

- Le titre suivant est inséré: « ÉVALUATION ET CALCULS DE DONNÉES ».
- Le titre de la section 1 est modifié comme suit « ÉVALUATION ET CALCULS DE DONNÉES – ESSAI NRSC ».
- Au point 1.2, première phrase, les mots « ou les volumes ($V_{SAM,I}$) » sont supprimés et au dernier alinéa, les mots « ou le volume (V_{DIL}) » et « ou M_d/V_{dil} » sont supprimés.
- Au point 1.3.1, premier alinéa, les mots « V_{EXHW} ou V_{EXHD} » sont supprimés et au second alinéa, le mot « V_{TOTW} » est supprimé.
- Les points 1.3.2 à 1.4.6 sont remplacés par le texte suivant:

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

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

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

Pour les gaz d'échappement bruts:

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

Pour les gaz d'échappement dilués:

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

ou

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

Pour l'air de dilution:

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

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

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

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

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

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

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

où:

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

H_d: humidité absolue de l'air de dilution, en grammes par kilo d'air sec

R_d: humidité relative de l'air de dilution, en %

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

p_d: pression de vapeur de saturation de l'air de dilution, en kPa

p_a: pression de vapeur de saturation de l'air d'admission, en kPa

p_B: pression barométrique totale, en kPa.

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

1.3.3. Correction de l'humidité pour les émissions de 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 le facteur K_H donné par la formule suivante:

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

où:

T_a: température de l'air, en K

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

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

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

p_a: pression de vapeur de saturation de l'air d'admission, en kPa

p_B: pression barométrique totale, en kPa.

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

1.3.4. Calcul des débits massiques d'émissions

Les débits massiques d'émissions pour chaque mode sont calculés comme suit:

a) *Pour les gaz d'échappement bruts¹:*

$$Gas_{mass} = u \times conc \times G_{EXHW}$$

b) *Pour les gaz d'échappement dilués:*

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

où:

conc_c = concentration corrigée de la concentration de fond

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

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

ou

$$DF = 13,4 / conc_{CO_2}$$

Le coefficient u - humide doit être utilisé conformément au tableau suivant.

¹ Dans le cas des NO_x, la concentration de NO_x (NO_{xconc} ou NO_{xconcc}) doit être multipliée par K_{HNOx} (facteur de correction de l'humidité pour les NO_x, mentionné que point 1.3.3) comme suit: K_{HNOx} x conc ou K_{HNOx} x conc_c.

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

Gaz	u	conc
NO _x	0,001587	ppm
CO	0,000966	ppm
HC	0,000479	ppm
CO ₂	15,19	%

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

1.3.5. Calcul des émissions spécifiques

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

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

où $P_i = P_{m,i} + P_{AE,i}$

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

1.4. Calcul de l'émission de particules

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

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

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

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

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

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

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

p_a: pression de vapeur de saturation de l'air d'admission, en kPa

p_B: pression barométrique totale, en kPa

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

1.4.2. *Système de dilution en circuit partiel*

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

1.4.2.1. Systèmes isocinétiques

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

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

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

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

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

où:

conc_E = concentration humide de gaz marqueur dans les gaz d'échappement bruts

conc_D = concentration humide de gaz marqueur dans les gaz d'échappement dilués

conc_A = concentration humide de gaz marqueur dans l'air de dilution.

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

1.4.2.3. Systèmes avec mesure du CO₂ et méthode d'équivalence en carbone

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

où:

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

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

[concentrations en volume (%) sur une base humide]

Cette équation repose sur l'hypothèse d'un équilibre du carbone (les atomes de carbone fournis au moteur sont émis sous forme de CO_2) et est obtenue par les étapes suivantes:

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

et:

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

1.4.2.4. Systèmes avec mesure de débit

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

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

1.4.3. *Système de dilution en circuit principal*

Les résultats d'essais finals rapportés de l'émission de particules sont obtenus par les opérations suivantes.

Tous les calculs sont établis sur la base des valeurs moyennes des différents modes (i) pendant la période d'échantillonnage.

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

1.4.4. *Calcul du débit massique de particules*

Le débit massique de particules est calculé comme suit.

Pour la méthode à filtre simple:

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

où:

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

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

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

où $i = 1, \dots, n$.

Pour la méthode à filtres multiples:

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

où $i = 1, \dots, n$.

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

Pour la méthode à filtre simple:

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

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

$$DF = 13,4 / (concCO_2 + (concCO + concHC) \times 10^{-4})$$

ou

$$DF = 13,4 / concCO_2$$

Pour la méthode à filtres multiples:

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

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

$$DF = 13,4 / (concCO_2 + (concCO + concHC) \times 10^{-4})$$

ou

$$DF = 13,4 / concCO_2$$

1.4.5. Calcul des émissions spécifiques

L'émission de particules PT (g/kWh) est calculée de la manière suivante¹.

Pour la méthode à filtre simple:

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

Pour la méthode à filtres multiples:

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

1.4.6. Facteur de pondération effectif

Pour la méthode à filtre simple, le facteur de pondération effectif $WF_{E,i}$ pour chaque mode est calculé de la manière suivante:

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

où $i = 1, \dots, n$.

La valeur des facteurs de pondération effectifs ne peut s'écarter de plus de $\pm 0,005$ (en valeur absolue) des facteurs de pondération indiqués à l'annexe III, point 3.7.1. »

- La nouvelle section 2 suivante est ajoutée:

« 2. ÉVALUATION ET CALCULS DE DONNÉES (ESSAI NRTC)

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

les composants gazeux sont mesurés dans les gaz d'échappement bruts en temps réel et les particules sont déterminées à l'aide d'un système de dilution en circuit partiel;

les composants gazeux et les particules sont déterminés à l'aide d'un système de dilution en circuit principal (système CVS).

¹ Le débit massique des particules PT_{mass} doit être multiplié par K_p (facteur de correction de l'humidité pour les particules mentionné au point 1.4.1).

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

2.1.1. Introduction

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

Dans le cas des particules, les signaux de débit massique des gaz d'échappement sont utilisés pour régler le système de dilution en circuit partiel de manière à obtenir un échantillon proportionnel au débit massique des gaz d'échappement. La qualité de la proportionnalité est vérifiée en appliquant une analyse de régression entre l'échantillon et le débit des gaz d'échappement, comme décrit à l'annexe III, appendice 1, point 2.4.

2.1.2. Détermination des composants gazeux

2.1.2.1. Calcul des émissions massiques

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

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

Gaz	u	conc
NO _x	0,001587	ppm
CO	0,000966	ppm
HC	0,000479	ppm
CO ₂	15,19	%

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

La formule suivante est appliquée:

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

où:

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

$conc_i$ = concentration instantanée du composant dans les gaz d'échappement bruts, en ppm

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

f = fréquence de collecte des données, en Hz

n = nombre de mesures.

Pour le calcul des NO_x , le facteur de correction de l'humidité k_H , décrit ci-dessous, est utilisé.

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

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

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

$$conc_{hum} = k_W \times conc_{sec}$$

où:

$$K_{W,r,1} = \left(\frac{1}{1 + 1,88 \times 0,005 \times (conc_{CO} + conc_{CO_2}) + K_{W2}} \right)$$

avec

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

où:

$conc_{CO2}$ = concentration de CO_2 dans des conditions sèches, en %

$conc_{CO}$ = concentration de CO dans des conditions sèches, en %

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

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

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

p_a : pression de vapeur de saturation de l'air d'admission, en kPa

p_B : pression barométrique totale, en kPa.

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

2.1.2.3. Correction de l'humidité et de la température pour les émissions de 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 et de la température de l'air ambiant en appliquant les facteurs donnés par la formule suivante:

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

où:

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

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

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

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

p_a : pression de vapeur de saturation de l'air d'admission, en kPa

p_B : pression barométrique totale, en kPa.

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

2.1.2.4. Calcul des émissions spécifiques

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

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

où

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

2.1.3. Détermination des particules

2.1.3.1. Calcul des émissions massiques

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

a)

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

où:

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

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

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

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

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

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

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

où:

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

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

q_i = taux de dilution instantané

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

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

f = fréquence de collecte des données, en Hz

n = nombre de mesures

b)

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

où:

M_f = masse de particules prélevées durant le cycle, en mg

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

avec

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

où:

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

M_{EXHW} = débit massique total de gaz d'échappement sur la durée du cycle, en kg

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

M_{TOTW} = masse de gaz d'échappement dilués passant dans le tunnel de dilution, en kg

Note: Dans le cas d'un système d'échantillonnage total, M_{SAM} et M_{TOTW} sont identiques.

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

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

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

où:

H_a = humidité de l'air d'admission, en grammes d'eau par kilo d'air sec

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

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

p_a : pression de vapeur de saturation de l'air d'admission, en kPa

p_B : pression barométrique totale, en kPa.

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

2.1.3.3. Calcul des émissions spécifiques

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

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

où

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

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

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

2.2.1. Détermination du débit de gaz d'échappement dilués

Système PDP-CVS

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

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

où:

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

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

N_P = nombre total de tours de la pompe par essai

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

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

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

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

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

où:

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

Système CFV-CVS

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

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

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 dans des conditions normalisées

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

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

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

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

où:

Δt_i = intervalle de temps, en s

Système SSV-CVS

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

$$M_{TOTW} = 1,293 * Q_{SSV}$$

où:

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

A_0 = série de constantes et de conversions d'unités

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

= 0,006111 en unités SI de

d = diamètre du col du SSV, en m

C_d = coefficient de décharge du SSV

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

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

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

β = rapport entre le diamètre d du col du SSV et le diamètre intérieur du tuyau d'admission =

$$\frac{d}{D}$$

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

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

où:

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

Δt_i = intervalle de temps, en s

Le calcul en temps réel est initialisé soit avec une valeur raisonnable de C_d , telle que 0,98, soit avec une valeur raisonnable de Q_{SSV} . Si le calcul est initialisé avec Q_{SSV} , la valeur initiale de Q_{SSV} est utilisée pour évaluer Re .

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

2.2.2. Correction de l'humidité pour les émissions de NO_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 en appliquant les facteurs donnés par les formules suivantes:

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

où:

T_a = température de l'air, en K

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

où:

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

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

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

p_B = pression barométrique totale, en kPa

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

2.2.3. Calcul du débit massique des émissions

2.2.3.1. Systèmes à débit massique constant

Dans le cas des systèmes équipés d'un échangeur de chaleur, la masse des polluants M_{gaz} (g/essai) est dérivée de l'équation suivante:

$$M_{gaz} = u \times \text{conc} \times M_{TOTW}$$

où:

u = rapport entre la densité du composant des gaz d'échappement et la densité des gaz d'échappement dilués, comme indiqué au tableau 4, point 2.1.2.1

$conc$ = concentrations moyennes corrigées des concentrations de fond 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 2.2.1, en kg

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 en appliquant le facteur k_H , comme décrit au point 2.2.2.

Les concentrations mesurées en conditions sèches doivent être converties en valeurs rapportées à des conditions humides conformément au point 1.3.2 du présent appendice.

2.2.3.1.1. Détermination des concentrations corrigées des concentrations de fond

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

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

où:

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

$conc_e$ = 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:

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

2.2.3.2. Systèmes à compensation de débit

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

$$M_{GAS} = \sum_{i=1}^n (M_{TOTW,i} \times conc_{e,i} \times u) - (M_{TOTW} \times conc_d \times (1 - 1/DF) \times u)$$

où:

$conc_{e,i}$ = concentration instantanée 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

u = rapport entre la densité du composant des gaz d'échappement et la densité des gaz d'échappement dilués, comme indiqué au tableau 4, point 2.1.2.1

$M_{TOTW,i}$ = masse instantanée de gaz d'échappement dilués (voir point 2.2.1), en kg

M_{TOTW} = masse totale de gaz d'échappement dilués sur la durée du cycle (voir point 2.2.1), en kg

DF = facteur de dilution tel qu'il est déterminé au point 2.2.3.1.1.

Comme les émissions de NO_x dépendent des conditions atmosphériques ambiantes, la concentration de NO_x doit être corrigée en fonction de l'humidité de l'air ambiant en appliquant le facteur k_H , comme décrit au point 2.2.2.

2.2.4. Calcul des émissions spécifiques

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

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

où

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

2.2.5. Calcul des émissions de particules

2.2.5.1. Calcul du débit massique

La masse de particules M_{PT} (g/essai) est calculée comme suit:

$$M_{PT} = \frac{M_f}{M_{SAM}} * \frac{M_{TOTW}}{1000}$$

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 2.2.1, en kg

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

et

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

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

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

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

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

où:

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

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

Si la concentration de fond de particules dans l'air de dilution est déterminée conformément à l'annexe III, point 4.4.4, la masse de particules peut être corrigée pour tenir de la concentration de fond. Dans ce cas, la masse de particules (g/essai) est calculée comme suit:

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

où:

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

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

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

DF = facteur de dilution tel qu'il est déterminé au point 2.2.3.1.1

2.2.5.2. Correction de l'humidité pour les émissions de NO_x

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

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

où:

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

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

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

p_a : pression de vapeur de saturation de l'air d'admission, en kPa

p_B : pression barométrique totale, en kPa

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

2.2.5.3. Calcul des émissions spécifiques

Les émissions de particules (g/kWh) sont calculées de la manière suivante:

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

où

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

- L'appendice 4 suivant est ajouté à l'annexe III:

« Appendice 4

PROGRAMMATION DU DYNAMOMÈTRE POUR L'ESSAI NRTC

Temps	Régime	Couple	Temps	Régime	Couple	Temps	Régime	Couple
S	%	%	s	%	%	s	%	%
1	0	0	52	102	46	103	74	24
2	0	0	53	102	41	104	77	6
3	0	0	54	102	31	105	76	12
4	0	0	55	89	2	106	74	39
5	0	0	56	82	0	107	72	30
6	0	0	57	47	1	108	75	22
7	0	0	58	23	1	109	78	64
8	0	0	59	1	3	110	102	34
9	0	0	60	1	8	111	103	28
10	0	0	61	1	3	112	103	28
11	0	0	62	1	5	113	103	19
12	0	0	63	1	6	114	103	32
13	0	0	64	1	4	115	104	25
14	0	0	65	1	4	116	103	38
15	0	0	66	0	6	117	103	39
16	0	0	67	1	4	118	103	34
17	0	0	68	9	21	119	102	44
18	0	0	69	25	56	120	103	38
19	0	0	70	64	26	121	102	43
20	0	0	71	60	31	122	103	34
21	0	0	72	63	20	123	102	41
22	0	0	73	62	24	124	103	44
23	0	0	74	64	8	125	103	37

24	1	3	75	58	44	126	103	27
25	1	3	76	65	10	127	104	13
26	1	3	77	65	12	128	104	30
27	1	3	78	68	23	129	104	19
28	1	3	79	69	30	130	103	28
29	1	3	80	71	30	131	104	40
30	1	6	81	74	15	132	104	32
31	1	6	82	71	23	133	101	63
32	2	1	83	73	20	134	102	54
33	4	13	84	73	21	135	102	52
34	7	18	85	73	19	136	102	51
35	9	21	86	70	33	137	103	40
36	17	20	87	70	34	138	104	34
37	33	42	88	65	47	139	102	36
38	57	46	89	66	47	140	104	44
39	44	33	90	64	53	141	103	44
40	31	0	91	65	45	142	104	33
41	22	27	92	66	38	143	102	27
42	33	43	93	67	49	144	103	26
43	80	49	94	69	39	145	79	53
44	105	47	95	69	39	146	51	37
45	98	70	96	66	42	147	24	23
46	104	36	97	71	29	148	13	33
47	104	65	98	75	29	149	19	55
48	96	71	99	72	23	150	45	30
49	101	62	100	74	22	151	34	7
50	102	51	101	75	24	152	14	4
51	102	50	102	73	30	153	8	16

Temps	Régime	Couple	Temps	Régime	Couple	Temps	Régime	Couple
S	%	%	s	%	%	s	%	%
154	15	6	205	20	18	256	102	84
155	39	47	206	27	34	257	58	66
156	39	4	207	32	33	258	64	97
157	35	26	208	41	31	259	56	80
158	27	38	209	43	31	260	51	67
159	43	40	210	37	33	261	52	96
160	14	23	211	26	18	262	63	62
161	10	10	212	18	29	263	71	6
162	15	33	213	14	51	264	33	16
163	35	72	214	13	11	265	47	45
164	60	39	215	12	9	266	43	56
165	55	31	216	15	33	267	42	27
166	47	30	217	20	25	268	42	64
167	16	7	218	25	17	269	75	74
168	0	6	219	31	29	270	68	96
169	0	8	220	36	66	271	86	61
170	0	8	221	66	40	272	66	0
171	0	2	222	50	13	273	37	0
172	2	17	223	16	24	274	45	37
173	10	28	224	26	50	275	68	96
174	28	31	225	64	23	276	80	97
175	33	30	226	81	20	277	92	96
176	36	0	227	83	11	278	90	97
177	19	10	228	79	23	279	82	96
178	1	18	229	76	31	280	94	81

