E/ECE/324
E/ECE/TRANS/505 } Rev.1/Add.82/Rev.3/Amend.2

16 avril 2009

ACCORD

CONCERNANT L'ADOPTION DE PRESCRIPTIONS TECHNIQUES UNIFORMES APPLICABLES AUX VEHICULES A ROUES, AUX EQUIPEMENTS ET AUX PIECES SUSCEPTIBLES D'ETRE MONTES OU UTILISES SUR UN VEHICULE A ROUES ET LES CONDITIONS DE RECONNAISSANCE RECIPROQUE DES HOMOLOGATIONS DELIVREES CONFORMEMENT A CES PRESCRIPTIONS */

(Révision 2, comprenant les amendements entrés en vigueur le 16 octobre 1995)

Additif 82: Règlement No 83

Révision 3 - Amendement 2

Complément 7 à la série 05 d'amendements - Date d'entrée en vigueur: 26 février 2009

PRESCRIPTIONS UNIFORMES RELATIVES A L'HOMOLOGATION DES VEHICULES EN CE QUI CONCERNE L'EMISSION DE POLLUANTS SELON LES EXIGENCES DU MOTEUR EN MATIERE DE CARBURANT

NATIONS UNIES

---

*/ Ancien titre de l'Accord:

Accord concernant l'Adoption de conditions uniformes d'homologation et la reconnaissance réciproque de l'homologation des équipements et pièces de véhicules à moteur, en date, à Genève, du 20 mars 1958.

GE.09-21590

Table des matières, annexes, ajouter une nouvelle annexe 4a, ainsi conçue:

«…

Annexe 4a: ESSAI DE TYPE I (Contrôle des émissions à l'échappement après démarrage à froid)

1. Applicabilité
2. Introduction
3. Conditions d'essai
4. Appareillage d'essai
5. Détermination de la résistance à l'avancement sur route du véhicule
6. Méthode d'essai pour le contrôle des émissions

Appendice 1 − Banc à rouleaux

1. Description
2. Méthode d'étalonnage du banc à rouleaux
3. Vérification de la courbe d'absorption

Appendice 2 − Système de dilution des gaz d'échappement

1. Description du système
2. Étalonnage du système de prélèvement à volume constant (système CVS)
3. Procédure de contrôle du système

Appendice 3 − Appareillage de mesure des émissions gazeuses

1. Description
2. Procédures d'étalonnage
3. Gaz de référence

Appendice 4 − Appareillage de mesure de la masse des particules émises

1. Description
2. Procédures d'étalonnage et de vérification

Appendice 5 − Appareillage de mesure du nombre de particules émises

1. Description
2. Étalonnage/validation du système de prélèvement des particules

Appendice 6 − Vérification de l'inertie simulée

1. Objet
2. Principe
3. Prescriptions
4. Procédure de contrôle

Appendice 7 − Mesure de la résistance à l'avancement d'un véhicule

1. Objet
2. Description de la piste
3. Conditions atmosphériques
4. Préparation du véhicule
5. Méthodes

…»

Ajouter une nouvelle annexe 4a, ainsi conçue:

«Annexe 4a

ESSAI DE TYPE I
(Contrôle des émissions à l'échappement après démarrage à froid)

1. APPLICABILITÉ

La présente annexe n'est pas applicable pour l'instant, aux fins de l'homologation de type conformément au présent Règlement. Elle ne deviendra applicable qu'ultérieurement.

2. INTRODUCTION

La présente annexe décrit la méthode à suivre pour l'essai du type I défini au paragraphe 5.3.1 du présent Règlement. Lorsque le carburant de référence est le GPL ou le GN, les prescriptions de l'annexe 12 s'appliquent également.

3. CONDITIONS D'ESSAI

3.1 Conditions ambiantes

3.1.1 Pendant l'essai, la température de la chambre d'essai doit être comprise entre 293 K et 303 K (20 et 30 °C). L'humidité absolue de l'air (H) dans le local ou de l'air d'admission du moteur doit être telle que:

$$5{,}5 \leq H \leq 12{,}2 \text{ (g } H_2O\text{/kg − air sec)}$$

L'humidité absolue (H) doit être mesurée.

Les températures suivantes doivent être mesurées:

Température de l'air ambiant de la chambre d'essai

Températures des systèmes de dilution et de prélèvement conformément aux dispositions applicables aux systèmes de mesure des émissions définis aux appendices 2 à 5 de la présente annexe.

La pression atmosphérique doit être mesurée.

3.2 Véhicule soumis à l'essai

3.2.1 Le véhicule présenté doit être en bon état mécanique. Il doit être rodé et avoir parcouru au moins 3 000 km avant l'essai.

3.2.2 Le dispositif d'échappement ne doit pas présenter de fuite susceptible de diminuer la quantité de gaz collectés, qui doit être celle sortant du moteur.

3.2.3 Le laboratoire peut vérifier l'étanchéité du système d'admission pour éviter que la carburation soit modifiée par une prise d'air accidentelle.

3.2.4 Les réglages du moteur et des commandes du véhicule doivent être ceux prévus par le constructeur. Cette exigence s'applique notamment aux réglages du ralenti (régime de rotation et teneur en CO des gaz d'échappement), du dispositif de démarrage à froid et des systèmes de dépollution des gaz d'échappement.

3.2.5 Le véhicule à essayer, ou un véhicule équivalent, doit être équipé, s'il y a lieu, d'un dispositif en vue de mesurer les paramètres caractéristiques nécessaires pour le réglage du banc à rouleaux, conformément aux dispositions du paragraphe 5 de la présente annexe.

3.2.6 Le service technique chargé des essais peut vérifier que le véhicule a des performances conformes aux spécifications du constructeur, et qu'il est utilisable en conduite normale et notamment apte à démarrer à froid et à chaud.

3.3 Carburant utilisé pour l'essai

3.3.1 Le carburant de référence adéquat défini à l'annexe 10 du présent Règlement doit être utilisé pour l'essai.

3.3.2 Les véhicules fonctionnant à l'essence au GPL ou au GN doivent être soumis aux essais indiqués à l'annexe 12. Pour les essais on doit utiliser le carburant approprié dont les spécifications sont données à l'annexe 10a.

3.4 Installation du véhicule

3.4.1 Le véhicule doit être sensiblement horizontal au cours de l'essai, pour éviter une distribution anormale du carburant.