179	0	16	230	68	24	281	90	85
180	1	3	231	59	33	282	96	65
181	1	4	232	59	3	283	70	96
182	1	5	233	25	7	284	55	95
183	1	6	234	21	10	285	70	96
184	1	5	235	20	19	286	79	96
185	1	3	236	4	10	287	81	71
186	1	4	237	5	7	288	71	60
187	1	4	238	4	5	289	92	65
188	1	6	239	4	6	290	82	63
189	8	18	240	4	6	291	61	47
190	20	51	241	4	5	292	52	37
191	49	19	242	7	5	293	24	0
192	41	13	243	16	28	294	20	7
193	31	16	244	28	25	295	39	48
194	28	21	245	52	53	296	39	54
195	21	17	246	50	8	297	63	58
196	31	21	247	26	40	298	53	31
197	21	8	248	48	29	299	51	24
198	0	14	249	54	39	300	48	40
199	0	12	250	60	42	301	39	0
200	3	8	251	48	18	302	35	18
201	3	22	252	54	51	303	36	16
202	12	20	253	88	90	304	29	17
203	14	20	254	103	84	305	28	21
204	16	17	255	103	85	306	31	15

Temps	Régime	Couple	Temps	Régime	Couple	Temps	Régime	Couple
s	%	%	s	%	%	s	%	%
307	31	10	358	29	0	409	34	43
308	43	19	359	18	13	410	68	83
309	49	63	360	25	11	411	102	48
310	78	61	361	28	24	412	62	0
311	78	46	362	34	53	413	41	39
312	66	65	363	65	83	414	71	86
313	78	97	364	80	44	415	91	52
314	84	63	365	77	46	416	89	55
315	57	26	366	76	50	417	89	56
316	36	22	367	45	52	418	88	58
317	20	34	368	61	98	419	78	69
318	19	8	369	61	69	420	98	39
319	9	10	370	63	49	421	64	61
320	5	5	371	32	0	422	90	34
321	7	11	372	10	8	423	88	38
322	15	15	373	17	7	424	97	62
323	12	9	374	16	13	425	100	53
324	13	27	375	11	6	426	81	58
325	15	28	376	9	5	427	74	51
326	16	28	377	9	12	428	76	57
327	16	31	378	12	46	429	76	72
328	15	20	379	15	30	430	85	72
329	17	0	380	26	28	431	84	60
330	20	34	381	13	9	432	83	72
331	21	25	382	16	21	433	83	72
332	20	0	383	24	4	434	86	72
333	23	25	384	36	43	435	89	72
334	30	58	385	65	85	436	86	72
335	63	96	386	78	66	437	87	72
336	83	60	387	63	39	438	88	72
337	61	0	388	32	34	439	88	71
338	26	0	389	46	55	440	87	72
339	29	44	390	47	42	441	85	71
340	68	97	391	42	39	442	88	72
341	80	97	392	27	0	443	88	72
342	88	97	393	14	5	444	84	72
343	99	88	394	14	14	445	83	73
344	102	86	395	24	54	446	77	73
345	100	82	396	60	90	447	74	73
346	74	79	397	53	66	448	76	72
347	57	79	398	70	48	449	46	77
348	76	97	399	77	93	450	78	62
349	84	97	400	79	67	451	79	35
350	86	97	401	46	65	452	82	38
351	81	98	402	69	98	453	81	41
352	83	83	403	80	97	454	79	37
353	65	96	404	74	97	455	78	35
354	93	72	405	75	98	456	78	38
355	63	60	406	56	61	457	78	46
356	72	49	407	42	0	458	75	49
357	56	27	408	36	32	459	73	50

Temps	Régime	Couple	Temps	Régime	Couple	Temps	Régime	Couple
s	%	%	s	%	%	s	%	%
460	79	58	511	85	73	562	43	25
461	79	71	512	84	73	563	30	60
462	83	44	513	85	73	564	40	45
463	53	48	514	86	73	565	37	32
464	40	48	515	85	73	566	37	32
465	51	75	516	85	73	567	43	70
466	75	72	517	85	72	568	70	54
467	89	67	518	85	73	569	77	47
468	93	60	519	83	73	570	79	66
469	89	73	520	79	73	571	85	53
470	86	73	521	78	73	572	83	57
471	81	73	522	81	73	573	86	52
472	78	73	523	82	72	574	85	51
473	78	73	524	94	56	575	70	39
474	76	73	525	66	48	576	50	5
475	79	73	526	35	71	577	38	36
476	82	73	527	51	44	578	30	71
477	86	73	528	60	23	579	75	53
478	88	72	529	64	10	580	84	40
479	92	71	530	63	14	581	85	42
480	97	54	531	70	37	582	86	49
481	73	43	532	76	45	583	86	57
482	36	64	533	78	18	584	89	68
483	63	31	534	76	51	585	99	61
484	78	1	535	75	33	586	77	29
485	69	27	536	81	17	587	81	72
486	67	28	537	76	45	588	89	69
487	72	9	538	76	30	589	49	56
488	71	9	539	80	14	590	79	70
489	78	36	540	71	18	591	104	59
490	81	56	541	71	14	592	103	54
491	75	53	542	71	11	593	102	56
492	60	45	543	65	2	594	102	56
493	50	37	544	31	26	595	103	61
494	66	41	545	24	72	596	102	64
495	51	61	546	64	70	597	103	60
496	68	47	547	77	62	598	93	72
497	29	42	548	80	68	599	86	73
498	24	73	549	83	53	600	76	73
499	64	71	550	83	50	601	59	49
500	90	71	551	83	50	602	46	22
501	100	61	552	85	43	603	40	65
502	94	73	553	86	45	604	72	31
503	84	73	554	89	35	605	72	27
504	79	73	555	82	61	606	67	44
505	75	72	556	87	50	607	68	37
506	78	73	557	85	55	608	67	42
507	80	73	558	89	49	609	68	50
508	81	73	559	87	70	610	77	43
509	81	73	560	91	39	611	58	4
510	83	73	561	72	3	612	22	37

Temps	Régime	Couple	Temps	Régime	Couple	Temps	Régime	Couple
s	%	%	s	%	%	s	%	%
613	57	69	664	92	72	715	102	64
614	68	38	665	91	72	716	102	69
615	73	2	666	90	71	717	102	68
616	40	14	667	90	71	718	102	70
617	42	38	668	91	71	719	102	69
618	64	69	669	90	70	720	102	70
619	64	74	670	90	72	721	102	70
620	67	73	671	91	71	722	102	62
621	65	73	672	90	71	723	104	38
622	68	73	673	90	71	724	104	15
623	65	49	674	92	72	725	102	24
624	81	0	675	93	69	726	102	45
625	37	25	676	90	70	727	102	47
626	24	69	677	93	72	728	104	40
627	68	71	678	91	70	729	101	52
628	70	71	679	89	71	730	103	32
629	76	70	680	91	71	731	102	50
630	71	72	681	90	71	732	103	30
631	73	69	682	90	71	733	103	44
632	76	70	683	92	71	734	102	40
633	77	72	684	91	71	735	103	43
634	77	72	685	93	71	736	103	41
635	77	72	686	93	68	737	102	46
636	77	70	687	98	68	738	103	39
637	76	71	688	98	67	739	102	41
638	76	71	689	100	69	740	103	41
639	77	71	690	99	68	741	102	38
640	77	71	691	100	71	742	103	39
641	78	70	692	99	68	743	102	46
642	77	70	693	100	69	744	104	46
643	77	71	694	102	72	745	103	49
644	79	72	695	101	69	746	102	45
645	78	70	696	100	69	747	103	42
646	80	70	697	102	71	748	103	46
647	82	71	698	102	71	749	103	38
648	84	71	699	102	69	750	102	48
649	83	71	700	102	71	751	103	35
650	83	73	701	102	68	752	102	48
651	81	70	702	100	69	753	103	49
652	80	71	703	102	70	754	102	48
653	78	71	704	102	68	755	102	46
654	76	70	705	102	70	756	103	47
655	76	70	706	102	72	757	102	49
656	76	71	707	102	68	758	102	42
657	79	71	708	102	69	759	102	52
658	78	71	709	100	68	760	102	57
659	81	70	710	102	71	761	102	55
660	83	72	711	101	64	762	102	61
661	84	71	712	102	69	763	102	61
662	86	71	713	102	69	764	102	58
663	87	71	714	101	69	765	103	58

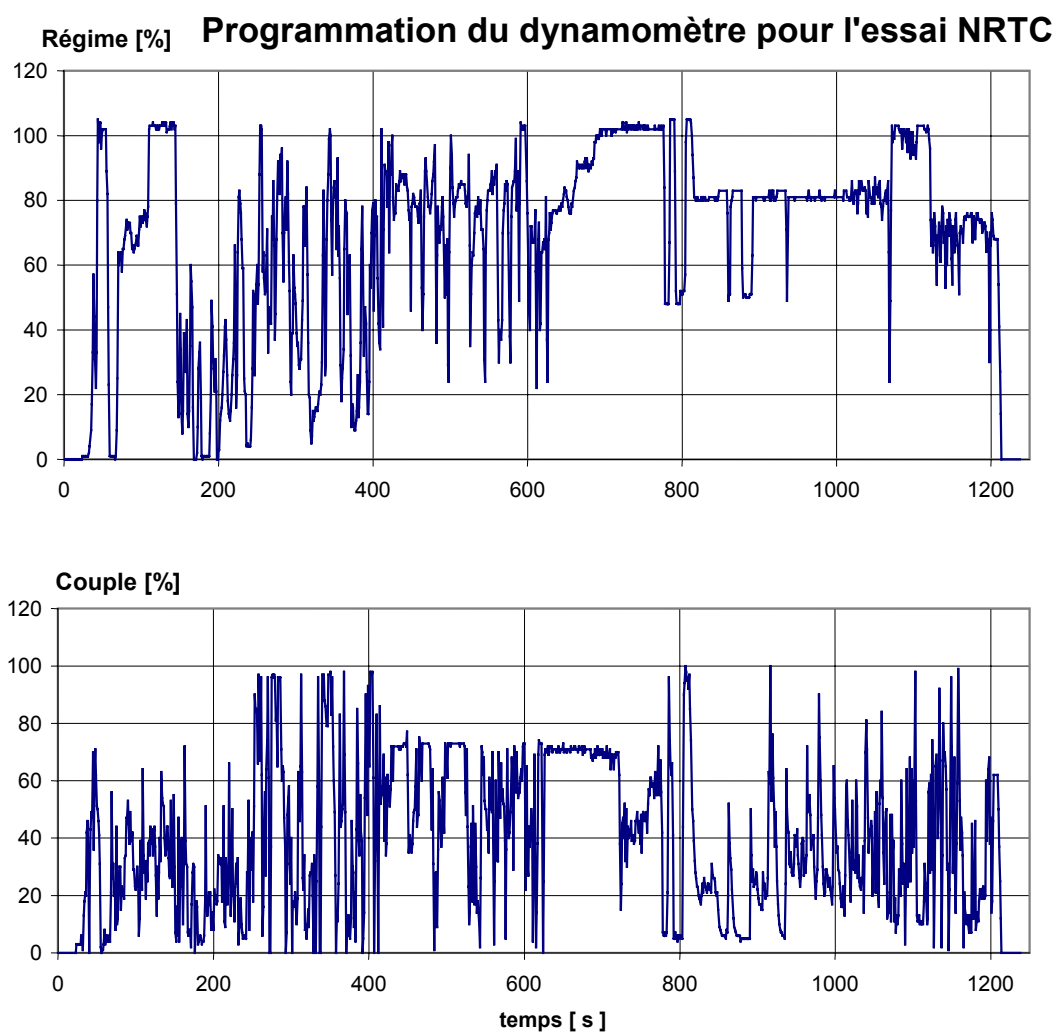
Temps	Régime	Couple	Temps	Régime	Couple	Temps	Régime	Couple
s	%	%	s	%	%	s	%	%
766	102	59	817	81	46	868	83	16
767	102	54	818	80	39	869	83	12
768	102	63	819	80	32	870	83	9
769	102	61	820	81	28	871	83	8
770	103	55	821	80	26	872	83	7
771	102	60	822	80	23	873	83	6
772	102	72	823	80	23	874	83	6
773	103	56	824	80	20	875	83	6
774	102	55	825	81	19	876	83	6
775	102	67	826	80	18	877	83	6
776	103	56	827	81	17	878	59	4
777	84	42	828	80	20	879	50	5
778	48	7	829	81	24	880	51	5
779	48	6	830	81	21	881	51	5
780	48	6	831	80	26	882	51	5
781	48	7	832	80	24	883	50	5
782	48	6	833	80	23	884	50	5
783	48	7	834	80	22	885	50	5
784	67	21	835	81	21	886	50	5
785	105	59	836	81	24	887	50	5
786	105	96	837	81	24	888	51	5
787	105	74	838	81	22	889	51	5
788	105	66	839	81	22	890	51	5
789	105	62	840	81	21	891	63	50
790	105	66	841	81	31	892	81	34
791	89	41	842	81	27	893	81	25
792	52	5	843	80	26	894	81	29
793	48	5	844	80	26	895	81	23
794	48	7	845	81	25	896	80	24
795	48	5	846	80	21	897	81	24
796	48	6	847	81	20	898	81	28
797	48	4	848	83	21	899	81	27
798	52	6	849	83	15	900	81	22
799	51	5	850	83	12	901	81	19
800	51	6	851	83	9	902	81	17
801	51	6	852	83	8	903	81	17
802	52	5	853	83	7	904	81	17
803	52	5	854	83	6	905	81	15
804	57	44	855	83	6	906	80	15
805	98	90	856	83	6	907	80	28
806	105	94	857	83	6	908	81	22
807	105	100	858	83	6	909	81	24
808	105	98	859	76	5	910	81	19
809	105	95	860	49	8	911	81	21
810	105	96	861	51	7	912	81	20
811	105	92	862	51	20	913	83	26
812	104	97	863	78	52	914	80	63
813	100	85	864	80	38	915	80	59
814	94	74	865	81	33	916	83	100
815	87	62	866	83	29	917	81	73
816	81	50	867	83	22	918	83	53

Temps	Régime	Couple	Temps	Régime	Couple	Temps	Régime	Couple
s	%	%	s	%	%	s	%	%
919	80	76	970	81	39	1021	82	35
920	81	61	971	81	38	1022	79	53
921	80	50	972	80	41	1023	82	30
922	81	37	973	81	30	1024	83	29
923	82	49	974	81	23	1025	83	32
924	83	37	975	81	19	1026	83	28
925	83	25	976	81	25	1027	76	60
926	83	17	977	81	29	1028	79	51
927	83	13	978	83	47	1029	86	26
928	83	10	979	81	90	1030	82	34
929	83	8	980	81	75	1031	84	25
930	83	7	981	80	60	1032	86	23
931	83	7	982	81	48	1033	85	22
932	83	6	983	81	41	1034	83	26
933	83	6	984	81	30	1035	83	25
934	83	6	985	80	24	1036	83	37
935	71	5	986	81	20	1037	84	14
936	49	24	987	81	21	1038	83	39
937	69	64	988	81	29	1039	76	70
938	81	50	989	81	29	1040	78	81
939	81	43	990	81	27	1041	75	71
940	81	42	991	81	23	1042	86	47
941	81	31	992	81	25	1043	83	35
942	81	30	993	81	26	1044	81	43
943	81	35	994	81	22	1045	81	41
944	81	28	995	81	20	1046	79	46
945	81	27	996	81	17	1047	80	44
946	80	27	997	81	23	1048	84	20
947	81	31	998	83	65	1049	79	31
948	81	41	999	81	54	1050	87	29
949	81	41	1000	81	50	1051	82	49
950	81	37	1001	81	41	1052	84	21
951	81	43	1002	81	35	1053	82	56
952	81	34	1003	81	37	1054	81	30
953	81	31	1004	81	29	1055	85	21
954	81	26	1005	81	28	1056	86	16
955	81	23	1006	81	24	1057	79	52
956	81	27	1007	81	19	1058	78	60
957	81	38	1008	81	16	1059	74	55
958	81	40	1009	80	16	1060	78	84
959	81	39	1010	83	23	1061	80	54
960	81	27	1011	83	17	1062	80	35
961	81	33	1012	83	13	1063	82	24
962	80	28	1013	83	27	1064	83	43
963	81	34	1014	81	58	1065	79	49
964	83	72	1015	81	60	1066	83	50
965	81	49	1016	81	46	1067	86	12
966	81	51	1017	80	41	1068	64	14
967	80	55	1018	80	36	1069	24	14
968	81	48	1019	81	26	1070	49	21
969	81	36	1020	86	18	1071	77	48

Temps	Régime	Couple	Temps	Régime	Couple	Temps	Régime	Couple
S	%	%	s	%	%	s	%	%
1072	103	11	1123	66	62	1174	76	8
1073	98	48	1124	74	29	1175	76	7
1074	101	34	1125	64	74	1176	67	45
1075	99	39	1126	69	40	1177	75	13
1076	103	11	1127	76	2	1178	75	12
1077	103	19	1128	72	29	1179	73	21
1078	103	7	1129	66	65	1180	68	46
1079	103	13	1130	54	69	1181	74	8
1080	103	10	1131	69	56	1182	76	11
1081	102	13	1132	69	40	1183	76	14
1082	101	29	1133	73	54	1184	74	11
1083	102	25	1134	63	92	1185	74	18
1084	102	20	1135	61	67	1186	73	22
1085	96	60	1136	72	42	1187	74	20
1086	99	38	1137	78	2	1188	74	19
1087	102	24	1138	76	34	1189	70	22
1088	100	31	1139	67	80	1190	71	23
1089	100	28	1140	70	67	1191	73	19
1090	98	3	1141	53	70	1192	73	19
1091	102	26	1142	72	65	1193	72	20
1092	95	64	1143	60	57	1194	64	60
1093	102	23	1144	74	29	1195	70	39
1094	102	25	1145	69	31	1196	66	56
1095	98	42	1146	76	1	1197	68	64
1096	93	68	1147	74	22	1198	30	68
1097	101	25	1148	72	52	1199	70	38
1098	95	64	1149	62	96	1200	66	47
1099	101	35	1150	54	72	1201	76	14
1100	94	59	1151	72	28	1202	74	18
1101	97	37	1152	72	35	1203	69	46
1102	97	60	1153	64	68	1204	68	62
1103	93	98	1154	74	27	1205	68	62
1104	98	53	1155	76	14	1206	68	62
1105	103	13	1156	69	38	1207	68	62
1106	103	11	1157	66	59	1208	68	62
1107	103	11	1158	64	99	1209	68	62
1108	103	13	1159	51	86	1210	54	50
1109	103	10	1160	70	53	1211	41	37
1110	103	10	1161	72	36	1212	27	25
1111	103	11	1162	71	47	1213	14	12
1112	103	10	1163	70	42	1214	0	0
1113	103	10	1164	67	34	1215	0	0
1114	102	18	1165	74	2	1216	0	0
1115	102	31	1166	75	21	1217	0	0
1116	101	24	1167	74	15	1218	0	0
1117	102	19	1168	75	13	1219	0	0
1118	103	10	1169	76	10	1220	0	0
1119	102	12	1170	75	13	1221	0	0
1120	99	56	1171	75	10	1222	0	0
1121	96	59	1172	75	7	1223	0	0
1122	74	28	1173	75	13	1224	0	0

Temps	Régime	Couple	Temps	Régime	Couple	Temps	Régime	Couple
S	%	%	s	%	%	s	%	%
1225	0	0						
1226	0	0						
1227	0	0						
1228	0	0						
1229	0	0						
1230	0	0						
1231	0	0						
1232	0	0						
1233	0	0						
1234	0	0						
1235	0	0						
1236	0	0						
1237	0	0						
1238	0	0						

La figure ci-dessous est une représentation graphique de la programmation du dynamomètre pour l'essai NRTC.



- L'appendice 5 suivant est ajouté à l'annexe III:

EXIGENCES DE DURABILITÉ

1. PÉRIODE DE DURABILITÉ DES CARACTÉRISTIQUES D'ÉMISSIONS ET FACTEURS DE DÉTÉRIORATION

Le présent appendice s'applique uniquement aux moteurs à allumage par compression des phases III A et III B.

* * * * *

1.1. Pour chaque polluant réglementé, les constructeurs établissent un facteur de détérioration (FD) pour toutes les familles de moteurs des phases III A et III B. Ces FD sont utilisés pour la réception par type et les essais des moteurs sur la chaîne de production.

1.1.1 Les essais en vue de la détermination des FD sont effectués comme suit.

1.1.1.1 Le constructeur procède à des essais de durabilité pour accumuler des heures de fonctionnement des moteurs, selon un programme d'essais qui, sur la base d'une bonne appréciation technique, est élaboré de manière à être représentatif de la détérioration des caractéristiques d'émissions lors du fonctionnement du moteur dans les conditions normales d'utilisation. La période d'essai de durabilité devrait normalement représenter au moins l'équivalent d'un quart de la période de durabilité des caractéristiques d'émissions (PDCE).

Les heures de fonctionnement peuvent être accumulées en faisant fonctionner le moteur sur un banc dynamométrique ou dans des conditions réelles de fonctionnement. Des essais de durabilité accélérés peuvent être effectués en exécutant les essais du programme pour l'accumulation d'heures de fonctionnement avec un facteur de charge plus élevé que dans les conditions normales d'utilisation. Le facteur d'accélération, c'est-à-dire le nombre d'heures d'essai de durabilité du moteur par rapport au nombre équivalent d'heures PDCE, est déterminé par le constructeur sur la base d'une bonne appréciation technique.

Au cours de la période d'essai de durabilité, aucun élément important sur le plan des émissions ne peut être révisé ou remplacé en dehors de ce qui est prévu par le programme normal d'entretien recommandé par le constructeur.

Sur la base d'une bonne appréciation technique, le constructeur choisit le moteur, les sous-systèmes ou les composants à utiliser pour déterminer les FD des émissions d'une famille de moteurs ou de familles de moteurs dotées de techniques comparables en matière de réduction des émissions. Le moteur soumis à l'essai doit représenter les caractéristiques de détérioration des émissions des familles de moteurs qui auxquelles seront appliquées les valeurs FD aux fins de la réception par type. Les moteurs qui diffèrent au niveau de l'alésage et de la course, de la configuration, de la gestion de l'air et de l'alimentation peuvent être considérés comme équivalents en ce qui concerne les caractéristiques de détérioration des émissions si cette équivalence est étayée par des éléments techniques suffisants.

Les FD d'autres constructeurs peuvent être utilisés si on peut considérer raisonnablement qu'il existe une équivalence technologique en matière de détérioration des émissions et si on peut démontrer que les essais ont été effectués selon les exigences prescrites.

Les essais d'émission sont effectués conformément aux procédures décrites dans la présente directive, après le rodage initial du moteur, mais avant toute accumulation d'heures de fonctionnement et après la période d'essai de durabilité. Des essais d'émission peuvent aussi être effectués à intervalles pendant la période d'accumulation d'heures de fonctionnement et les données obtenues peuvent être utilisées pour déterminer la tendance à la détérioration des émissions.

1.1.1.2 L'autorité compétente en matière de réception ne peut pas assister aux essais d'accumulation d'heures de fonctionnement ou aux essais d'émission effectués pour déterminer la détérioration des caractéristiques d'émission.

1.1.1.3 Détermination des FD sur la base des essais de durabilité

Un FD additif est défini comme étant la valeur obtenue en soustrayant la valeur d'émission déterminée au début de la PDCE de la valeur d'émission déterminée à la fin de la PDCE.

Un FD multiplicateur est défini comme étant le niveau d'émission déterminé à la fin de la PDCE divisé par la valeur d'émission enregistrée au début de la PDCE.

Des valeurs FD distinctes sont établies pour chacun des polluants couverts par la législation. La valeur d'un FD additif pour la norme $\text{NO}_x + \text{HC}$ est déterminée sur la base de la somme des polluants, nonobstant le fait qu'une valeur de détérioration négative pour un polluant peut ne pas compenser la détérioration pour l'autre polluant. Dans le cas d'un FD multiplicateur pour les $\text{NO}_x + \text{HC}$, des FD séparés sont déterminés pour les HC et les NO_x ; ces valeurs sont appliquées séparément lors du calcul des niveaux d'émission détériorés à partir du résultat d'un essai d'émission, avant de combiner les valeurs de détérioration des émissions de NO_x et de HC afin de déterminer si la norme est respectée.

Dans les cas où les essais ne sont pas effectués pendant toute la PDCE, les valeurs d'émission à la fin de la PDCE sont déterminées par extrapolation à toute la PDCE de la tendance de détérioration des émissions établie pendant la période d'essai.

Lorsque les résultats des essais d'émission ont été enregistrés périodiquement au cours de la période d'essai de durabilité, des techniques de traitement statistique standard basées sur les règles de l'art sont appliquées pour déterminer les niveaux d'émission à la fin de la PDCE; une analyse de la signification statistique peut être effectuée lors de la détermination des valeurs d'émission finales.

Si le résultat du calcul est une valeur inférieure à 1,00 pour un FD multiplicateur ou inférieure à 0,00 pour un FD additif, le FD est de 1,0 ou 0,00 respectivement.

1.1.1.4 Avec l'accord de l'autorité compétente en matière de réception, un constructeur peut utiliser des valeurs FD établies à partir des résultats d'essais de durabilité effectués pour obtenir des valeurs FD pour la réception de moteurs à combustion interne destinés aux poids lourds routiers. Cette possibilité est autorisée s'il existe une équivalence technologique entre le moteur routier soumis à l'essai et la famille de

moteurs non routiers auxquels sont appliquées les valeurs FD en vue de leur réception. Les valeurs FD dérivées des résultats d'essais de durabilité des émissions de moteurs routiers doivent être calculées sur la base des valeurs PCDE prescrites au point 2.

- 1.1.1.5 Dans le cas où une famille de moteurs utilise une technologie bien établie, les essais peuvent être remplacés par une analyse reposant sur les règles de l'art pour déterminer un facteur de détérioration pour cette famille de moteurs, moyennant l'accord de l'autorité compétente en matière de réception.

1.2 Informations relatives aux FD dans les demandes de réception par type

- 1.2.1 Les FD additifs sont spécifiés pour chaque polluant dans la demande de réception par type d'une famille de moteurs à allumage par compression non dotés d'un dispositif de post-traitement.
- 1.2.2 Les FD multiplicateurs sont spécifiés pour chaque polluant dans la demande de réception par type d'une famille de moteurs à allumage par compression dotés d'un dispositif de post-traitement.
- 1.2.3 À la demande de l'autorité compétente en matière de réception, le constructeur transmet à celle-ci les informations étayant les valeurs FD établies. Ces informations comprennent généralement les résultats des essais d'émission, du programme pour l'accumulation d'heures de fonctionnement, des procédures d'entretien, ainsi que, le cas échéant, des informations à l'appui des appréciations techniques relatives à l'équivalence technologique.

2. PÉRIODES DE DURABILITÉ DES CARACTÉRISTIQUES D'ÉMISSIONS POUR LES MOTEURS DES PHASES III A ET III B

- 2.1. Les constructeurs utilisent les PDCE indiquées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1. Catégories de période de durabilité des caractéristiques d'émission pour les moteurs à allumage par compression des phases III A et III B (heures)

Catégorie (gamme de puissance)	Durée de vie utile (heures) PDCE
≤ 37 kW (moteurs à vitesse constante)	3 000
≤ 37 kW (moteurs à vitesse non constante)	5 000
> 37 kW	8 000
Moteurs destinés à la propulsion des bateaux de la navigation intérieure	10 000

4. L'annexe V est modifiée comme suit:
- Les titres sont remplacés par les textes suivants:

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

CARBURANT DE RÉFÉRENCE POUR LES MOTEURS À ALLUMAGE PAR COMPRESSION UTILISÉS SUR DES ENGINS MOBILES NON ROUTIERS RÉCEPTIONNÉS POUR LES PHASES I, II ET III A, ET POUR LES MOTEURS DESTINÉS À LA PROPULSION DES BATEAUX DE LA NAVIGATION INTÉRIEURE »

- Les nouveaux titres et tableaux suivants sont insérés après le tableau existant concernant le carburant de référence pour les moteurs Diesel:

**« CARBURANT DE RÉFÉRENCE POUR LES MOTEURS À ALLUMAGE PAR
COMPRESSION UTILISÉS SUR DES ENGINS MOBILES NON ROUTIERS
RÉCEPTIONNÉS POUR LA PHASE III B**

Paramètre	Unité	Limites ⁽¹⁾		Méthode d'essai
		Minimum	Maximum	
Indice de cétane ⁽²⁾			54,0	EN-ISO 5165
Densité à 15 °C	Kg/m ³	833	837	EN-ISO 3675
Distillation:				
- point à 50 %	°C	245	-	EN-ISO 3405
- point à 95 %	°C	345	350	EN-ISO 3405
- point d'ébullition final	°C	-	370	EN-ISO 3405
Point d'éclair	°C	55	-	EN 22719
TLF	°C	-	-5	EN 116
Viscosité à 40°C	Mm ² /s	2,3	3,3	EN-ISO 3104
Hydrocarbures aromatiques polycycliques	% m/m	3,0	6,0	IP 391
Teneur en soufre ⁽³⁾	Mg/kg	-	10	ASTM D 5453
Corrosion lame de cuivre		-	classe 1	EN-ISO 2160
Résidu Conradson (10% DR)	% m/m	-	0,2	EN-ISO 10370
Teneur en cendres	% m/m	-	0,01	EN-ISO 6245

Paramètre	Unité	Limites ⁽¹⁾		Méthode d'essai
		Minimum	Maximum	
Teneur en eau	% m/m	-	0,02	EN-ISO 12937
Indice de neutralisation (acidité forte)	mg KOH/g	-	0,02	ASTM D 974
Stabilité à l'oxydation ⁽⁴⁾	Mg/ml	-	0,025	EN-ISO 12205
Pouvoir lubrifiant (méthode HFRR: diamètre de marque d'usure à 60 °C)	µm	-	400	CEC F-06-A-96

Paramètre	Unité	Limites ⁽¹⁾		Méthode d'essai
		Minimum	Maximum	
EMAG	interdits			

⁽¹⁾ Les valeurs indiquées dans les spécifications sont des « valeurs réelles ». Lors de l'établissement des valeurs limites, on a appliqué les termes de la norme ISO 4259, « Produits pétroliers - Détermination et application des valeurs de fidélité relatives aux méthodes d'essai ». Lors de la fixation d'une valeur minimale, une différence minimale de 2R par rapport à la valeur zéro a été prise en compte; lors de la fixation d'une valeur maximale et d'une valeur minimale, la différence minimale est de 4R (R = reproductibilité).

Nonobstant cette mesure, qui est nécessaire pour des raisons techniques, le fabricant de carburants doit viser une valeur nulle lorsque la valeur maximale stipulée est 2R et viser la valeur moyenne lorsque les limites maximale et minimale sont citées. Dans le cas où il faudrait clarifier la question de la conformité d'un carburant aux exigences des spécifications, les conditions de la norme ISO 4259 s'appliqueront.

⁽²⁾ La gamme fixée pour l'indice de cétane n'est pas conforme à l'exigence d'une gamme minimale de 4 R. Cependant, en cas de litige entre le fournisseur et l'utilisateur de carburant, les termes de la norme ISO 4259 peuvent être utilisés, à condition de répéter les mesures un nombre suffisant de fois pour atteindre la précision nécessaire plutôt que d'effectuer des déterminations uniques.

⁽³⁾ La teneur effective en soufre du carburant utilisé pour les essais du type I est rapporté.

⁽⁴⁾ Même si la stabilité à l'oxydation est contrôlée, il est probable que la durée de conservation sera limitée. Il est recommandé de demander conseil au fournisseur quant aux conditions et à la durée de stockage.

5. L'appendice 1 de l'annexe VII est remplacé par le texte suivant:

« Appendice 1

RÉSULTATS DES ESSAIS POUR LES MOTEURS À ALLUMAGE PAR COMPRESSION

RÉSULTATS DES ESSAIS

1. **Informations relatives à l'exécution de l'essai NRSC¹**
- 1.1. *Carburant de référence utilisé pour les essais*
 - 1.1.1. Indice de cétane (4)
 - 1.1.2. Teneur en soufre
 - 1.1.3. Densité
- 1.2. *Lubrifiant*
 - 1.2.1. Marque(s):
 - 1.2.2. Type(s):

¹ Dans le cas de plusieurs moteurs représentatifs, à remplir séparément pour chacun d'eux.

(indiquer le pourcentage d'huile dans le mélange si lubrifiant et carburant sont mélangés)

1.3. Équipement entraîné par le moteur (le cas échéant)

1.3.1. Énumération et caractères distinctifs:

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

	Puissance P_{AE} (kW) absorbée aux différents régimes du moteur ⁽¹⁾ en tenant compte de l'appendice 3 de la présente annexe	
Équipement	Régime intermédiaire (le cas échéant)	Régime nominal
Total:		

⁽¹⁾ Ne doit pas dépasser 10 % de la puissance mesurée lors des essais.

1.4. Performances du moteur

1.4.1. Régimes du moteur

Ralentitr/min

Régime intermédiairetr/min

Régime nominaltr/min

1.4.2. Puissance du moteur¹

	Réglage de la puissance (kW) aux différents régimes du moteur	
Condition	Régime intermédiaire (le cas échéant)	Régime nominal
Puissance maximale mesurée lors des essais (P_M) (kW) (a)		
Puissance totale absorbée par les équipements entraînés par le moteur, suivant le point 1.3.2 du présent appendice ou le point 3.1 de l'annexe III (P_{AE}) (kW) (b)		
Puissance nette du moteur suivant le point 2.4 de l'annexe I (kW) (c)		
$c = a + b$		

1.5. Niveaux des émissions

¹ Puissance non corrigée mesurée conformément aux prescriptions de l'annexe I, point 2.4.

1.5.1. Réglages du dynamomètre (kW)

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

1.5.2. Résultat des émissions à l'essai NRSC:

CO: g/kWh

HC: g/kWh

NO_x: g/kWh

NMHC + NO_x: g/kWh

Particules: g/kWh

1.5.3. Système d'échantillonnage utilisé pour l'essai NRSC:

1.5.3.1. Émissions gazeuses¹:

1.5.3.2. Particules¹:

1.5.3.2.1. Méthode²: filtre simple/filtres multiples

2. Informations relatives à l'exécution de l'essai NRTC³

2.1. Résultats des émissions à l'essai NRTC:

CO: g/kWh

¹ Indiquer les chiffres définis à l'annexe VI, point 1.

² Biffer la mention inutile.

³ Dans le cas de plusieurs moteurs représentatifs, à remplir séparément pour chacun d'eux.