3.4.2 Un courant d'air de vitesse variable est dirigé sur le véhicule. La vitesse de la soufflante doit être telle que, au sein de la plage de fonctionnement comprise entre 10 et 50 km/h au moins, la vitesse linéaire de l'air à la sortie de la soufflante équivaille à ± 5 km/h près à la vitesse au rouleau correspondante. La section de sortie de la soufflante doit avoir les caractéristiques suivantes:

a) Surface: 0,2 m^2 au moins;

b) Hauteur du bord inférieur au-dessus du sol: environ 20 cm;

c) Distance par rapport à l'avant du véhicule: environ 30 cm.

À titre de variante, la vitesse de la soufflante peut être fixée à une vitesse d'air de 6 m/s (21,6 km/h) au minimum.

Pour les véhicules spéciaux (camionnettes, tout-terrain), la hauteur du ventilateur de refroidissement par rapport au sol peut également être modifiée, à la demande du constructeur.

4. APPAREILLAGE D'ESSAI

4.1 Banc à rouleaux

Les prescriptions concernant le banc à rouleaux figurent à l'appendice 1.

4.2 Système de dilution des émissions d'échappement

Les prescriptions concernant le système de dilution des émissions d'échappement figurent à l'appendice 2.

4.3 Prélèvement et analyse des émissions gazeuses

Les prescriptions concernant l'appareillage de prélèvement et d'analyse des émissions gazeuses figurent à l'appendice 3.

4.4 Appareillage de mesure de la masse de particules émises

Les prescriptions concernant le prélèvement et la mesure de la masse de particules figurent à l'appendice 4.

4.5 Appareillage de mesure du nombre de particules émises

Les prescriptions concernant le prélèvement et la mesure du nombre de particules figurent à l'appendice 5.

4.6 Équipement général de la chambre d'essai

Les températures suivantes doivent être mesurées avec une précision de ± 1,5 K:

a) Air ambiant de la chambre d'essai;

b) Air admis dans le moteur;

c) Températures des systèmes de dilution et de prélèvement conformément aux dispositions applicables aux systèmes de mesure des émissions définis aux appendices 2 à 5 de la présente annexe.

La pression atmosphérique doit être mesurée à ± 0,1 kPa près.

L'humidité absolue (H) doit pouvoir être déterminée à ± 5 % près.

5. DÉTERMINATION DE LA RÉSISTANCE À L'AVANCEMENT SUR ROUTE DU VÉHICULE

5.1 Méthode d'essai

La méthode utilisée pour mesurer la résistance à l'avancement sur route du véhicule est décrite à l'appendice 7.

Cette méthode n'est pas requise si le réglage du banc doit être effectué en fonction de la masse de référence du véhicule.

6. MÉTHODE D'ESSAI POUR LE CONTRÔLE DES ÉMISSIONS

6.1 Cycle d'essai

Le cycle d'essai, constitué d'une partie Un (cycle urbain) et d'une partie Deux (cycle extra-urbain), est illustré dans la figure 1. Un essai complet se compose de quatre cycles urbains élémentaires suivis d'un cycle extra-urbain.

6.1.1 Cycle urbain élémentaire

La partie Un du cycle d'essai se compose de quatre fois le cycle urbain élémentaire, qui est défini dans le tableau 1, illustré dans la figure 2 et résumé ci-dessous.

Décomposition par modes:

	En temps	En pourcentage	
Ralenti	60	30,8	35,4
Décélération, moteur débrayé	9	4,6	
Changements de vitesses	8	4,1	
Accélérations	36	18,5	
Marche à vitesse stabilisée	57	29,2	
Décélérations	25	12,8	
Total	195	100	

Décomposition selon les rapports utilisés

	En temps	En pourcentage	
Ralenti	60	30,8	35,4
Décélération, moteur débrayé	9	4,6	
Changements de vitesses	8	4,1	
Premier rapport	24	12,3	
Deuxième rapport	53	27,2	
Troisième rapport	41	21	
Total	195	100	

Informations générales:

Vitesse moyenne lors de l'essai:	19 km/h
Temps de marche effectif:	195 s
Distance théorique parcourue par cycle:	1,013 km
Distance théorique pour quatre cycles:	4,052 km

6.1.2 Cycle extra-urbain

La partie Deux du cycle d'essai est le cycle extra-urbain qui est défini dans le tableau 2, illustré dans la figure 3 et résumé ci-dessous.

Décomposition selon le mode:

	En temps	En pourcentage
Ralenti	20	5,0
Décélération, moteur débrayé	20	5,0
Changements de vitesses	6	1,5
Accélérations	103	25,8
Marche à vitesse stabilisée	209	52,2
Décélérations	42	10,5
Total	400	100

Décomposition selon les rapports utilisés:

	En temps	En pourcentage
Ralenti	20	5,0
Décélération, moteur débrayé	20	5,0
Changements de vitesses	6	1,5
Premier rapport	5	1,3
Deuxième rapport	9	2,2
Troisième rapport	8	2
Quatrième rapport	99	24,8
Cinquième rapport	233	58,2
Total	400	100

Informations générales:

Vitesse moyenne lors de l'essai:	62,6 km/h
Temps de marche effectif:	400 s
Distance théorique parcourue par cycle:	6,955 km
Vitesse maximale:	120 km/h
Accélération maximale:	0,833 m/s^2
Décélération maximale:	-1,389 m/s^2

6.1.3 Rapports utilisés

6.1.3.1 Si la vitesse maximale pouvant être atteinte sur le premier rapport de la boîte de vitesses est inférieure à 15 km/h, on utilise les deuxième, troisième et quatrième combinaisons pour le cycle urbain (partie Un) et les deuxième, troisième, quatrième et cinquième combinaisons pour le cycle extra-urbain (partie Deux). On peut également utiliser les deuxième, troisième et quatrième combinaisons pour le cycle urbain (partie Un) et les deuxième, troisième, quatrième et cinquième combinaisons pour le cycle extra-urbain (partie Deux) lorsque les instructions du constructeur recommandent le démarrage en palier sur le deuxième rapport ou que le premier rapport y est défini comme étant exclusivement une combinaison tout chemin, tout terrain ou de remorquage.