NMHC: g/kWh

NO_x: g/kWh

Particules: g/kWh

NMHC + NO_x: g/kWh

2.2. *Système d'échantillonnage utilisé pour l'essai NRTC:*

Émissions gazeuses¹:.....

Particules¹:.....

Méthode²: filtre simple/filtres multiples »

6. L'annexe XII est modifié comme suit.

- Le point 3 suivant est ajouté:

« 3. Pour les catégories de moteurs H, I, et J (phase III A) et les catégories de moteurs K, L et M (phase III B) telles qu'elles sont définies à l'article 9, paragraphe 3, les réceptions par type suivantes et, le cas échéant, les marques de réception correspondantes sont considérées comme équivalentes à une réception accordée conformément à la présente directive.

3.1 Les réceptions par type délivrées au titre de la directive 88/77/CEE, modifiée par la directive 1999/96/CE, qui sont conformes aux valeurs limites indiquées à la ligne B1, B2 ou C comme prévu à l'article 2 et au point 6.2.1 de l'annexe I de ladite directive.

3.2 Les homologations délivrées au titre du règlement CEE-NU n° 49, série d'amendements 03, des moteurs qui sont conformes aux phases B1, B2 ou C prévues au paragraphe 5.2. »

¹ Indiquer les chiffres définis à l'annexe VI, point 1.
² Biffer la mention inutile.

ANNEXE II

« Annexe VI

SYSTÈMES D'ANALYSE ET D'ÉCHANTILLONNAGE

1. SYSTÈMES D'ÉCHANTILLONNAGE DES GAZ ET DES PARTICULES

Figure	Description
2	Système d'analyse des gaz d'échappement bruts
3	Système d'analyse des gaz d'échappement dilués
4	Circuit partiel, débit isocinétique, réglage par l'aspirateur, échantillonnage fractionné
5	Circuit partiel, débit isocinétique, réglage par la soufflante, échantillonnage fractionné
6	Circuit partiel, mesure du CO ₂ ou des NO _x , échantillonnage fractionné
7	Circuit partiel, mesure du CO ₂ et équivalence en carbone, échantillonnage total
8	Circuit partiel, Venturi simple et mesure des concentrations, échantillonnage fractionné
9	Circuit partiel, Venturi double ou orifice double et mesure des concentrations, échantillonnage fractionné
10	Circuit partiel, séparation par tubes multiples et mesure des concentrations, échantillonnage fractionné
11	Circuit partiel, réglage du débit, échantillonnage total
12	Circuit partiel, réglage du débit, échantillonnage fractionné
13	Circuit principal, pompe volumétrique ou tube à Venturi à débit critique, échantillonnage fractionné
14	Système d'échantillonnage des particules
15	Système de dilution en circuit principal

1.1. Détermination des émissions gazeuses

Le point 1.1.1 et les figures 2 et 3 décrivent en détail les systèmes d'échantillonnage et d'analyse recommandés. Différentes configurations pouvant donner les mêmes résultats, il n'est pas nécessaire de se conformer rigoureusement aux schémas. On peut utiliser des éléments complémentaires tels qu'instruments, robinets, solénoïdes, pompes et commutateurs, pour obtenir d'autres renseignements et coordonner les fonctions des divers systèmes constituant l'ensemble. D'autres éléments non indispensables pour assurer la précision de certains systèmes peuvent être éliminés à condition que la décision soit fondée sur des jugements techniques valables.

1.1.1. Composantes CO, CO₂, HC, NO_x des gaz d'échappement

Le système d'analyse servant à déterminer la composante gazeuse des gaz d'échappement bruts ou dilués comprend les éléments suivants:

- un analyseur HFID pour la mesure des hydrocarbures,
- des analyseurs NDIR pour la mesure du monoxyde de carbone et du dioxyde de carbone,
- un détecteur HCLD ou l'équivalent pour la mesure des oxydes d'azote.

Pour les gaz d'échappement bruts (figure 2), l'échantillon pour toutes les composantes peut être prélevé au moyen d'une seule sonde ou de deux sondes proches l'une de l'autre et comportant des bifurcations internes menant aux différents analyseurs. Il faut veiller à ce qu'aucune des composantes des gaz d'échappement (notamment l'eau et l'acide sulfurique) ne se condense en un point quelconque du système d'analyse.

Pour les gaz d'échappement dilués (figure 3), l'échantillon pour la mesure des hydrocarbures ne doit pas être prélevé avec la même sonde que celle utilisée pour les autres composantes. Il faut veiller à ce qu'aucune des composantes des gaz d'échappement (notamment l'eau et l'acide sulfurique) ne se condense en un point quelconque du système d'analyse.

Figure 2

Schéma du système d'analyse des gaz d'échappement bruts pour la mesure du CO, des NO_x et des HC

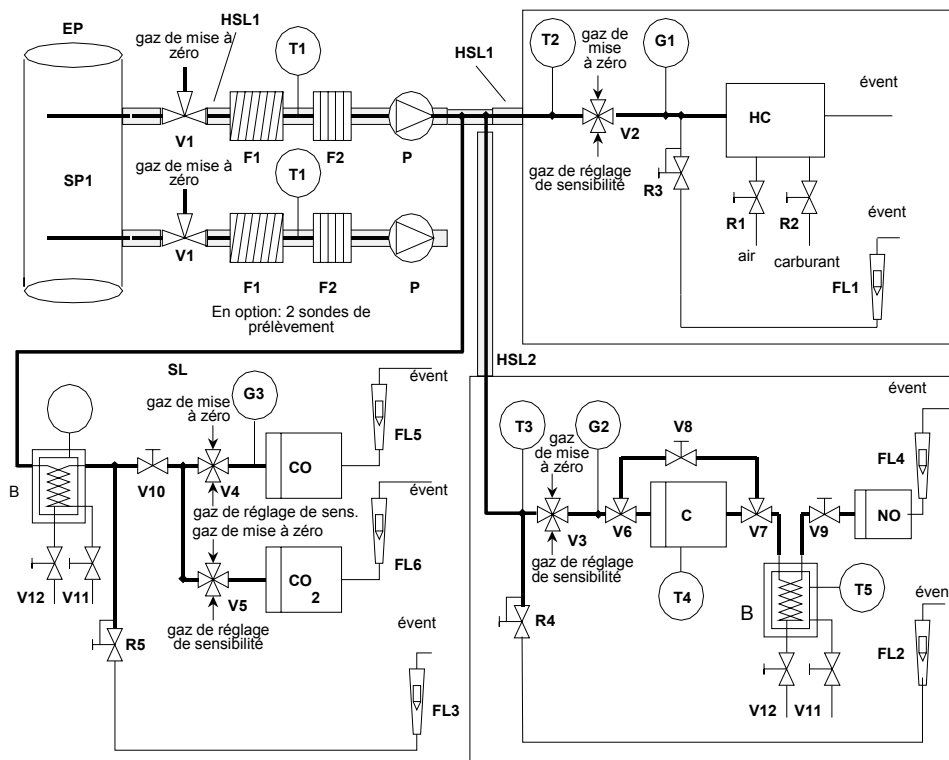
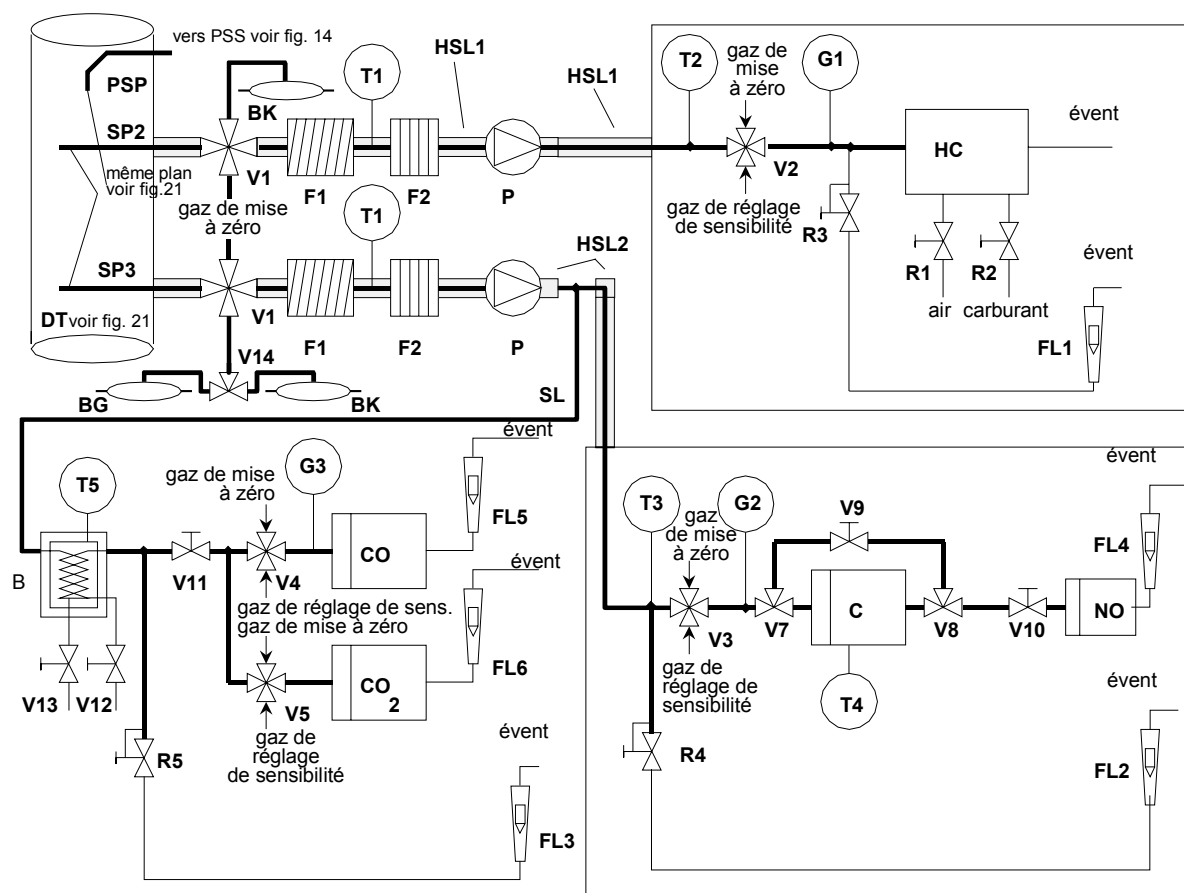


Figure 3

Schéma du système d'analyse des gaz d'échappement dilués pour la mesure du CO, du CO₂, des NO_x et des HC



Description - figures 2 et 3

Indication générale

Tous les éléments situés sur le circuit de prélèvement des gaz doivent être maintenus à la température indiquée pour chacun des systèmes.

- Sonde SP1 pour les gaz d'échappement bruts (figure 2 seulement)

Il est recommandé d'utiliser une sonde statique en acier inoxydable, fermée au bout et comportant plusieurs orifices. Son diamètre intérieur ne doit pas dépasser celui de la conduite de prélèvement. L'épaisseur de la paroi de la sonde doit être au maximum de 1 mm. Elle doit comporter au minimum trois orifices dans trois plans radiaux différents, dont les dimensions permettent de prélever approximativement le même volume. La sonde doit s'étendre sur 80 % au moins du diamètre du tuyau d'échappement.

- Sonde SP2 pour l'analyse des HC dans les gaz d'échappement dilués (figure 3 seulement)

La sonde:

- sera, par définition, constituée par la première section de 254 à 762 mm de la conduite de prélèvement des hydrocarbures (HSL3),
- devra avoir un diamètre intérieur d'au moins 5 mm,
- devra être montée dans le tunnel de dilution DT (point 1.2.1.2) à un point où l'air de dilution et les gaz d'échappement sont bien mélangés (c'est-à-dire à une distance d'environ dix fois le diamètre du tunnel en aval du point où les gaz d'échappement pénètrent dans le tunnel de dilution),
- devra être suffisamment éloignée (distance radiale) des autres sondes et de la paroi du tunnel pour ne pas subir l'influence de remous ou de tourbillons,
- devra être chauffée, afin que la température des gaz atteigne $463 \text{ K } (190 \text{ }^{\circ}\text{C}) \pm 10 \text{ K}$ à la sortie de la sonde.
- *Sonde SP3 pour l'analyse des CO, CO₂ et NO_x des gaz d'échappement dilués (figure 3 seulement)*

La sonde:

- devra être dans le même plan que SP2,
- devra être suffisamment éloignée (distance radiale) des autres sondes et de la paroi du tunnel pour ne pas subir l'influence de remous ou de tourbillons,
- devra être isolée et chauffée sur toute sa longueur, à une température minimale de $328 \text{ K } (55 \text{ }^{\circ}\text{C})$ afin d'empêcher la condensation de l'eau.
- *Conduite de prélèvement chauffée HSL1*

Au moyen d'une seule sonde, la conduite envoie des échantillons de gaz en direction des points de bifurcation et de l'analyseur des HC.

La conduite de prélèvement devra:

- avoir un diamètre intérieur de 5 mm au minimum et de 13,5 mm au maximum,
- être en acier inoxydable ou en PTFE,
- maintenir la température de la paroi à $463 \text{ K } (190 \text{ }^{\circ}\text{C}) \pm 10 \text{ K}$ au cas où la température des gaz d'échappement au niveau de la sonde serait égale ou inférieure à $463 \text{ K } (190 \text{ }^{\circ}\text{C})$; la température est mesurée sur chacune des sections chauffées pouvant être contrôlées séparément,
- maintenir la température de la paroi à $453 \text{ K } (180 \text{ }^{\circ}\text{C}) \pm 10 \text{ K}$ au cas où la température des gaz d'échappement au niveau de la sonde serait supérieure à $463 \text{ K } (190 \text{ }^{\circ}\text{C})$,
- maintenir la température des gaz à $463 \text{ K } (190 \text{ }^{\circ}\text{C}) \pm 10 \text{ K}$ immédiatement en amont du filtre chauffé (F2) et du détecteur HFID.
- *Conduite de prélèvement chauffée HSL2 pour NO_x*

La conduite de prélèvement devra:

- maintenir la paroi à une température comprise entre 328 et 473 K (55 à 200 °C) jusqu'au convertisseur dans le cas où l'on utilise un refroidisseur et jusqu'à l'analyseur dans le cas contraire,
- être en acier inoxydable ou en PTFE.

Comme la conduite de prélèvement n'est chauffée que pour empêcher la condensation de l'eau et de l'acide sulfurique, sa température dépendra de la teneur du carburant en soufre.

- *Conduite de prélèvement SL pour CO (CO₂)*

La conduite est en acier inoxydable ou en PTFE. Elle peut être chauffée ou non.

- *Sac de prélèvement pour les concentrations de fond BK (facultatif; figure 3 seulement)*

Pour mesurer les concentrations de fond.

- *Sac de prélèvement BG (facultatif; figure 3, CO et CO₂ seulement)*

Pour mesurer les concentrations dans les échantillons.

- *Préfiltre chauffé F1 (facultatif)*

La température est la même que celle de la conduite HSL1.

- *Filtre chauffé F2*

Le filtre a pour fonction d'extraire toute particule solide de l'échantillon de gaz avant que celui-ci arrive à l'analyseur. La température est la même que celle de la conduite HSL1. Le filtre est changé selon les besoins.

- *Pompe de prélèvement chauffée P*

La pompe est chauffée à la température de la conduite HSL1.

- *HC*

Détecteur à ionisation de flamme chauffé (HFID) pour la détermination des hydrocarbures. La température doit être maintenue à 453-473 K (180-200 °C).

- *CO, CO₂*

Analyseurs NDIR pour la détermination du monoxyde de carbone et du dioxyde de carbone.

- *NO₂*

Détecteur (H)CLD pour la détermination des oxydes d'azote. Si l'on utilise un détecteur HCLD, il doit être maintenu à une température comprise entre 328 et 473 K (55 à 200 °C).

- *Convertisseur C*

Un convertisseur est utilisé pour la réduction catalytique de NO₂ à NO avant l'analyse par le CLD ou le HCLD.

- *Bain de refroidissement B*

Pour refroidir et condenser l'eau contenue dans l'échantillon de gaz d'échappement. Le bain est maintenu à une température comprise entre 273 et 277 K (0 à 4 °C) au moyen de glace ou par réfrigération. Cet instrument est facultatif si l'analyseur ne contient aucune vapeur d'eau selon la définition donnée dans l'annexe III, appendice 2, points 1.9.1 et 1.9.2.

L'élimination de l'eau dans l'échantillon ne doit pas se faire au moyen de dessiccatifs chimiques.

- *Capteurs de température T1, T2, T3*

Servent à relever la température des gaz.

- *Capteur de température T4*

Sert à relever la température du convertisseur NO₂-NO.

- *Capteur de température T5*

Sert à relever la température du bain de refroidissement.

- *Manomètres G1, G2, G3*

Pour mesurer la pression à l'intérieur des conduites de prélèvement.

- *Régulateurs de pression R1 et R2*

Pour régler respectivement la pression de l'air et du carburant arrivant au HFID.

- *Régulateurs de pression R3, R4, R5*

Pour régler la pression dans les conduites de prélèvement et le débit en direction des analyseurs.

- *Débitmètres FL1, FL2, FL3*

Pour mesurer le débit de dérivation des gaz prélevés.

- *Débitmètres FL4 à FL7 (facultatif)*

Pour mesurer le débit dans les analyseurs.

- *Robinet de sélection V1 à V6*

Pour envoyer au choix dans l'analyseur l'échantillon prélevé, le gaz de réglage de sensibilité ou le gaz de mise à zéro.

- *Robinets à solénoïde V7, V8*
Pour contourner le convertisseur NO₂-NO.
- *Robinet à pointeau V9*
Pour équilibrer le débit entre le convertisseur NO₂-NO et la dérivation.
- *Robinets à pointeau V10, V11*
Pour régler les débits en direction des analyseurs.
- *Robinets de purge V12, V13*
Pour évacuer le condensat du bain B.
- *Robinets de sélection V14*
Pour choisir le sac BK ou le sac BG.

1.2. Détermination des particules

Les points 1.2.1 et 1.2.2 et les figures 4 à 15 décrivent en détail les systèmes recommandés pour la dilution et les prélèvements. Différentes configurations pouvant donner les mêmes résultats, il n'est pas nécessaire de se conformer rigoureusement aux schémas. On peut utiliser des éléments complémentaires tels qu'instruments, robinets, solénoïdes, pompes et commutateurs, pour obtenir d'autres renseignements et coordonner les fonctions des divers systèmes constituant l'ensemble. D'autres éléments non indispensables pour assurer la précision de certains systèmes peuvent être éliminés à condition que la décision soit fondée sur des jugements techniques valables.

1.2.1. *Système de dilution*

1.2.1.1. Système de dilution en circuit partiel (figures 4 à 12)¹

Le système de dilution présenté fonctionne sur le principe de la dilution d'une partie du volume des gaz d'échappement. Le fractionnement de ce volume et l'opération de dilution qui y fait suite peuvent être effectués par différents systèmes de dilution. Pour la collecte ultérieure des particules, on peut faire passer à travers le système de prélèvement des particules (point 1.2.2 figure 14) soit le volume total des gaz d'échappement dilués, soit une fraction seulement de celui-ci. La première méthode s'appelle un *système d'échantillonnage total*, la seconde, un *système d'échantillonnage fractionné*.

Le calcul du taux de dilution dépend du système utilisé.

Les différents systèmes recommandés sont les suivants.

- Systèmes isocinétiques (figures 4 et 5)

¹ Les figures 4 à 12 montrent différents types de système de dilution en circuit partiel qui peuvent normalement être utilisés pour l'essai en régime stabilisé (NRSC). Toutefois, en raison de contraintes très sévères des essais en transitoires, seuls les systèmes de dilution en circuit partiel (figures 4 à 12) capables de remplir toutes les exigences mentionnées sous "Système de dilution en circuit partiel" à l'annexe III, appendice 1, point 2.4, sont acceptés pour l'essai transitoire (NRTC).

Avec ces systèmes, le flux des gaz arrivant au tube de transfert doit avoir une vitesse et/ou une pression égales à celles de la masse totale des gaz d'échappement, ce qui exige un flux non perturbé et uniforme au niveau de la sonde. On y parvient généralement en utilisant un résonateur et un tube d'amenée rectiligne en amont du point de prélèvement. Le coefficient de fractionnement se calcule ensuite à partir de valeurs aisément mesurables comme les diamètres des tubes. On notera que la méthode isocinétique n'est utilisée que pour égaliser les caractéristiques du débit et non pour égaliser la distribution des dimensions. En règle générale, cette dernière égalisation n'est pas nécessaire puisque les particules sont suffisamment fines pour suivre la ligne de courant des fluides.

- Systèmes avec réglage des débits et mesure des concentrations (figures 6 à 10)

Avec ces systèmes, on prélève un échantillon de la masse totale des gaz en réglant le débit de l'air de dilution et le débit total des gaz dilués. Le taux de dilution est déterminé d'après les concentrations de gaz marqueurs, tels que CO₂ et NO_x, qui sont naturellement présents dans les gaz d'échappement des moteurs. On mesure les concentrations dans les gaz dilués et dans l'air de dilution, tandis que la concentration dans les gaz bruts peut soit être mesurée directement, soit déterminée à partir du débit du carburant et de l'équation de l'équivalence en carbone, à condition que l'on connaisse la composition du carburant. Les systèmes peuvent être réglés d'après le taux de dilution calculé (figures 6 et 7) ou d'après le débit vers le tube de transfert (figures 8, 9 et 10).

- Systèmes avec réglage et mesure du débit (figures 11 et 12)

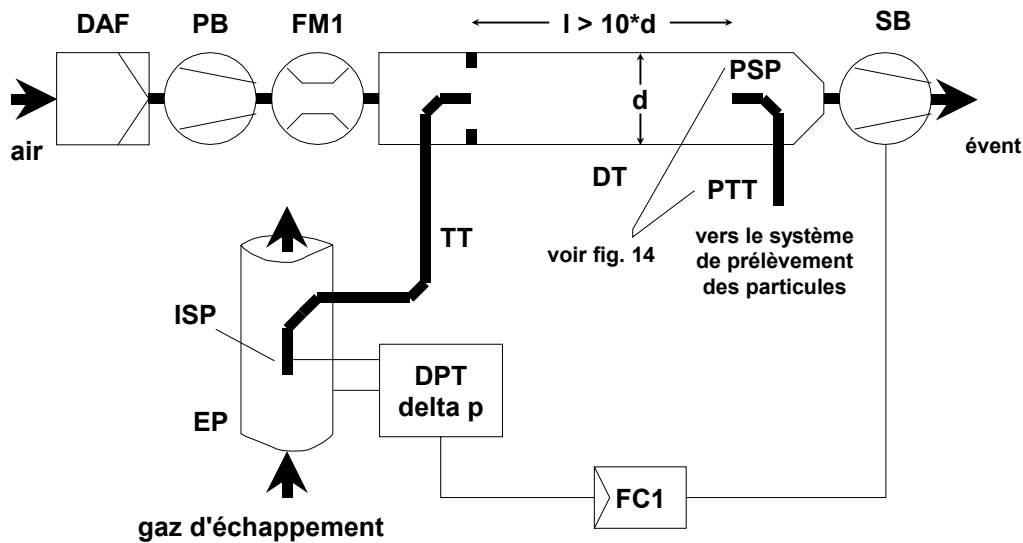
Avec ces systèmes, on prélève un échantillon de la masse totale des gaz en réglant le débit de l'air de dilution et le débit total des gaz dilués. Le taux de dilution est déterminé d'après la différence entre les deux débits. Cette méthode exige un étalonnage précis des débitmètres l'un par rapport à l'autre, l'importance relative des deux débits pouvant entraîner des erreurs considérables lorsque les taux de dilution sont élevés (figures 9 et suivantes). Le réglage des débits s'effectue très facilement en maintenant à un niveau constant le débit des gaz d'échappement dilués et en faisant varier, au besoin, le débit de l'air de dilution.

Pour pouvoir tirer parti des systèmes de dilution en circuit partiel, il faut éviter les problèmes que poserait la perte de particules dans le tube de transfert, veiller à obtenir un échantillon représentatif des gaz d'échappement du moteur et déterminer le coefficient de fractionnement.

Les systèmes présentés ici tiennent compte de ces facteurs essentiels.

Figure 4

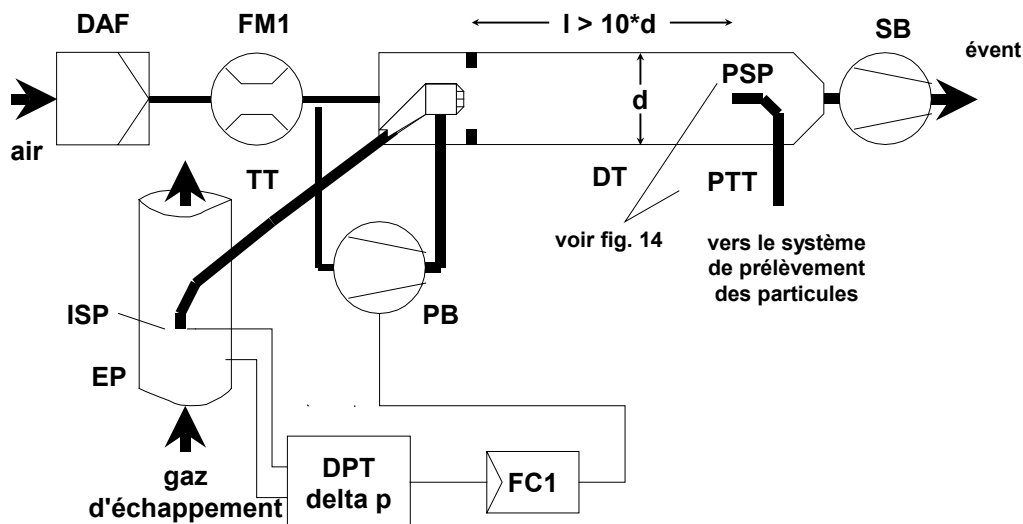
Système de dilution en circuit partiel avec sonde isocinétique et échantillonnage fractionné (réglage par l'aspirateur)



Les gaz d'échappement bruts sont transférés du tuyau d'échappement EP au tunnel de dilution DT au moyen du tube de transfert TT et de la sonde isocinétique ISP. La différence de pression des gaz entre le tuyau d'échappement et l'entrée de la sonde est mesurée avec le transducteur DPT. Le signal est transmis au régulateur de débit FC1 commandant l'aspirateur SB, afin de maintenir une différence de pression nulle à la pointe de la sonde. Dans ces conditions, les vitesses des gaz en EP et ISP sont identiques et le débit à travers ISP et TT est une fraction constante de la masse totale des gaz. Le coefficient de fractionnement est déterminé d'après la surface des sections d'EP et d'ISP. Le débit de l'air de dilution est mesuré au moyen du débitmètre FM1. Le taux de dilution est calculé d'après le débit de l'air de dilution et le coefficient de fractionnement.

Figure 5

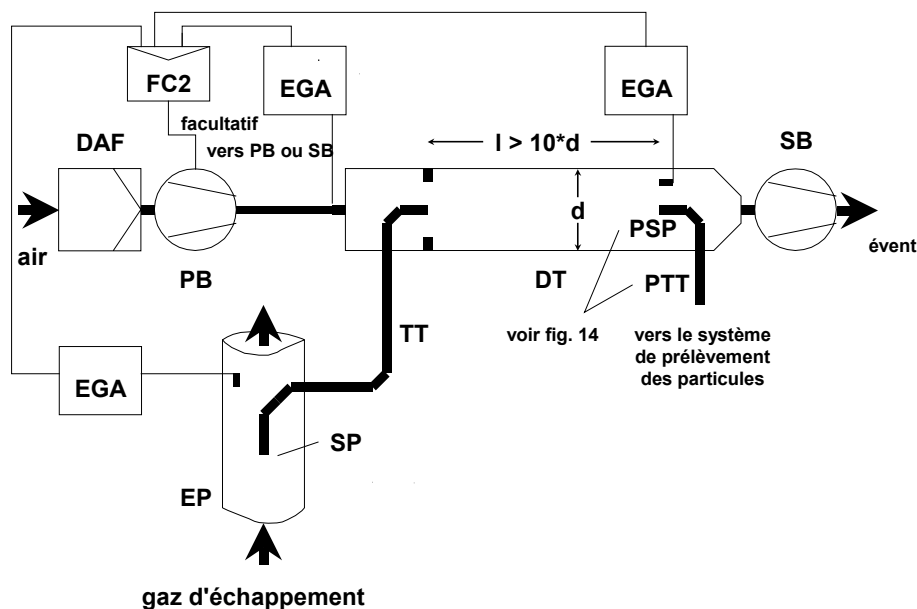
Système de dilution en circuit partiel avec sonde isocinétique et échantillonnage fractionné (réglage par la soufflante)



Les gaz d'échappement bruts sont transférés du tuyau d'échappement EP au tunnel de dilution DT au moyen du tube de transfert TT et de la sonde isocinétique ISP. La différence de pression des gaz entre le tuyau d'échappement et l'entrée de la sonde est mesurée avec le transducteur DPT. Le signal est transmis au régulateur de débit FC1 commandant la soufflante, afin de maintenir une différence de pression nulle à la pointe de la sonde. On y parvient en prélevant une petite fraction de l'air de dilution dont le débit a déjà été mesuré avec le débitmètre FM1 et en l'amenant à travers TT au moyen d'un orifice pneumatique. Dans ces conditions, les vitesses des gaz en EP et ISP sont identiques et le débit à travers ISP et TT est une fraction constante de la masse totale des gaz. Le coefficient de fractionnement est déterminé d'après la surface des sections d'EP et d'ISP. L'air de dilution est aspiré à travers DT par l'aspirateur SB et le débit est mesuré par FM1 à l'entrée de DT. Le taux de dilution est calculé d'après le débit de l'air de dilution et le coefficient de fractionnement.

Figure 6

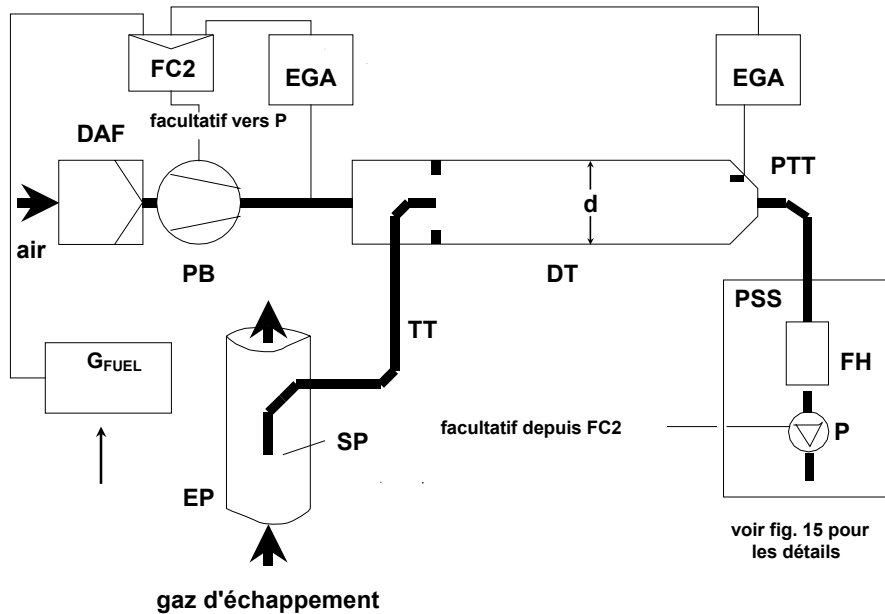
Système de dilution en circuit partiel avec mesure des concentrations de CO₂ ou des NO_x et échantillonnage fractionné



Les gaz d'échappement bruts sont transférés du tuyau d'échappement EP au tunnel de dilution DT au moyen de la sonde SP et du tube de transfert TT. Les concentrations d'un gaz marqueur (CO₂ ou NO_x) sont mesurées dans les gaz bruts et dilués, de même que dans l'air de dilution, au moyen d'un ou plusieurs analyseurs EGA. Les signaux sont transmis au régulateur de débit FC2 qui commande soit la soufflante PB, soit l'aspirateur SB, de façon à assurer dans DT le fractionnement des gaz d'échappement et le taux de dilution souhaités. Le taux de dilution est calculé d'après les concentrations de gaz marqueur dans les gaz d'échappement bruts, les gaz d'échappement dilués et l'air de dilution.

Figure 7

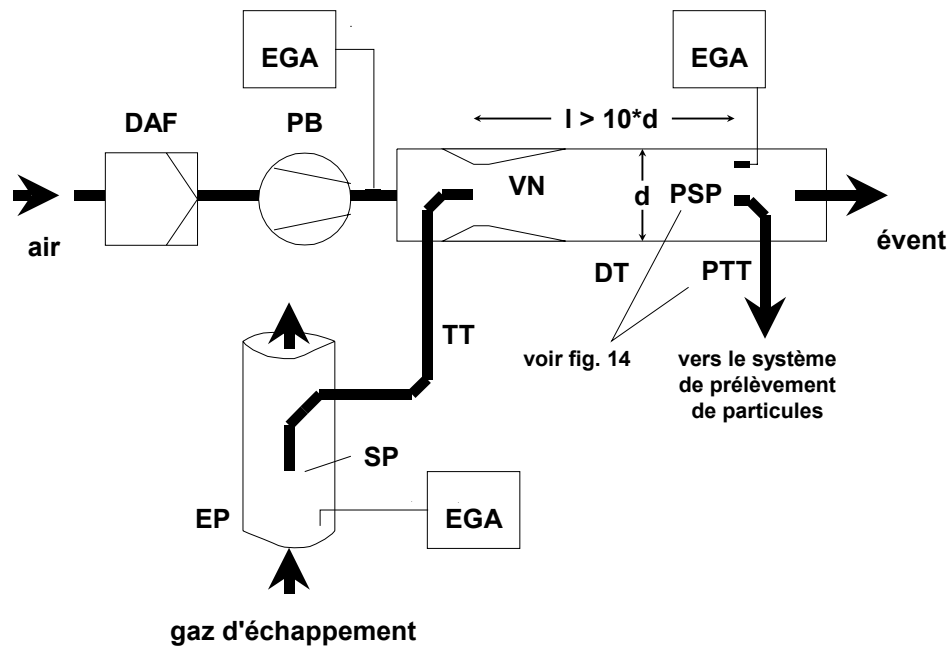
**Système de dilution en circuit partiel avec mesure des concentrations de CO_2 ,
équivalence en carbone et échantillonnage total**



Les gaz d'échappement bruts sont transférés du tuyau d'échappement EP au tunnel de dilution DT au moyen de la sonde SP et du tube de transfert TT. Les concentrations de CO_2 sont mesurées dans les gaz d'échappement dilués et dans l'air de dilution au moyen d'un ou plusieurs analyseurs EGA. Les signaux CO_2 et G_{FUEL} (débit massique du carburant) sont transmis soit au régulateur de débit FC2, soit au régulateur de débit FC3 du système de prélèvement des particules (figure 14). FC2 commande la soufflante PB et le régulateur FC3, le système de prélèvement des particules (figure 14); ils règlent ainsi les débits à l'entrée et à la sortie du système et assurent dans DT le fractionnement des gaz d'échappement et le taux de dilution souhaités. Le taux de dilution est calculé d'après les concentrations de CO_2 et d'après G_{FUEL} avec la méthode de l'équivalence en carbone.