Lorsque les véhicules n'atteignent pas l'accélération et la vitesse maximale indiquées pour le cycle d'essai, on doit faire fonctionner le moteur accélérateur à fond jusqu'à ce que la courbe prescrite soit rattrapée. Les écarts par rapport au cycle d'essai doivent être consignés dans le rapport d'essai.

Les véhicules équipés d'une boîte de vitesses à commande semi-automatique sont essayés sur les rapports normalement utilisés pour la circulation sur route, et la commande des vitesses est actionnée selon les instructions du constructeur.

6.1.3.2 Les véhicules équipés d'une boîte de vitesses à commande automatique sont essayés sur le rapport le plus haut («drive»). On manœuvre l'accélérateur de façon à obtenir une accélération aussi régulière que possible, pour permettre à la boîte de passer les différents rapports dans l'ordre normal. En outre, pour ces véhicules, les points de changement de vitesse indiqués aux tableaux 1 et 2 de la présente annexe sont sans objet et les accélérations doivent être exécutées suivant les segments de droite joignant la fin de la période de ralenti au début de la période de vitesse stabilisée suivante. Les tolérances à appliquer sont données dans les paragraphes 6.1.3.4 et 6.1.3.5 ci-après.

6.1.3.3 Les véhicules équipés d'une surmultiplication («overdrive») pouvant être commandée par le conducteur sont essayés avec ce dispositif hors fonction pour le cycle urbain (partie Un) et avec ce dispositif en fonction pour le cycle extra-urbain (partie Deux).

6.1.3.4 Un écart de ± 2 km/h est toléré entre la vitesse indiquée et la vitesse théorique en accélération, en vitesse stabilisée, et en décélération avec usage des freins du véhicule. Si, sans usage des freins, le véhicule décélère plus rapidement que prévu, seules les prescriptions du paragraphe 6.4.4.3 ci-après demeurent applicables. Aux changements de mode, des écarts sur la vitesse dépassant les valeurs prescrites sont admis, à condition que la durée des écarts constatés ne dépasse jamais 0,5 s chaque fois.

6.1.3.5 Les tolérances sur les temps sont de ± 1 s. Les tolérances ci-dessus s'appliquent également au début et à la fin de chaque période de changement de vitesse pour le cycle urbain (partie Une) et les séquences n°s 3, 5 et 7 du cycle extra-urbain (partie Deux). Il est noté que le temps de 2 s alloué comprend la durée du changement de rapport, et une certaine marge pour le rattrapage du cycle s'il y a lieu.

6.2 <u>Préparation de l'essai</u>

6.2.1 Réglage de la courbe d'absorption de puissance du banc et de l'inertie

6.2.1.1 Résistance déterminée au moyen d'un essai de simulation sur route

Le banc doit être réglé de telle sorte que l'inertie totale des masses en rotation corresponde à l'inertie et aux autres forces de résistance à l'avancement sur route agissant sur le véhicule lorsque celui-ci se déplace sur route. Les méthodes à appliquer pour déterminer cette force sont décrites au paragraphe 5 de la présente annexe.

Banc à courbe d'absorption de puissance définie: le frein doit être réglé pour absorber la puissance exercée aux roues motrices à une vitesse stabilisée de 80 km/h et la puissance absorbée à 50 km/h doit être relevée.

Banc à courbe d'absorption de puissance réglable: le frein doit être réglé pour absorber la puissance exercée aux roues motrices à des vitesses stabilisées de 120, 100, 80, 60, 40 et 20 km/h.

6.2.1.2 Résistance déterminée en fonction de la masse de référence du véhicule

Avec l'accord du constructeur, la méthode suivante peut être utilisée.

Le frein est réglé de façon à absorber la force qui s'exerce sur les roues motrices à une vitesse constante de 80 km/h, conformément au tableau 3.

Si la masse d'essai équivalente spécifiée n'est pas disponible sur le banc utilisé, on se servira de la masse d'essai équivalente immédiatement supérieure disponible.

Dans le cas de véhicules autres que des voitures particulières, ayant un poids de référence supérieur à 1 700 kg, ou de véhicules dont toutes les roues sont motrices en permanence, on multiplie par un facteur de 1,3 les valeurs de puissance qui sont indiquées dans le tableau 3.

6.2.1.3 La méthode utilisée, les valeurs obtenues (inertie équivalente, paramètre caractéristique de réglage) doivent être indiquées dans le procès-verbal d'essai.

6.2.2 Cycles d'essai préliminaires

Des cycles d'essai préliminaires doivent être exécutés s'il y a lieu pour déterminer la meilleure méthode de manœuvre des commandes d'accélérateur et de frein, de manière à ce que le cycle effectif reproduise le cycle théorique dans les limites prescrites dans lesquelles le cycle est effectué.

6.2.3 Pression des pneumatiques

La pression des pneus doit être celle spécifiée par le constructeur et utilisée lors de l'essai préliminaire sur route pour le réglage du frein. Sur les bancs à deux rouleaux la pression des pneus peut être accrue de 50 % au maximum. La pression utilisée doit être notée dans le procès-verbal d'essai.

6.2.4 Mesure de la masse des particules de l'air ambiant

La concentration ambiante de particules dans l'air de dilution peut être déterminée en faisant passer l'air de dilution filtré à travers le filtre à particules. Cet air doit être prélevé au même point que l'échantillon contenant les particules. Une mesure peut être effectuée avant ou après l'essai. On peut corriger les mesures de la masse

de particules en soustrayant la masse de particules ambiantes présentes dans le système de dilution. La masse de particules ambiantes tolérable doit être ≤ 1 mg/km (ou la masse équivalente sur le filtre). Si cette valeur est dépassée, c'est elle (ou la masse équivalente sur le filtre) qui doit être retenue. Si après déduction de la masse de particules ambiantes on obtient un résultat négatif, la masse de particules doit être considérée comme étant égale à zéro.

6.2.5 Mesure du nombre de particules de l'air ambiant

On peut déterminer le nombre de particules ambiantes à déduire en prélevant un échantillon d'air de dilution en un point situé en aval des filtres à particules et à hydrocarbures dans le système de mesure du nombre de particules. La correction des mesures du nombre de particules en fonction du nombre de particules ambiantes n'est pas autorisée pour l'homologation de type mais peut être effectuée à la demande du constructeur aux fins de la conformité de la production et de la conformité en service lorsqu'il apparaît que la concentration de particules dans le tunnel de dilution n'est pas négligeable.