Figure 8

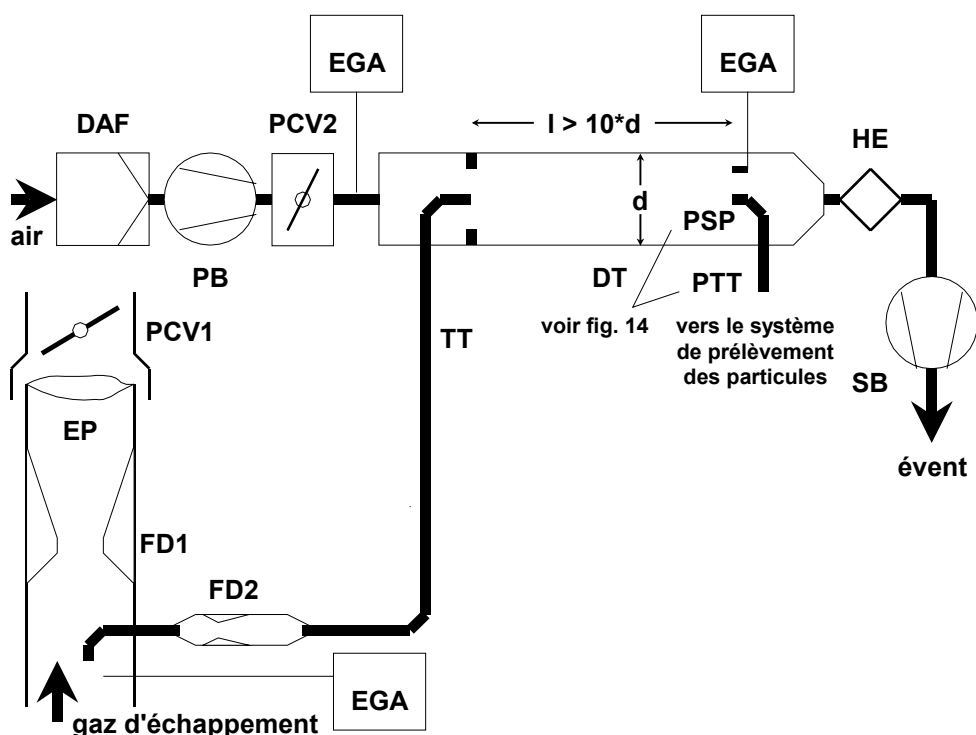
Système de dilution en circuit partiel avec venturi simple, mesure des concentrations et échantillonnage fractionné



Les gaz d'échappement bruts sont transférés du tuyau d'échappement EP au tunnel de dilution DT au moyen de la sonde SP et du tube de transfert TT, sous l'action de la pression négative créée par le venturi VN dans DT. Le débit des gaz à travers TT dépend de l'échange des forces dans la zone du venturi et, par conséquent, de la température absolue des gaz à la sortie de TT. Il s'ensuit que le fractionnement des gaz d'échappement pour un débit donné dans le tunnel ne peut être constant et que le taux de dilution à faible charge est légèrement inférieur à ce qu'il est avec une charge plus lourde. Les concentrations de gaz marqueur (CO_2 ou NO_x) sont mesurées dans les gaz bruts, les gaz dilués et l'air de dilution, au moyen d'un ou plusieurs analyseurs EGA; le taux de dilution est calculé d'après les valeurs ainsi obtenues.

Figure 9

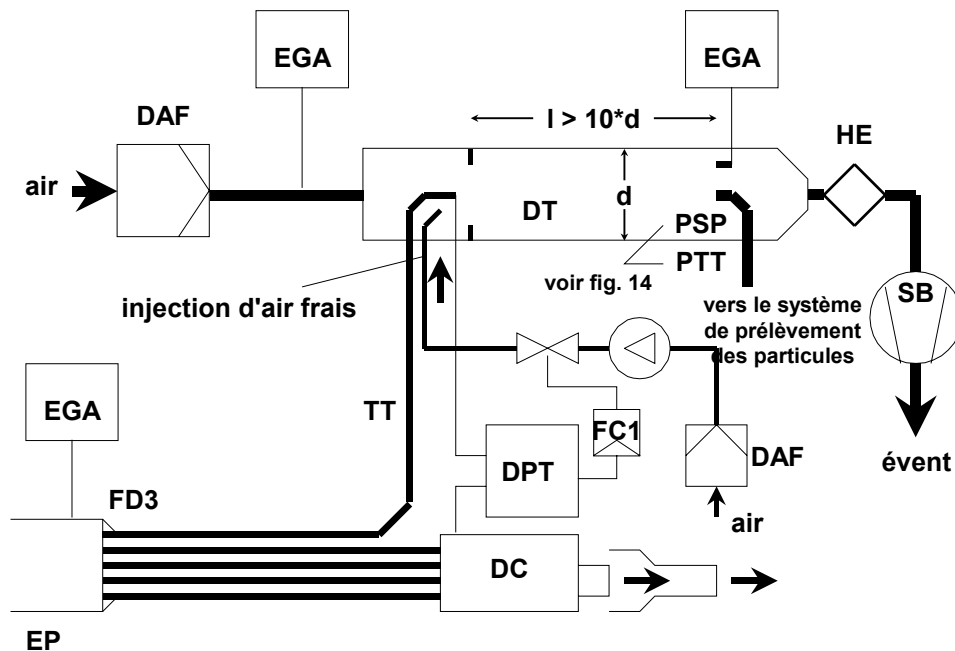
Système de dilution en circuit partiel avec venturi double, mesure des concentrations et échantillonnage fractionné



Les gaz d'échappement bruts sont transférés du tuyau d'échappement EP au tunnel de dilution DT au moyen de la sonde SP, du tube de transfert TT et de séparateurs comprenant un ensemble d'orifices ou de tubes venturi. Le premier (FD1) est situé en EP, le deuxième (FD2) est situé en TT. Il faut aussi deux papillons de réglage de la pression (PCV1 et PCV2) pour maintenir un fractionnement constant des gaz par réglage de la contre-pression en EP et de la pression en DT. PCV1 est situé en aval de SP en EP, PCV2 entre la soufflante PB et le tunnel DT. Les concentrations de gaz marqueur (CO_2 ou NO_x) sont mesurées dans les gaz bruts, les gaz dilués et l'air de dilution, au moyen d'un ou plusieurs analyseurs EGA. Ceux-ci sont nécessaires pour vérifier la séparation des gaz et peuvent servir à régler PCV1 et PCV2 pour obtenir une séparation rigoureuse. Le taux de dilution est calculé d'après les concentrations de gaz marqueur.

Figure 10

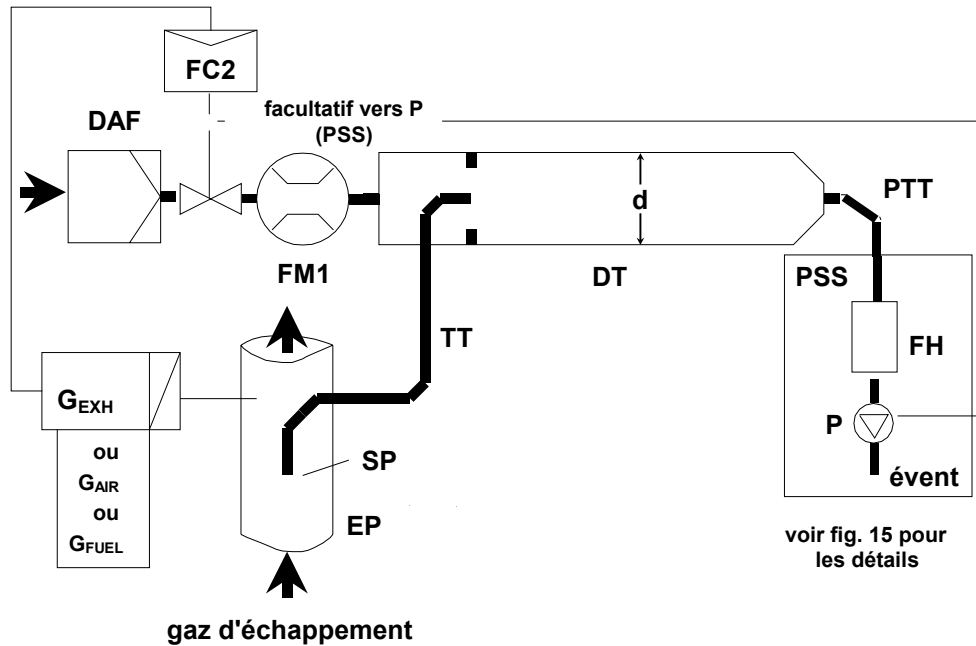
Système de dilution en circuit partiel avec séparation par tubes multiples, mesure des concentrations et échantillonnage fractionné



Les gaz d'échappement bruts sont transférés du tuyau d'échappement EP au tunnel de dilution DT au moyen du tube de transfert TT et du séparateur FD3, composé de plusieurs tubes de mêmes dimensions (mêmes diamètre, longueur et rayon de courbure) qui sont montés dans EP. Les gaz passant par un de ces tubes arrivent en DT et les gaz passant par les autres arrivent dans l'humidificateur DC. La séparation des gaz est donc déterminée par le nombre total de tubes. Un réglage constant de la séparation exige une différence de pression nulle entre DC et la sortie de TT, qui est mesurée au moyen du transducteur à pression différentielle DPT. Les concentrations de gaz marqueur (CO_2 ou NO_x) sont mesurées dans les gaz bruts, les gaz dilués et l'air de dilution, au moyen d'un ou plusieurs analyseurs EGA. Ces derniers servent à contrôler la séparation mais aussi à régler le débit d'injection d'air pour obtenir la séparation précise souhaitée. Le taux de dilution est calculé d'après les concentrations de gaz marqueur.

Figure 11

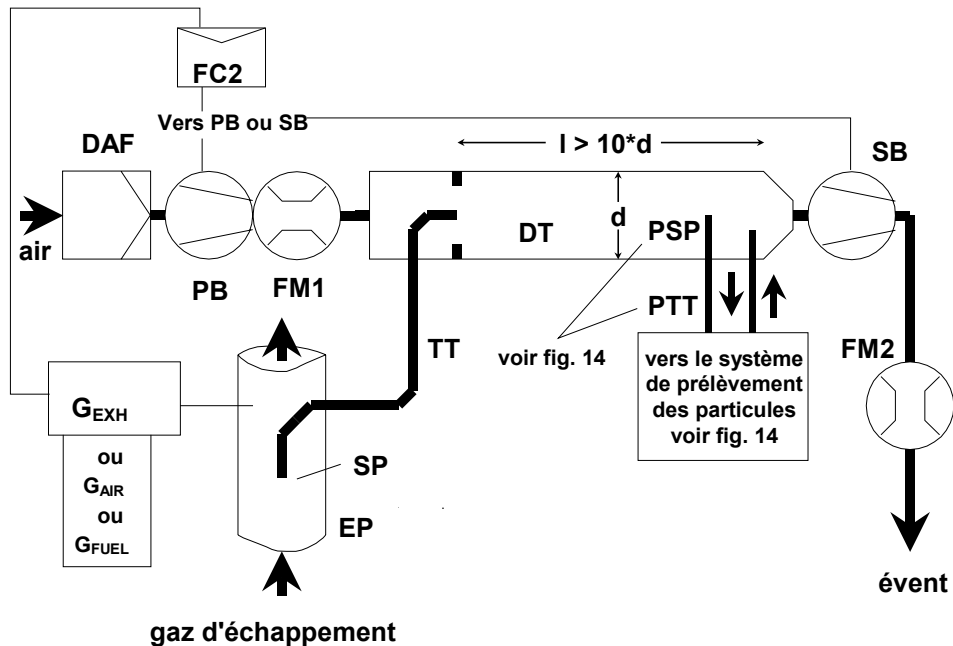
Système de dilution en circuit partiel avec réglage du débit et échantillonnage total



Les gaz d'échappement bruts sont transférés du tuyau d'échappement EP au tunnel de dilution DT au moyen de la sonde SP et du tube de transfert TT. Le débit total à travers le tunnel est réglé par le régulateur de débit FC3 et la pompe de prélèvement du système d'échantillonnage des particules (figure 16). Le volume de l'air de dilution est réglé par le régulateur de débit FC2, qui peut utiliser comme signaux de commande G_{EXH} , G_{AIR} ou G_{FUEL} pour donner la séparation des gaz souhaitée. Le volume prélevé arrivant à DT est la différence entre le volume total et le volume d'air de dilution. Le débit de l'air de dilution est mesuré au moyen du débitmètre FM1 et le débit total, au moyen du débitmètre FM3 du système d'échantillonnage des particules (figure 14). Le taux de dilution est calculé d'après ces deux débits.

Figure 12

Système de dilution en circuit partiel avec réglage du débit et échantillonnage fractionné



Les gaz d'échappement bruts sont transférés du tuyau d'échappement EP au tunnel de dilution DT au moyen de la sonde SP et du tube de transfert TT. La séparation des gaz et le volume arrivant dans DT sont réglés au moyen du dispositif FC2 qui ajuste, selon le cas, le débit (ou le régime) de la soufflante PB et de l'aspirateur SB, opération possible puisque l'échantillon prélevé avec le système de prélèvement des particules est renvoyé à DT. On peut se servir de G_{EXH} , G_{AIR} ou G_{FUEL} comme signaux de commande pour FC2. Le débit de l'air de dilution est mesuré au moyen du débitmètre FM1 et le débit total, au moyen du débitmètre FM2. Le taux de dilution est calculé d'après ces deux débits.

Description - Figures 4 à 12

- Tuyau d'échappement EP

Le tuyau d'échappement peut être isolé. Pour réduire l'inertie thermique du tuyau d'échappement, il est recommandé d'avoir un rapport épaisseur/diamètre de 0,015 ou moins. L'utilisation de sections flexibles doit se limiter à un rapport longueur/diamètre de 12 ou moins. Les coudes seront réduits à un minimum afin d'éviter les dépôts par inertie. Si le système comprend un silencieux d'essai, celui-ci peut aussi être isolé.

Avec un système isocinétique, le tuyau d'échappement ne présentera aucun coude, courbure ou variation subite du diamètre sur une longueur au moins égale, depuis la pointe de la sonde, à six fois le diamètre du tuyau en amont et à trois fois le diamètre en aval. La vitesse des gaz d'échappement dans la zone de prélèvement doit être supérieure à 10 m/s sauf en mode ralenti. Les variations de pression des gaz ne doivent pas dépasser ± 500 Pa en moyenne. Une intervention quelconque destinée à réduire les variations de pression, en dehors du recours à un système d'échappement en forme de châssis (y compris le pot d'échappement et un dispositif de post-

traitement) ne doit pas modifier le régime du moteur ni entraîner le dépôt de particules.

Avec les systèmes sans sonde isocinétique, il est recommandé d'utiliser un tuyau rectiligne d'une longueur égale, depuis la pointe de la sonde, à six fois le diamètre du tuyau en amont et à trois fois le diamètre en aval.

- *Sonde de prélèvement SP (figures 6 à 12)*

Le diamètre intérieur minimal est de 4 mm. Le rapport minimal entre le diamètre du tuyau d'échappement et celui de la sonde est de 4. La sonde est constituée d'un tube ouvert orienté en amont et situé sur l'axe médian du tuyau d'échappement, ou comprend des orifices multiples dont la description est donnée sous SP1 au point 1.1.1.

- *Sonde de prélèvement isocinétique ISP (figures 4 et 5)*

La sonde de prélèvement isocinétique est dirigée en amont sur l'axe médian du tuyau d'échappement au point où les conditions de débit de la section EP sont satisfaites; elle est conçue de manière à fournir un prélèvement proportionnel des gaz d'échappement bruts. Le diamètre intérieur doit être d'au moins 12 mm.

Il faudra prévoir un système de contrôle pour la séparation isocinétique des gaz d'échappement, qui sera assurée par le maintien d'une différence de pression nulle entre EP et ISP. Dans ces conditions, les vitesses des gaz en EP et ISP sont identiques et le débit massique à travers ISP et TT est une fraction constante de la masse totale des gaz. L'ISP doit être reliée à un transducteur à pression différentielle. La pression différentielle nulle entre EP et ISP s'obtient par variation de la vitesse de la soufflante ou avec un régulateur de débit.