6.2.6 Choix du filtre servant à mesurer la masse de particules

Un filtre à particules unique sans filtre secondaire doit être utilisé à la fois pour la phase urbaine et la phase extra-urbaine du cycle combiné.

Deux filtres à particules jumeaux, l'un pour la phase urbaine et l'autre pour la phase extra-urbaine, peuvent être utilisés sans filtre secondaire, uniquement s'il apparaît qu'avec des filtres secondaires l'accroissement de la perte de charge à travers le filtre de prélèvement entre le début et la fin de l'essai d'émissions serait supérieur à 25 kPa.

6.2.7 Préparation du filtre servant à mesurer la masse de particules

6.2.7.1 Les filtres de collecte des particules doivent être conditionnés (température, humidité) avant l'essai dans une enceinte climatisée, dans un récipient protégé de la poussière pendant une durée comprise entre 2 et 80 heures. Après ce conditionnement, on pèse les filtres vierges et on les conserve jusqu'au moment de leur utilisation. Si les filtres ne sont pas utilisés dans l'heure suivant leur sortie de la chambre de pesée, ils doivent être pesés à nouveau.

6.2.7.2 La limite d'une heure peut être remplacée par une limite de 8 h si l'une ou les deux conditions suivantes sont respectées:

6.2.7.2.1 Le filtre ayant une masse stabilisée est placé et conservé dans un porte-filtre scellé ayant ses extrémités fermées, ou;

6.2.7.2.2 Le filtre ayant une masse stabilisée est placé dans un porte-filtre scellé qui est immédiatement inséré dans une ligne de prélèvement dans laquelle le débit est nul.

6.2.7.3 Le système de collecte des particules doit être mis en marche et préparé en vue de la collecte.

6.2.8 Préparation de la mesure du nombre de particules

6.2.8.1 Le système de dilution et l'appareillage de mesure des particules doivent être mis en marche et préparés en vue de la collecte.

6.2.8.2 Avant le ou les essais, le bon fonctionnement du compteur de particules et des éléments d'extraction des particules volatiles du système de collecte des particules doit être confirmé conformément aux paragraphes 2.3.1 et 2.3.3 de l'appendice 5:

La sensibilité du compteur de particules doit être vérifiée à un niveau proche de zéro avant chaque essai et, tous les jours, avec des concentrations de particules élevées en utilisant de l'air ambiant.

Lorsque l'orifice d'admission est équipé d'un filtre à très haute efficacité (THE), il doit être démontré qu'il n'y a aucune fuite dans l'ensemble du système de collecte des particules.

6.2.9 Vérification des analyseurs de gaz

Les analyseurs de gaz doivent être mis à zéro et étalonnés. Les sacs de prélèvement doivent être vidés.

6.3 <u>Procédure de conditionnement</u>

6.3.1 En vue de la mesure des particules, au maximum 36 h et au minimum 6 h avant l'essai, la partie Deux du cycle d'essai décrit au paragraphe 6.1 de la présente annexe doit être réalisée pour le préconditionnement des véhicules. Trois cycles consécutifs doivent être réalisés. La préparation du banc dynamométrique est indiquée au paragraphe 6.2.1 ci-dessus.

À la demande du constructeur, les véhicules équipés de moteur à injection indirecte à allumage commandé peuvent être préconditionnés par un cycle d'essai d'une partie Un et de deux parties Deux.

Dans le cas d'une installation d'essai où les résultats des essais effectués sur un véhicule émettant peu de particules risqueraient d'être faussés par les résidus d'un essai précédent effectué sur un véhicule émettant beaucoup de particules, il est recommandé d'effectuer, à titre de préconditionnement de l'équipement de prélèvement, un cycle d'essai en conditions stabilisées à 120 km/h pendant 20 mn suivi de trois cycles consécutifs de la partie Deux avec un véhicule émettant peu de particules.

Après ce préconditionnement, et avant l'essai, les véhicules doivent séjourner dans un local où la température reste sensiblement constante entre 293 et 303 K (20 et 30 °C). Ce conditionnement doit durer au moins 6 h et se poursuivre jusqu'à ce que la température de l'huile du moteur et celle du liquide de refroidissement (s'il existe) soient à ± 2 K de celle du local.

Si le constructeur le demande, l'essai est effectué dans un délai maximal de 30 h après que le véhicule ait fonctionné à sa température normale.

6.3.3 Pour les véhicules à moteur à allumage commandé fonctionnant avec du GPL ou du GN ou bien équipés de façon à pouvoir fonctionner avec soit de l'essence soit du GPL soit du GN: entre les essais avec l'un puis l'autre des gaz de référence, le véhicule doit être préconditionné avant l'essai avec le second carburant de référence. Ce préconditionnement avec le second carburant de référence doit être réalisé par un cycle d'essai partie Un (urbain) et deux de partie Deux (extra-urbain) comme indiqué à l'appendice 1 à la présente annexe. Si le constructeur le demande, et avec l'accord de l'autorité chargée de l'homologation, ce préconditionnement peut être prolongé. Le réglage du banc dynamométrique doit être celui indiqué au paragraphe 6.2 de la présente annexe.

6.4 Procédure d'essai

6.4.1 Mise en route du moteur

6.4.1.1 On démarre le moteur en utilisant les dispositifs prévus à cet effet conformément aux instructions du constructeur telles qu'elles figurent dans la notice d'emploi des véhicules de série.

6.4.1.2 Le premier cycle commence au début de la phase de démarrage du moteur.

6.4.1.3 Dans le cas du fonctionnement au GPL ou au GN, il est admis que le moteur démarre à l'essence et passe sur le fonctionnement au GPL ou au GN après une durée prédéterminée qui ne peut être modifiée par le conducteur.

6.4.2 Ralenti

6.4.2.1 Boîte de vitesses mécanique ou semi-automatique, voir tableaux 1 et 2

6.4.2.2 Boîte de vitesses automatique

Une fois placé sur la position initiale, le sélecteur ne doit être manœuvré à aucun moment durant l'essai, sauf dans le cas spécifié au paragraphe 6.4.3.3 ci-après ou si le sélecteur permet d'actionner la surmultiplication («overdrive») éventuelle.