- *Séparateurs de flux FD1 et FD2 (figure 9)*

Une série de tubes Venturi ou d'orifices est prévue sur le tuyau d'échappement EP ou sur le tube de transfert TT respectivement, afin de fournir un prélèvement proportionnel des gaz d'échappement bruts. Un système de réglage de la pression comprenant deux papillons de réglage PCV1 et PCV2 est utilisé pour la séparation proportionnelle, qui est obtenue par réglage des pressions en EP et en DT.

- *Séparateur FD3 (figure 10)*

Un ensemble de tubes (unité à tubes multiples) est monté sur le tuyau d'échappement EP afin de fournir un prélèvement proportionnel des gaz d'échappement bruts. Un des tubes amène les gaz d'échappement au tunnel de dilution DT, tandis que les autres aboutissent à l'humidificateur DC. Les tubes doivent avoir les mêmes dimensions (mêmes diamètre, longueur et rayon de courbure), de sorte que la séparation dépend du nombre total de tubes. Il faut prévoir un système de réglage pour obtenir une séparation proportionnelle par maintien d'une différence de pression nulle entre l'arrivée de l'unité à tubes multiples en DC et à la sortie de TT. Dans ces conditions, les vitesses des gaz d'échappement en EP et FD3 sont proportionnelles et le débit en TT est une fraction constante du volume total des gaz. Les deux points doivent être reliés à un transducteur à pression différentielle DPT. La différence de pression nulle s'obtient au moyen du régulateur de débit FC1.

- *Analyseur des gaz d'échappement EGA (figures 6 à 10)*

On peut utiliser des analyseurs de CO₂ ou de NO_x (mais uniquement avec la méthode de l'équivalence en carbone pour l'analyseur de CO₂). Les analyseurs doivent être étalonnés comme ceux qui sont utilisés pour la mesure des émissions gazeuses. On peut se servir d'un ou de plusieurs analyseurs pour déterminer les différences de concentration.

La précision des systèmes de mesure doit être telle que la précision de G_{EDFW,i} ou de V_{EDFW,i} se situe dans une marge de $\pm 4 \%$.

- *Tube de transfert TT (figures 4 à 12)*

Le tube de transfert pour le prélèvement des particules doit:

- être aussi court que possible, mais d'une longueur maximale de 5 mm,
- avoir un diamètre égal ou supérieur à celui de la sonde, mais n'excédant pas 25 mm,
- avoir un point de sortie sur l'axe médian du tunnel de dilution et être orienté vers l'aval.

Si le tube a un mètre de long ou moins, il doit être isolé avec un matériau d'une conductivité thermique maximale de $0,05 \text{ W/m} \times \text{K}$, l'épaisseur radiale de l'isolation devant correspondre au diamètre de la sonde. Si le tube a plus d'un mètre de long, il doit être isolé et chauffé jusqu'à une température d'au moins 523 K (250 °C) au niveau de la paroi.

Une autre méthode consiste à déterminer les températures requises de la paroi du tube au moyen des calculs classiques de transfert de chaleur.

- *Transducteur à pression différentielle DPT (figures 4, 5 et 10)*

Le transducteur à pression différentielle doit fonctionner dans une plage maximale de $\pm 500 \text{ Pa}$.

- *Régulateur de débit FCI (figures 4, 5 et 10)*

Avec les systèmes isocinétiques (figures 4 et 5) il faut un régulateur de débit pour maintenir une différence de pression nulle entre EP et ISP. On peut maintenir celle-ci:

- a) en réglant la vitesse ou le débit de l'aspirateur (SB) et en maintenant constante la vitesse de la soufflante (PB) dans chacun des modes (figure 4)

ou

- b) en ajustant l'aspirateur (SB) de façon à obtenir un débit massique constant des gaz dilués et en réglant le débit de la soufflante (PB) et, du même coup, le débit de l'échantillon à l'extrémité du tube de transfert (TT) (figure 5).

Si on utilise un système de régulation de la pression, l'erreur restante dans le circuit de contrôle ne doit pas dépasser ± 3 Pa. Les variations de la pression dans le tunnel de dilution ne doivent pas dépasser ± 250 Pa en moyenne.

Avec un système multitube (figure 10), il faut un régulateur de débit pour obtenir une séparation proportionnelle des gaz et une différence de pression nulle entre la sortie de l'unité multitube et la sortie de TT. On peut effectuer le réglage en ajustant le débit d'injection d'air en DT à la sortie de TT.

- *Papillons de réglage de la pression PCV1 et PCV2 (figure 9)*

Deux robinets servant à régler la pression sont nécessaires avec le système à tube Venturi double ou à orifice double devant assurer une séparation proportionnelle par réglage de la contre-pression en EP et de la pression en DT. Les robinets doivent être situés en aval de SP sur EP et entre PB et DT.

- *Humidificateur DC (figure 10)*

Un humidificateur doit être monté à la sortie de l'unité multitube afin de réduire au maximum les variations de pression dans le tuyau d'échappement EP.

- *Tube venturi VN (figure 8)*

Un tube venturi est monté dans le tunnel de dilution DT afin de créer une pression négative aux abords de la sortie du tube de transfert TT. Le débit des gaz à travers TT est déterminé par l'échange des forces dans la zone du tube venturi; en gros, il est proportionnel au débit de la soufflante PB, donnant ainsi un taux de dilution constant. L'échange des forces étant affecté par la température à la sortie de TT et par la différence de pression entre EP et DT, le taux de dilution effectif est légèrement plus faible avec une charge légère qu'avec une charge lourde.

- *Régulateur de débit FC2 (figures 6, 7, 11 et 12; facultatif)*

Un régulateur peut être utilisé pour régler le débit de la soufflante PB ou de l'aspirateur SB. Il peut être commandé par le signal de débit des gaz ou de débit du carburant, ou par le signal différentiel de CO₂ ou de NO_x.

Avec un système à air comprimé (figure 11), le FC2 règle directement le débit d'air.

- *Débitmètre FM1 (figures 6, 7, 11 et 12)*

Appareil mesurant les gaz ou le débit de l'air de dilution. Le FM1 est facultatif si la soufflante PB est étalonnée pour mesurer le débit.

- *Débitmètre FM2 (figure 12)*

Appareil mesurant les gaz ou le débit des gaz d'échappement dilués. Le FM2 est facultatif si l'aspirateur SB est étalonné pour mesurer le débit.

- *Soufflante PB (figures 4, 5, 6, 7, 8, 9 et 12)*

Pour régler le débit de l'air de dilution, on peut relier la soufflante au régulateur de débit FC1 ou FC2. La soufflante n'est pas nécessaire avec un robinet à papillon. Elle peut servir à mesurer le débit de l'air de dilution, à condition d'être étalonnée.

- *Aspirateur SB (figures 4, 5, 6, 9, 10 et 12)*

Utilisé uniquement avec les systèmes d'échantillonnage fractionné. L'aspirateur peut servir à mesurer le débit de l'air de dilution, à condition d'être étalonné.

- *Filtre pour air de dilution DAF (figures 4 à 12)*

Il est recommandé de filtrer et d'épurer au charbon de bois l'air de dilution afin d'éliminer les hydrocarbures de fond. L'air de dilution doit être à la température de $298\text{ K } (25\text{ °C}) \pm 5\text{ K}$.

À la demande du constructeur, l'air de dilution est analysé conformément aux règles de l'art afin de déterminer les concentrations de particules de fond, qui peuvent ensuite être soustraites des valeurs mesurées dans les gaz d'échappement dilués.

- *Sonde de prélèvement des particules PSP (figures 4, 5, 6, 8, 9, 10 et 12)*

La sonde est le premier élément du tube de transfert des particules PTT et:

- doit être dirigée en amont et située à un point où l'air de dilution et les gaz d'échappement sont parfaitement mélangés, c'est-à-dire sur l'axe médian du tunnel de dilution DT des systèmes de dilution, à une distance d'environ dix fois le diamètre du tunnel en aval du point où les gaz d'échappement pénètrent dans celui-ci,
 - doit avoir un diamètre intérieur minimal de 12 mm,
 - peut être chauffée à une température maximale de 325 K (52 °C) au niveau de la paroi, soit directement, soit par chauffage préalable de l'air de dilution, à condition que la température de l'air ne dépasse pas 325 K (52 °C) avant l'introduction des gaz dans le tunnel de dilution,
 - peut être isolée.
- *Tunnel de dilution DT (figures 4 à 12)*

Le tunnel de dilution:

- doit avoir une longueur suffisante pour assurer un mélange complet des gaz d'échappement et de l'air de dilution dans des conditions de turbulence,
- doit être fabriqué en acier inoxydable avec:
 - un rapport épaisseur/diamètre de 0,025 ou moins pour les tunnels d'un diamètre intérieur supérieur à 75 mm,
 - des parois d'une épaisseur nominale d'au moins 1,5 mm pour les tunnels ayant un diamètre intérieur égal ou inférieur à 75 mm,

- doit avoir un diamètre minimal de 75 mm pour l'échantillonnage fractionné,
- devrait, si possible, avoir un diamètre d'au moins 25 mm pour l'échantillonnage total,
- peut être porté à une température maximale de 325 K (52 °C) au niveau de la paroi, soit directement, soit par chauffage préalable de l'air de dilution, à condition que la température de l'air ne dépasse pas 325 K (52 °C) avant l'introduction des gaz dans le tunnel de dilution,
- peut être isolé.

Les gaz d'échappement du moteur doivent être parfaitement mélangés avec l'air de dilution. Pour les systèmes à échantillonnage fractionné, il faut vérifier la qualité du mélange après leur mise en service en établissant un profil CO₂ du tunnel, le moteur étant en marche (utiliser au moins quatre points de mesure également espacés). Si nécessaire, on peut aussi utiliser un orifice mélangeur.

Note: Si la température ambiante au voisinage du tunnel de dilution DT est inférieure à 293 K (20 °C), il faut veiller à éviter les pertes de particules sur les parois relativement froides du tunnel. Il est donc recommandé de chauffer et/ou d'isoler le tunnel dans les limites précitées.

Avec de lourdes charges, le tunnel peut être refroidi par des moyens non agressifs tels qu'un ventilateur de circulation, à condition que la température du liquide de refroidissement ne soit pas inférieure à 293 K (20 °C).

- *Échangeur de chaleur HE (figures 9 et 10)*

L'échangeur de chaleur doit être d'une capacité suffisante pour maintenir la température à l'entrée de l'aspirateur SB à ± 11 K de la température de fonctionnement moyenne observée pendant l'essai.

1.2.1.2. Système de dilution en circuit principal (figure 13)

Le système de dilution décrit fonctionne sur le principe de la dilution du volume total des gaz d'échappement, selon la méthode de prélèvement à volume constant (CVS). L'opération consiste à mesurer le volume total du mélange des gaz et de l'air de dilution. On peut utiliser une PDP, un CFV ou un SSV.

Pour la collecte ultérieure des particules, on fait passer un échantillon des gaz d'échappement dilués à travers le système de prélèvement des particules (point 1.2.2 figures 14 et 15). Si l'opération s'effectue directement, on l'appelle dilution simple. Si l'échantillon est dilué une deuxième fois dans un tunnel de dilution secondaire, on l'appelle dilution double. La deuxième opération est utile si la température requise à la surface du filtre ne peut être obtenue avec une seule dilution. Bien que constituant en principe un système de dilution, la méthode de dilution double est étudiée comme variante du système de prélèvement des particules au point 1.2.2, figure 15, puisque la plupart de ses composantes sont les mêmes que celle d'un système typique de prélèvement de particules.

Les émissions gazeuses peuvent aussi être déterminées dans le tunnel de dilution d'un système de dilution en circuit principal. Les sondes de prélèvement pour les composantes gazeuses sont donc représentées dans la figure 13 mais n'apparaissent pas dans la liste descriptive. Les conditions à remplir sont indiquées au point 1.1.1.

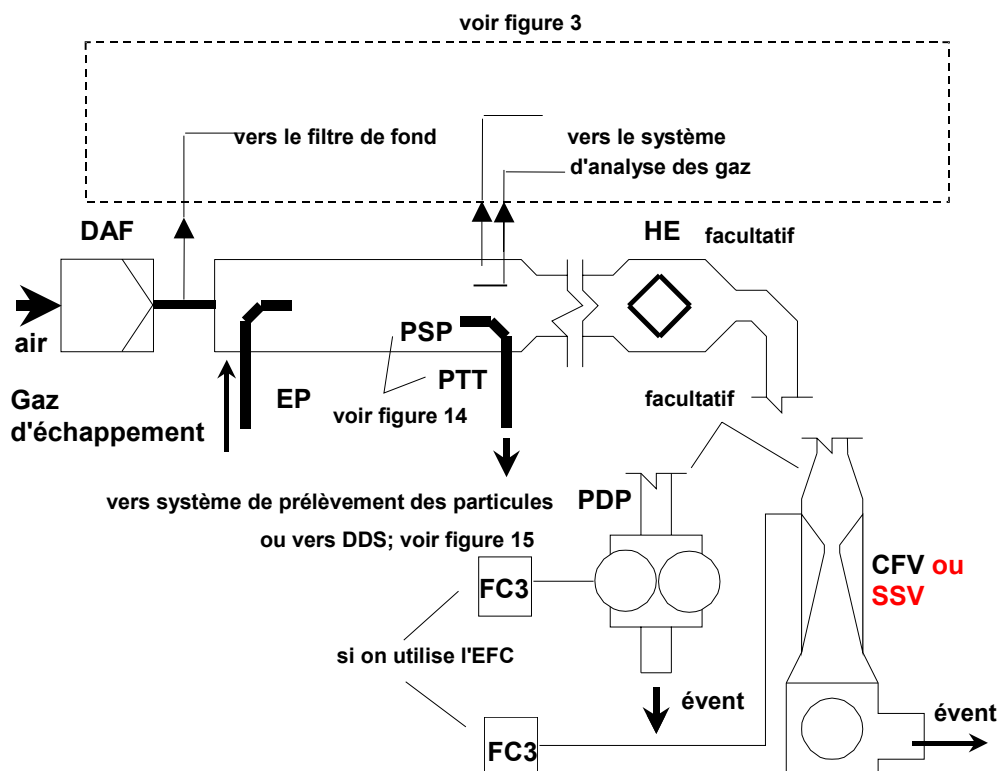
Description: figure 13

- *Tuyau d'échappement EP*

La longueur du tuyau d'échappement ne doit pas dépasser dix mètres depuis la sortie du collecteur du moteur, du compresseur ou du dispositif de post-traitement jusqu'au tunnel de dilution. Si le système dépasse quatre mètres, toute la section au-delà de cette longueur doit être isolée, à l'exception, le cas échéant, d'un instrument monté en ligne pour mesurer la fumée. L'épaisseur radiale de l'isolant doit être de 25 mm au moins. La conductivité thermique du matériau isolant ne doit pas dépasser 0,1 W/mK, mesurée à 673 K (400 °C). Pour réduire l'inertie thermique du tuyau d'échappement, il est recommandé d'avoir un rapport épaisseur/diamètre de 0,015 ou moins. L'utilisation de sections flexibles doit se limiter à un rapport longueur/diamètre de 12 ou moins.

Figure 13

Système de dilution en circuit principal



Le volume total des gaz d'échappement bruts est mélangé dans le tunnel de dilution DT avec l'air de dilution. Le débit des gaz d'échappement dilués est mesuré avec une pompe à déplacement positif PDP, avec un tube venturi à écoulement critique CFV ou avec un venturi subsonique SSV. On peut utiliser un échangeur de chaleur HE ou un dispositif de compensation électronique EFC pour

l'échantillonnage proportionnel des particules ou pour déterminer le débit. La masse des particules étant déterminée d'après le volume total des gaz d'échappement dilués, il est inutile de calculer le taux de dilution.

- *Pompe volumétrique PDP*

Cette pompe mesure le débit total des gaz d'échappement dilués à partir du nombre de tours de la pompe et de son déplacement. La contre-pression du système d'échappement ne doit pas être artificiellement abaissée par la PDP ou le système d'admission de l'air de dilution. La pression statique mesurée avec le système CVS ne doit pas dépasser de $\pm 1,5$ kPa la pression statique mesurée en l'absence de CVS avec un régime et une charge du moteur identiques.

La température du mélange gazeux immédiatement en amont du PDP doit être maintenue à ± 6 K de la température moyenne de fonctionnement observée au cours de l'essai, sans compensation du débit.

La compensation du débit n'est possible que si la température à l'entrée de la PDP ne dépasse pas 323 K (50 °C).

- *Tube Venturi à débit critique CFV*

Le CFV mesure le débit total des gaz d'échappement dilués dans des conditions de restriction (flux critique). La contre-pression statique mesurée avec le système CFV en marche doit être maintenue à $\pm 1,5$ kPa de la pression statique mesurée en l'absence de CFV, avec un régime et une charge du moteur identiques. La température du mélange gazeux immédiatement en amont du CFV doit être maintenue à ± 11 K de la température moyenne de fonctionnement observée au cours de l'essai, sans compensation du débit.