6.4.3 Accélérations

6.4.3.1 Les phases d'accélération sont exécutées avec une accélération aussi constante que possible pendant toute la durée de la phase.

6.4.3.2 Si une accélération ne peut être exécutée dans le temps imparti, le temps excédentaire doit être déduit autant que possible de la durée du changement de vitesse et, à défaut, de la période de vitesse stabilisée qui suit.

6.4.3.3 Boîte de vitesses automatique

Si une accélération ne peut être exécutée dans le temps imparti, le sélecteur de vitesses doit être manœuvré selon les prescriptions formulées pour les boîtes de vitesses manuelles.

6.4.4 Décélérations

6.4.4.1 Toutes les décélérations du cycle urbain élémentaire (partie Un) sont exécutées accélérateur complètement relâché, embrayage embrayé. Ce dernier est débrayé, la boîte restant en prise, lorsque la vitesse est tombée à 10 km/h ou à la vitesse correspondant au régime de ralenti du moteur.

Toutes les décélérations du cycle extra-urbain (partie Deux) sont exécutées accélérateur complètement relâché, embrayage embrayé. Ce dernier doit être débrayé, la boîte restant en prise, lorsque la vitesse tombe à 50 km/h pour la dernière décélération.

6.4.4.2 Si la décélération prend plus longtemps que prévu pour cette phase, on fait usage des freins du véhicule pour pouvoir suivre le cycle.

6.4.4.3 Si la décélération prend moins longtemps que prévu pour cette phase, on rattrape le cycle théorique par une période à vitesse stabilisée ou au ralenti s'enchaînant avec l'opération suivante.

6.4.4.4 À la fin de la période de décélération (arrêt du véhicule sur les rouleaux) du cycle urbain élémentaire (partie Un), la boîte de vitesses est mise au point mort, embrayage embrayé.

6.4.5 Vitesses stabilisées

6.4.5.1 On doit éviter de «pomper» ou de fermer les gaz lors du passage de l'accélération à la phase de vitesse stabilisée qui suit.

6.4.5.2 Pendant les périodes à vitesse constante on maintient l'accélérateur dans une position fixe.

6.4.6 Prélèvement de l'échantillon

Le prélèvement commence (DP) avant ou au début de la phase de démarrage du moteur et s'achève à la fin de la dernière période de ralenti du cycle extra-urbain (partie Deux, fin de prélèvement (FP)) ou, dans le cas d'un essai de type VI, de la période finale de ralenti du dernier cycle urbain élémentaire (partie Une) en fonction du type d'essai qui est réalisé.

6.4.7 Un enregistrement de la vitesse en fonction du temps doit être effectué au cours de l'essai pour que l'on puisse contrôler la validité des cycles exécutés.

6.4.8 Les particules doivent être mesurées en continu dans le système de prélèvement des particules. Les concentrations moyennes sont déterminées par intégration des signaux de l'analyseur au cours du cycle d'essai.

6.5 Procédures après essai

6.5.1 Contrôle de l'analyseur de gaz

Les valeurs de mesure pour le gaz de zéro et le gaz d'étalonnage indiquées par les analyseurs utilisés pour des mesures en continu doivent être vérifiées. Ce contrôle est considéré comme satisfaisant si l'écart entre les résultats avant essai et après essai est de moins de 2 % de la valeur d'étalonnage.

6.5.2 Pesage des filtres à particules

Les filtres de référence doivent être pesés dans les 8 h suivant le pesage du filtre d'essai. Le filtre d'essai à particules contaminé doit être transporté dans la chambre de pesée dans l'heure qui suit les analyses des gaz d'échappement. Le filtre d'essai doit être conditionné pendant une période de temps comprise entre 2 h et 80 h avant d'être pesé.

6.5.3 Analyse du sac

6.5.3.1 L'analyse des gaz d'échappement contenus dans le sac est effectuée dès que possible, et en tout cas dans un délai maximal de 20 mn après la fin du cycle d'essai.

6.5.3.2 Avant chaque analyse d'échantillon, on exécute la mise à zéro de l'analyseur sur la gamme à utiliser pour chaque polluant avec le gaz de mise à zéro qui convient.

6.5.3.3 Les analyseurs sont ensuite réglés conformément aux courbes d'étalonnage avec les gaz d'étalonnage ayant des concentrations nominales comprises entre 70 et 100 % de la pleine échelle pour la gamme considérée.

6.5.3.4 On contrôle alors une nouvelle fois le zéro des analyseurs. Si la valeur lue s'écarte de plus de 2 % de la pleine échelle de la valeur obtenue lors du réglage prescrit au paragraphe 6.5.3.2 ci-dessus, on répète l'opération pour l'analyseur concerné.

6.5.3.5 On analyse ensuite les échantillons.

6.5.3.6 Après l'analyse, on contrôle à nouveau le zéro et les valeurs de réglage d'échelle en utilisant les mêmes gaz. Si ces nouvelles valeurs ne s'écartent pas de plus de 2 % de celles obtenues lors du réglage prescrit au paragraphe 6.5.3.3 ci-dessus, les résultats de l'analyse sont considérés comme valables.

6.5.3.7 Pour toutes les opérations décrites dans la présente section les débits et pressions des divers gaz doivent être les mêmes que lors de l'étalonnage des analyseurs.

6.5.3.8 La valeur retenue pour les concentrations de chacun des polluants mesurés dans les gaz doit être celle lue après stabilisation de l'appareil de mesure. Les émissions massiques d'hydrocarbures des moteurs à allumage par compression sont calculées d'après la valeur intégrée lue sur le détecteur à ionisation de flamme chauffé, corrigée compte tenu de la variation du débit, s'il y a lieu, comme il est prescrit au paragraphe 6.6.6 ci-après.

6.6 Calcul des émissions

6.6.1 Détermination du volume

6.6.1.1 Calcul du volume dans le cas d'un système à dilution variable avec maintien d'un débit constant par organe déprimogène.

On enregistre de manière continue les paramètres permettant de connaître le débit volumique et on calcule le volume total sur la durée de l'essai.

6.6.1.2 Calcul du volume dans le cas d'un système à pompe volumétrique

Le volume des gaz d'échappement dilués dans les systèmes à pompe volumétrique est calculé avec la formule:

$$V = V_0 \cdot N$$

où:

V = volume avant correction des gaz d'échappement dilués en l/essai,

V_0 = volume de gaz déplacé par la pompe dans les conditions de l'essai en l/tr,

N = nombre de tours de la pompe au cours de l'essai.