- *SSV venturi subsonique*

Le SSV mesure le débit total des gaz d'échappement dilués en fonction de la pression et de la température à l'entrée ainsi que de la baisse de pression entre l'entrée et le col du SSV. La contre-pression statique mesurée avec le système SSV en marche doit être maintenue à $\pm 1,5$ kPa de la pression statique mesurée en l'absence de SSV, avec un régime et une charge du moteur identiques. La température du mélange gazeux immédiatement en amont du SSV doit être maintenue à ± 11 K de la température moyenne de fonctionnement observée au cours de l'essai, sans compensation du débit.

- *Échangeur de chaleur HE (facultatif si on utilise un système EFC)*

L'échangeur de chaleur doit être d'une capacité suffisante pour maintenir la température dans les limites indiquées ci-dessus.

- *Compensation électronique du débit EFC (facultatif si on utilise un HE)*

Si la température à l'entrée de la PDP ou du système CFV n'est pas maintenue dans les limites précitées, il faudra utiliser un système de compensation pour obtenir une mesure permanente du débit et régler l'échantillonnage proportionnel dans le système de prélèvement des particules. À cet effet, on utilise les relevés du débit

effectués en permanence pour corriger en proportion le débit de l'échantillon passant à travers les filtres à particules du système de prélèvement (figures 14 et 15).

- *Tunnel de dilution DT*

Le tunnel de dilution:

- doit avoir un diamètre suffisamment restreint pour provoquer des turbulences (nombre de Reynolds supérieur à 4 000) et une longueur suffisante pour assurer le mélange complet des gaz d'échappement et de l'air de dilution. On peut aussi utiliser un orifice mélangeur,
- doit avoir un diamètre d'au moins 75 mm,
- peut être isolé.

Les gaz d'échappement du moteur doivent être dirigés en aval jusqu'au point où ils pénètrent dans le tunnel de dilution, puis bien mélangés.

Avec la dilution simple, un échantillon provenant du tunnel de dilution est transféré au système de prélèvement des particules (point 1.2.2 figure 14). Le débit de la PDP ou la capacité du CFV doit être suffisant pour maintenir les gaz d'échappement dilués à une température inférieure ou égale à 325 K (52 °C) immédiatement en amont du filtre primaire.

Avec la dilution double, un échantillon provenant du tunnel de dilution est transféré dans le tunnel de dilution secondaire où il subit une deuxième dilution avant de passer à travers les filtres de prélèvement (point 1.2.2 figure 15). Le débit de la PDP ou la capacité du CFV ou du SSV doit être suffisant pour maintenir les gaz d'échappement dilués dans le DT à une température inférieure ou égale à 464 K (191 °C) dans la zone de prélèvement. Le système de dilution secondaire doit fournir un volume suffisant d'air de dilution secondaire pour maintenir les gaz ayant subi une double dilution à une température inférieure ou égale à 325 K (52 °C) immédiatement en amont du filtre primaire.

- *Filtre pour air de dilution DAF*

Il est recommandé de filtrer et d'épurer au charbon de bois l'air de dilution afin d'éliminer les hydrocarbures de fond. L'air de dilution doit être à une température de 298 K (25 °C) $\pm$ 5 K. À la demande du constructeur, l'air de dilution est analysé conformément aux règles de l'art afin de déterminer les concentrations de particules de fond, qui peuvent ensuite être soustraites des valeurs mesurées dans les gaz d'échappement dilués.

- *Sonde de prélèvement des particules PSP*

La sonde est le premier élément du tube de transfert des particules PTT et:

- doit être dirigée en amont et située à un point où l'air de dilution et les gaz d'échappement sont parfaitement mélangés, c'est-à-dire sur l'axe médian du tunnel de dilution DT des systèmes de dilution, à une distance d'environ dix fois le diamètre du tunnel en aval du point où les gaz d'échappement pénètrent dans celui-ci,

- doit avoir un diamètre intérieur minimal de 12 mm,
- peut être chauffé à une température maximale de 325 K (52 °C) au niveau de la paroi, soit directement, soit par chauffage préalable de l'air de dilution, à condition que la température de l'air ne dépasse pas 325 K (52 °C) avant l'introduction des gaz dans le tunnel de dilution,
- peut être isolée.

1.2.2. *Système de prélèvement des particules (figures 14 et 15)*

Le système de prélèvement des particules sert à recueillir celles-ci au moyen d'un ou plusieurs filtres. Dans le cas de la dilution en circuit partiel avec échantillonnage total, qui consiste à faire passer le volume total des gaz dilués à travers les filtres, le système de dilution (point 1.2.1.1 figures 7 et 11) et le système de prélèvement constituent généralement une seule unité. Dans le cas de la dilution en circuit partiel ou en circuit principal avec échantillonnage fractionné, qui consiste à ne faire passer à travers les filtres qu'une partie des gaz d'échappement dilués, le système de dilution (point 1.2.1.1 figures 4, 5, 6, 8, 9, 10 et 12 et point 1.2.1.2 figure 13) et les systèmes de prélèvement constituent généralement des unités séparées.

Dans la présente directive, le système de dilution double DDS (figure 15) en circuit principal est considéré comme une variante du système typique de prélèvement des particules illustré dans la figure 14. Il comprend en effet tous les éléments principaux du système de prélèvement des particules, tels que les porte-filtres et la pompe d'alimentation en air de dilution et le tunnel de dilution secondaire.

Pour éviter d'influer d'une manière quelconque sur les circuits de contrôle, il est recommandé que la pompe de prélèvement soit en marche pendant toute la durée de l'essai. Avec la méthode à filtre unique, il faut un système de dérivation pour faire passer l'échantillon à travers le filtre aux moments voulus. L'interférence de la commutation sur les circuits de contrôle doit être réduite à un minimum.

Description - figures 14 et 15

- *Sonde de prélèvement des particules PSP (figures 14 et 15)*

La sonde de prélèvement des particules illustrée dans les figures est le premier élément du tube de transfert des particules PTT.

La sonde:

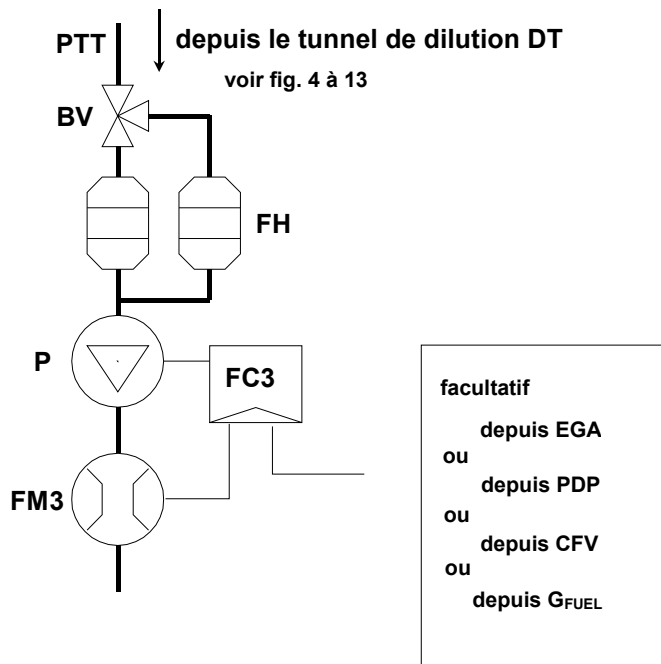
- doit être dirigée en amont et située à un point où l'air de dilution et les gaz d'échappement sont parfaitement mélangés, c'est-à-dire sur l'axe médian du tunnel des systèmes de dilution (point 1.2.1), à une distance d'environ dix fois le diamètre du tunnel en aval du point où les gaz d'échappement pénètrent dans celui-ci,
- doit avoir un diamètre intérieur minimal de 12 mm,
- peut être chauffé à une température maximale de 325 K (52 °C) au niveau de la paroi, soit directement, soit par chauffage préalable de l'air

de dilution, à condition que la température de l'air ne dépasse pas 325 K (52 °C) avant l'introduction des gaz dans le tunnel de dilution,

- peut être isolée.

Figure 14

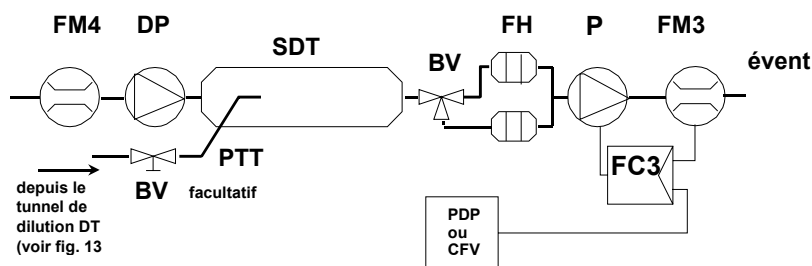
Système d'échantillonnage des particules



Un échantillon des gaz d'échappement dilués est prélevé dans le tunnel de dilution DT d'un système de dilution en circuit partiel ou en circuit principal; on le fait passer ensuite à travers la sonde de prélèvement des particules PST et le tube de transfert des particules PTT au moyen de la pompe de prélèvement P. L'échantillon passe à travers les porte-filtres FH qui reçoivent les filtres de prélèvement des particules. Le débit de l'échantillon est réglé par le régulateur FC3. Si on utilise un dispositif électronique de compensation du débit EFC (figure 13), le débit des gaz d'échappement dilués sert de signal de commande pour le FC3.

Figure 15

Système de dilution (système en circuit principal seulement)



Au moyen de la sonde de prélèvement des particules PSP et du tube de transfert des particules PTT, un échantillon des gaz d'échappement dilués est transféré depuis le tunnel de dilution DT d'un système de dilution en circuit principal jusqu'au tunnel de dilution secondaire SDT, où l'échantillon subit une deuxième dilution. Il passe ensuite à travers des porte-filtres FH qui reçoivent les filtres de prélèvement des particules. Le débit de l'air de dilution est généralement constant tandis que le débit de l'échantillon est réglé par le régulateur de débit FC3. Si on utilise un dispositif électronique de compensation du débit EFC (figure 13), le volume total des gaz dilués sert de signal de commande pour le FC3.

- *Tube de transfert des particules PTT (figures 14 et 15)*

Le tube de transfert des particules doit avoir une longueur maximale de 1 020 mm et être le plus court possible.

Ces dimensions sont valables pour:

- l'échantillonnage fractionné avec dilution en circuit partiel et le système de dilution simple en circuit principal depuis la pointe de la sonde jusqu'au porte-filtre,
- l'échantillonnage total avec dilution en circuit partiel depuis la sortie du tunnel de dilution jusqu'au porte-filtre,
- le système de dilution double en circuit principal depuis la pointe de la sonde jusqu'au tunnel de dilution secondaire.

Le tube de transfert:

- peut être chauffé à une température maximale de 325 K (52 °C) au niveau de la paroi, soit directement, soit par chauffage préalable de l'air de dilution, à condition que la température de l'air ne dépasse pas 325 K (52 °C) avant l'introduction des gaz dans le tunnel de dilution,
 - peut être isolé.
- *Tunnel de dilution secondaire SDT (figure 15)*

Le tunnel de dilution secondaire doit avoir un diamètre minimal de 75 mm et être suffisamment long pour permettre à l'échantillon deux fois dilué de séjourner au moins 0,25 seconde dans le tunnel. Le porte-filtre primaire FH ne doit pas être situé à plus de 300 mm de la sortie du tunnel de dilution secondaire.

Le tunnel de dilution secondaire:

- peut être chauffé à une température maximale de 325 K (52 °C) au niveau de la paroi, soit directement, soit par chauffage préalable de l'air de dilution, à condition que la température de l'air ne dépasse pas 325 K (52 °C) avant l'introduction des gaz dans le tunnel de dilution,
 - peut être isolé.
- *Porte-filtre(s) FH (figures 14 et 15)*

Pour les filtres primaire et secondaire, on peut se servir d'un seul boîtier à filtre ou de boîtiers séparés. Il conviendra de respecter les dispositions de l'annexe 3 appendice 1 point 1.5.1.3.

Les porte-filtres:

- peuvent être chauffés à une température maximale de 325 K (52 °C) au niveau de la paroi, soit directement, soit par chauffage préalable de l'air

de dilution, à condition que la température de l'air ne dépasse pas 325 K (52 °C),

- peuvent être isolés.

- *Pompe de prélèvement P (figures 14 et 15)*

La pompe de prélèvement des particules doit être située à une distance suffisante du tunnel pour que la température des gaz à l'entrée reste constante (± 3 K), en l'absence de correction du débit au moyen du FC3.

- *Pompe pour l'air de dilution DP (figure 15) (pour le système à dilution double en circuit principal seulement)*

La pompe pour l'air de dilution doit être située de façon que l'air de dilution secondaire arrive à une température de 298 K (25 °C) ± 5 K.

- *Régulateur de débit FC3 (figures 14 et 15)*

En l'absence d'autres moyens, un régulateur de débit doit être utilisé pour compenser les variations de température et de contre-pression du débit de l'échantillon de particules. Ce régulateur est nécessaire si le dispositif électronique de compensation du débit EFC (figure 13) est utilisé.

- *Débitmètre FM3 (figures 14 et 15) (débit de l'échantillon de particules)*

L'appareil mesurant les gaz ou le débit doit être situé à une distance suffisante de la pompe de prélèvement pour que la température des gaz à l'entrée reste constante (± 3 K), en l'absence de correction du débit au moyen du FC3.

- *Débitmètre FM4 (figure 15) (pour l'air de dilution, avec le système à dilution double en circuit principal seulement)*

L'appareil mesurant les gaz ou le débit doit être situé de telle sorte que la température des gaz à l'entrée reste constante à 298 K (25 °C) ± 5 K.

- *Robinet à boule BV (facultatif)*

Le robinet à boule doit avoir un diamètre au moins égal au diamètre intérieur du tube d'échantillonnage et opérer la commutation en moins de 0,5 seconde.

Note: Si la température ambiante au voisinage du PSP, du PTT, du SDT et du FH est inférieure à 293 K (20 °C), il faut prendre des précautions pour éviter les pertes de particules sur les parois relativement froides de ces éléments. Il est donc recommandé de les chauffer et/ou de les isoler dans les limites indiquées par les descriptions. Il est aussi recommandé de faire en sorte que la température à la surface du filtre au cours du prélèvement ne soit pas inférieure à 293 K (20 °C).

Avec des charges élevées, les éléments ci-dessus peuvent être refroidis par un moyen non agressif, tel qu'un ventilateur de circulation, à condition que la température du liquide de refroidissement ne soit pas inférieure à 293 K (20 °C). »

ANNEXE III

« Annexe XIII

DISPOSITIONS APPLICABLES AUX MOTEURS MIS SUR LE MARCHÉ DANS LE CADRE D'UN MÉCANISME DE FLEXIBILITÉ

1. À la demande d'un constructeur d'équipements, un constructeur de moteurs peut mettre sur le marché, durant la période située entre deux phases de valeurs limites, un nombre limité de moteurs qui sont conformes seulement aux valeurs limites d'émission de la phase précédente, conformément aux dispositions suivantes.
2. À la demande d'un constructeur d'équipements, une autorité compétente en matière de réception autorise la mise sur le marché d'un nombre limité de moteurs, dans chaque gamme de puissance, qui ne sont pas conformes aux valeurs limites d'émission obligatoires.
 - 2.1. Le nombre de moteurs exemptés ne dépasse pas 20 % de la production sur un an de chaque gamme de puissance, définie comme étant la moyenne des 5 dernières années de distribution sur le marché de l'Union européenne.
 - 2.1.1 À titre de variante du point 2.1, un constructeur peut exempter un nombre fixe d'unités dans une ou plusieurs gammes de puissance, sans dépasser les nombres suivants: 50 unités pour la gamme de puissance 130-560 kW, 100 unités pour la gamme de puissance 75-130 kW, 150 unités pour la gamme de puissance 37-75 kW et 200 unités pour la gamme de puissance 19-37 kW.
 - 2.2. L'autorité compétente en matière de réception fournit au constructeur d'équipements une série d'étiquettes à apposer sur les équipements qui utilisent les moteurs exemptés dans le cadre du mécanisme de flexibilité, et portant le texte suivant: « Machine n° ... (numéro séquentiel) sur ... (nombre total de machines dans la gamme de puissance respective) conformément à l'approbation n° ... »
 - 2.3. L'autorité compétente en matière de réception utilise les identifications de l'annexe VIII pour identifier les réceptions. Exemple (Autriche): 12/2005/1.
 - 2.4. L'autorité compétente en matière de réception informe toutes les autres autorités compétentes en matière de réception en leur envoyant une copie de la décision.
 - 2.5. Le constructeur d'équipements met à la disposition de l'autorité compétente en matière de réception toutes les informations nécessaires pour prendre une décision.
 - 2.6. Le constructeur d'équipements prend en charge tous les coûts encourus par l'autorité compétente en matière de réception à la suite de l'application de ce mécanisme de flexibilité.

3. Un constructeur de moteurs peut mettre sur le marché des moteurs dans le cadre d'un mécanisme de flexibilité approuvé conformément au point 2 de la présente annexe.
- 3.1. Le constructeur de moteurs transmet les informations relatives à ces moteurs et la documentation nécessaire à l'autorité compétente en matière de réception auprès de laquelle il introduit la demande de réception par type des familles de moteurs concernées.
- 3.2. Le constructeur de moteurs appose sur ces moteurs une étiquette portant le texte suivant: « Moteur mis sur le marché dans le cadre d'un mécanisme de flexibilité ».