6.6.1.3 Calcul du volume ramené aux conditions normales

Le volume des gaz d'échappement dilués est ramené aux conditions normales par la formule suivante:

$$V_{mix} = V \cdot K_1 \cdot \left(\frac{P_B - P_1}{T_p} \right) \quad (1)$$

où:

$$K_1 = \frac{273{,}2\,(K)}{101{,}33\,(kPa)} = 2{,}6961 \quad (2)$$

P_B = pression barométrique dans la chambre d'essai en kPa,

P_1 = dépression à l'entrée de la pompe volumétrique par rapport à la pression ambiante (kPa),

T_p = température moyenne des gaz d'échappement dilués entrant dans la pompe volumétrique au cours de l'essai (K).

6.6.2 Masse totale de gaz polluants et de particules polluantes émis

On détermine la masse M de chaque polluant émis par le véhicule au cours de l'essai en calculant le produit de la concentration volumique et du volume de gaz considéré et en se fondant sur les valeurs de masse volumique suivantes dans les conditions de référence précitées:

Pour le monoxyde de carbone (CO): d = 1,25 g/l

Pour les hydrocarbures:

pour l'essence ($CH_{1,85}$)	d = 0,619 g/l
pour le gazole ($CH_{1,86}$)	d = 0,619 g/l
pour le GPL ($CH_{2,525}$)	d = 0,649 g/l
pour le GN (CH_4)	d = 0,714 g/l

Pour les oxydes d'azote (NO_x): d = 2,05 g/l

6.6.3 On calcule les émissions massiques de polluants avec l'équation suivante:

$$M_i = \frac{V_{mix} \cdot Q_i \cdot k_h \cdot C_i \cdot 10^{-6}}{d} \quad (3)$$

où:

M_i = émissions massiques du polluant i en g/km,

V_{mix} = volume des gaz d'échappement dilués, exprimés en l/essai et ramené aux conditions normales (273,2 K et 101,33 kPa),

Q_i = masse volumique du polluant i en g/l à température et pression normales (273,2 K et 101,33 kPa),

k_h = facteur de correction d'humidité utilisé pour le calcul des émissions massiques d'oxyde d'azote (il n'y a pas de correction d'humidité pour HC et CO),

C_i = concentration du polluant i dans les gaz d'échappement dilués, exprimée en ppm et corrigée de la concentration de polluant i présente dans l'air de dilution,

d = distance réelle parcourue pendant l'essai en km.

6.6.4 Correction de la concentration d'air dilué

La concentration du polluant dans les gaz d'échappement dilués doit être corrigée de la quantité de polluant dans l'air dilué avec la formule suivante:

$$C_i = C_e - C_d \cdot \left(1 - \frac{1}{DF}\right) \qquad (4)$$

où:

C_i = concentration du polluant i dans les gaz d'échappement dilués, exprimée en ppm et corrigée de la concentration de i présente dans l'air de dilution,

C_e = concentration mesurée du polluant i dans les gaz d'échappement dilués, exprimée en ppm,

C_d = concentration mesurée de i dans l'air utilisé pour la dilution, exprimée en ppm,

DF = facteur de dilution.

Le facteur de dilution est calculé comme suit:

$$DF = \frac{13{,}4}{C_{CO2} + (C_{HC} + C_{co}) \cdot 10^{-4}} \quad \text{pour l'essence et le gazole} \qquad (5a)$$

$$DF = \frac{11{,}9}{C_{CO2} + (C_{HC} + C_{co}) \cdot 10^{-4}} \quad \text{pour le GPL} \qquad (5b)$$

$$DF = \frac{9{,}5}{C_{CO2} + (C_{HC} + C_{co}) \cdot 10^{-4}} \quad \text{pour le GN} \qquad (5c)$$

où:

C_{CO2} = concentration de CO_2 dans les gaz d'échappement dilués contenus dans le sac de prélèvement, exprimée en % volume,

C_{HC} = concentration de HC dans les gaz d'échappement dilués contenus dans le sac de prélèvement, exprimée en ppm d'équivalents-carbone,

C_{CO} = concentration de CO dans les gaz d'échappement dilués contenus dans le sac de prélèvement, exprimée en ppm.

6.6.5 Calcul du facteur de correction d'humidité

Pour la correction des effets de l'humidité sur les résultats obtenus pour les oxydes d'azote, on applique la formule suivante:

$$k_h = \frac{1}{1 - 0{,}0329 \cdot (H - 10{,}71)} \qquad (6)$$

où:

$$H = \frac{6{,}211 \cdot R_a \cdot P_d}{P_B - P_d \cdot R_a \cdot 10^{-2}}$$

Dans ces formules:

H = humidité absolue, exprimée en g d'eau par kg d'air sec,

R_a = humidité relative de l'atmosphère ambiante, exprimée en %,

P_d = pression de vapeur saturante à la température ambiante, exprimée en kPa,

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

6.6.6 Mesure de HC pour les moteurs à allumage par compression

Pour déterminer les émissions massiques de HC pour les moteurs à allumage par compression, on calcule la concentration moyenne de HC au moyen de la formule suivante:

$$C_e = \frac{\int_{t_1}^{t_2} C_{HC} \cdot dt}{t_2 - t_1} \qquad (7)$$

où:

$\int_{t1}^{t2} C_{HC} \cdot dt$ = intégrale de la valeur enregistrée par l'analyseur FID chauffé au cours de l'essai (t_2-t_1)

C_e = concentration de HC mesurée dans les gaz d'échappement dilués en ppm,

C_i = remplace directement C_{HC} dans toutes les équations correspondantes.

6.6.7 Détermination des émissions de particules

On calcule l'émission de particules M_p (g/km) au moyen de la formule suivante:

$$M_p = \frac{(V_{mix} + V_{ep}) \cdot P_e}{V_{ep} \cdot d}$$

dans le cas où les gaz d'échappement sont évacués à l'extérieur du tunnel;

$$M_p = \frac{V_{mix} \cdot P_e}{V_{ep} \cdot d}$$

dans le cas où les gaz d'échappement sont renvoyés dans le tunnel;

où:

V_{mix} = volume des gaz d'échappement dilués (voir le paragraphe 6.6.1) aux conditions normales,

V_{ep} = volume des gaz d'échappement passé par les filtres à particules aux conditions normales,

P_e = masse de particules retenue par le filtre,

d = distance réelle parcourue pendant le cycle d'essai en km,

M_p = émission de particules en g/km.

Lorsqu'on effectue une correction pour tenir compte de la concentration ambiante des particules dans le système de dilution, on doit procéder comme indiqué au paragraphe 6.2.4. Dans ce cas, la masse de particules (g/km) est calculée comme suit:

$$M_p = \left[\frac{P_e}{V_{ep}} - \left(\frac{P_a}{V_{ap}} \cdot \left(1 - \frac{1}{DF} \right) \right) \right] \cdot \frac{\left(V_{mix} + V_{ep} \right)}{d}$$

dans le cas où les gaz d'échappement sont évacués à l'extérieur du tunnel;

$$M_p = \left[\frac{P_e}{V_{ep}} - \left(\frac{P_a}{V_{ap}} \cdot \left(1 - \frac{1}{DF} \right) \right) \right] \cdot \frac{V_{mix}}{d}$$

dans le cas où les gaz d'échappement sont renvoyés dans le tunnel;

où:

V_{ap} = volume d'air du tunnel passant à travers le filtre à particules ambiantes aux conditions normales,

P_a = masse de particules retenue par le filtre à particules ambiantes,

DF = facteur de dilution calculé comme indiqué au paragraphe 6.6.4.

Si après application d'une correction pour concentration ambiante, la masse de particules est négative (en g/km), on considère que cette masse est égale à zéro.

6.6.8 Détermination du nombre de particules

Le nombre de particules émises est calculé au moyen de l'équation suivante:

$$N = \frac{V.k.\overline{C}_s.\overline{f}_r.10^3}{d}$$

où:

N = nombre de particules émises par km,

V = volume des gaz d'échappement dilués, exprimé en l/essai et ramené aux conditions normales (273,2 K et 101,33 kPa),

k = facteur d'étalonnage permettant de corriger les valeurs de mesure du compteur de particules et de les aligner sur celles de référence, dans le cas où ce facteur n'est pas internalisé. Dans le cas contraire, on attribue la valeur 1 à k dans l'équation ci-dessus,

$\overline{C}_s$ = concentration corrigée de particules relevées dans les gaz d'échappement dilués exprimée par le nombre moyen de particules par cm³ obtenu lors de l'essai d'émission comprenant la durée complète du cycle d'essai. Si les résultats de la concentration volumétrique moyenne ($\overline{C}$) donnés par le compteur du nombre de particules ne sont pas obtenus aux conditions normales (273,2 K et 101,33 kPa), les concentrations doivent alors être corrigées compte tenu de ces conditions ($\overline{C}_s$),

$\overline{f_r}$ = facteur de réduction de la concentration moyenne de particules du séparateur de particules volatiles au taux de dilution utilisé pour l'essai,

d = distance réelle parcourue pendant le cycle d'essai en km.

$\overline{C}$ doit être calculé au moyen de l'équation suivante:

$$\overline{C} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} C_i}{n}$$

où:

C_i = une mesure discrète de la concentration de particules dans les gaz d'échappement dilués effectuée par le compteur de particules exprimée en particules par cm³ et après correction de coïncidence,

n = nombre total de mesures discrètes de la concentration de particules faites pendant le cycle d'essai.

n doit être calculé au moyen de l'équation suivante:

$$n = T.f$$

où:

T = durée du cycle d'essai en s,

f = fréquence de l'enregistrement des données par le compteur de particules en Hz.

6.6.9 Prise en compte de la masse des particules émises par des véhicules équipés d'un filtre à régénération discontinue

Lorsque le véhicule est équipé d'un filtre à régénération discontinue tel qu'il est défini à l'annexe 13 de la série 05 d'amendements au Règlement n° 83 (Méthode d'essai pour le contrôle des émissions d'un véhicule équipé d'un filtre à régénération discontinue):

6.6.9.1 Les dispositions de l'annexe 13 s'appliquent uniquement aux fins de la mesure de la masse de particules et ne s'appliquent pas aux fins de la mesure du nombre de particules.

6.6.9.2 Pour le prélèvement d'un échantillon de particules pendant un essai au cours duquel le véhicule subit une régénération programmée, la température au droit du filtre ne doit pas excéder 192 °C.

6.6.9.3 Pour le prélèvement d'un échantillon de particules pendant un essai au cours duquel le filtre à régénération est en condition de charge stabilisée (c'est-à-dire que le véhicule n'est pas en phase de régénération), il est recommandé que le véhicule ait effectué > 1/3 du kilométrage entre les régénérations prévues ou que le filtre à régénération, démonté du véhicule, ait été soumis à une opération d'encrassement équivalente.

Aux fins des essais de conformité de la production, le fabricant peut faire en sorte que ce facteur soit inclus dans le coefficient d'évolution. Dans ce cas, le paragraphe 8.2.3.2.2 du présent Règlement est remplacé par le paragraphe 6.6.9.3.1 de la présente annexe.

6.6.9.3.1 Lorsque le constructeur souhaite effectuer un rodage («x» km, où $x \leq 3\,000$ km pour les véhicules équipés d'un moteur à allumage commandé et $x \leq 15\,000$ km pour les véhicules équipés d'un moteur à allumage par compression et lorsque le véhicule a parcouru > 1/3 de la distance entre deux régénérations successives), il sera procédé comme suit:

a) Les émissions de polluants (type I) seront mesurées à zéro et à «x» km sur le premier véhicule essayé;

b) Le coefficient d'évolution des émissions entre zéro et «x» km sera calculé pour chacun des polluants:

$$\text{Coefficient d'évolution} = \frac{\text{Émissions à «x» km}}{\text{Émissions à zéro km}}$$

Il peut être inférieur à 1,

a) Les véhicules suivants ne subiront pas de rodage, mais leurs émissions à zéro km seront affectées de ce coefficient.

Dans ce cas, les valeurs à retenir pour le contrôle seront:

a) Les valeurs à «x» km pour le premier véhicule;

b) Les valeurs à zéro km multipliées par le coefficient pour les autres véhicules.

Tableau 1 − Cycle d'essai élémentaire urbain au banc à rouleaux (partie Un)

Opération n°	Mode	Phase n°	Accélération (m/s^2)	Vitesse (km/h)	Durée de chaque		Temps cumulé(s)	Rapport à utiliser dans le cas d'une boîte mécanique
					Mode(s)	Phase(s)		
1	Ralenti	1			11	11	11	6 s PM + 5 s K_1 (*)
2	Accélération	2	1,04	0-15	4	4	15	1
3	Vitesse stabilisée	3		15	9	8	23	1
4	Décélération	4	-0,69	15-10	2	5	25	1
5	Décélération, embrayage débrayé		-0,92	10-0	3		28	K_1 (*)
6	Ralenti	5			21	21	49	16 s PM + 5 s K_1 (*)
7	Accélération	6	0,83	0-15	5	12	54	1
8	Changement de vitesse				2		56	
9	Accélération		0,94	15-32	5		61	2
10	Vitesse stabilisée	7		32	24	24	85	2
11	Décélération	8	-0,75	32-10	8	11	93	2
12	Décélération, embrayage débrayé		-0,92	10-0	3		96	K_2 (*)
13	Ralenti	9	0-15	0-15	21		117	16 s PM + 5 s K_1 (*)
14	Accélération	10			5	26	122	1
15	Changement de vitesse				2		124	
16	Accélération		0,62	15-35	9		133	2
17	Changement de vitesse				2		135	
18	Accélération		0,52	35-50	8		143	3
19	Vitesse stabilisée	11		50	12	12	155	3
20	Décélération	12	-0,52	50-35	8	8	163	3
21	Vitesse stabilisée	13		35	13	13	176	3
22	Changement de vitesse	14			2	12	178	
23	Décélération		-0,86	32-10	7		185	2
24	Décélération, embrayage débrayé		-0,92	10-0	3		188	K_2 (*)
25	Ralenti	15			7	7	195	7 s PM (*)

(*) PM = Boîte au point mort, embrayage embrayé. K_1, K_2 = Boîte sur le premier ou le deuxième rapport, embrayage débrayé

.

Tableau 2 − Cycle urbain (partie Deux) pour l'essai du type I

Opération n°	Mode	Phase n°	Accélération (m/s^2)	Vitesse (km/h)	Durée de chaque		Temps cumulé(s)	Rapport à utiliser dans le cas d'une boîte mécanique
					Mode(s)	Phase(s)		
1	Ralenti	1			20	20	20	K_1 (1)
2	Accélération	2	0,83	0	5	41	25	1
3	Changement de vitesse				2		27	-
4	Accélération		0,62	15-35	9		36	2
5	Changement de vitesse				2		38	-
6	Accélération		0,52	35-30	8		46	3
7	Changement de vitesse				2		48	-
8	Accélération		0,43	50-70	13		61	4
9	Vitesse stabilisée	3		70	50	50	111	5
10	Décélération	4	-0,69	70-50	8	8	119	4 s.5 + 4 s.4
11	Vitesse stabilisée	5		50	69	69	188	4
12	Accélération	6	0,43	50-70	13	13	201	4
13	Vitesse stabilisée	7		70	50	50	251	5
14	Accélération	8	0,24	70-100	35	35	286	5
15	Vitesse stabilisée (2)	9		100	30	30	316	5 (2)
16	Accélération (2)	10	0,28	100-120	20	20	336	5 (2)
17	Vitesse stabilisée (2)	11		120	10	20	346	5 (2)
18	Décélération (2)	12	-0,69	120-80	16	34	362	5 (2)
19	Décélération (2)		-1,04	80-50	8		370	5 (2)
20	Décélération, embrayage débrayé		1,39	50-0	10		380	K5 (1)
21	Ralenti	13			20	20	400	PM (1)

(1) PM = Boîte au point mort, embrayage embrayé. K_1, K_5 = Boîte sur le premier ou le cinquième rapport, embrayage débrayé.

(2) Si le véhicule est équipé d'une boîte de vitesses à plus de 5 rapports, les rapports supplémentaires pourront être utilisés en accord avec les recommandations du constructeur

.

Tableau 3 − Inertie simulée et réglages de puissance et de couple sur le banc

Poids de référence du véhicule	Inertie équivalente	Puissance/force absorbée par le banc à 80 km/h		Coefficients de résistance à l'avancement	
Pr (kg)	kg	kW	N	a (N)	b (N/km/h)
Pr ≤ 480	455	3,8	171	3,8	0,0261
480 < Pr ≤ 540	510	4,1	185	4,2	0,0282
540 < Pr ≤ 595	570	4,3	194	4,4	0,0296
595 < Pr ≤ 650	625	4,5	203	4,6	0,0309
650 < Pr ≤ 710	680	4,7	212	4,8	0,0323
710 < Pr ≤ 765	740	4,9	221	5,0	0,0337
765 < Pr ≤ 850	800	5,1	230	5,2	0,0351
850 < Pr ≤ 965	910	5,6	252	5,7	0,0385
965 < Pr ≤ 1 080	1 020	6,0	270	6,1	0,0412
1 080 < Pr ≤ 1 190	1 130	6,3	284	6,4	0,0433
1 190 < Pr ≤ 1 305	1 250	6,7	302	6,8	0,0460
1 305 < Pr ≤ 1 420	1 360	7,0	315	7,1	0,0481
1420 < Pr ≤ 1530	1 470	7,3	329	7,4	0,0502
1 530 < Pr ≤ 1 640	1 590	7,5	338	7,6	0,0515
1 640 < Pr ≤ 1 760	1 700	7,8	351	7,9	0,0536
1760 < Pr ≤ 1 870	1 810	8,1	365	8,2	0,0557
1870 < Pr ≤ 1 980	1 930	8,4	378	8,5	0,0577
1980 < Pr ≤ 2 100	2 040	8,6	387	8,7	0,0591
2 100 < Pr ≤ 2 210	2 150	8,8	396	8,9	0,0605
2 210 < Pr ≤ 2 380	2 270	9,0	405	9,1	0,0619
2 380 < Pr ≤ 2 610	2 270	9,4	423	9,5	0,0646
2 610 < Pr	2 270	9,8	441	9,9	0,0674

Figure 1

Cycle d'essai pour l'essai du type I

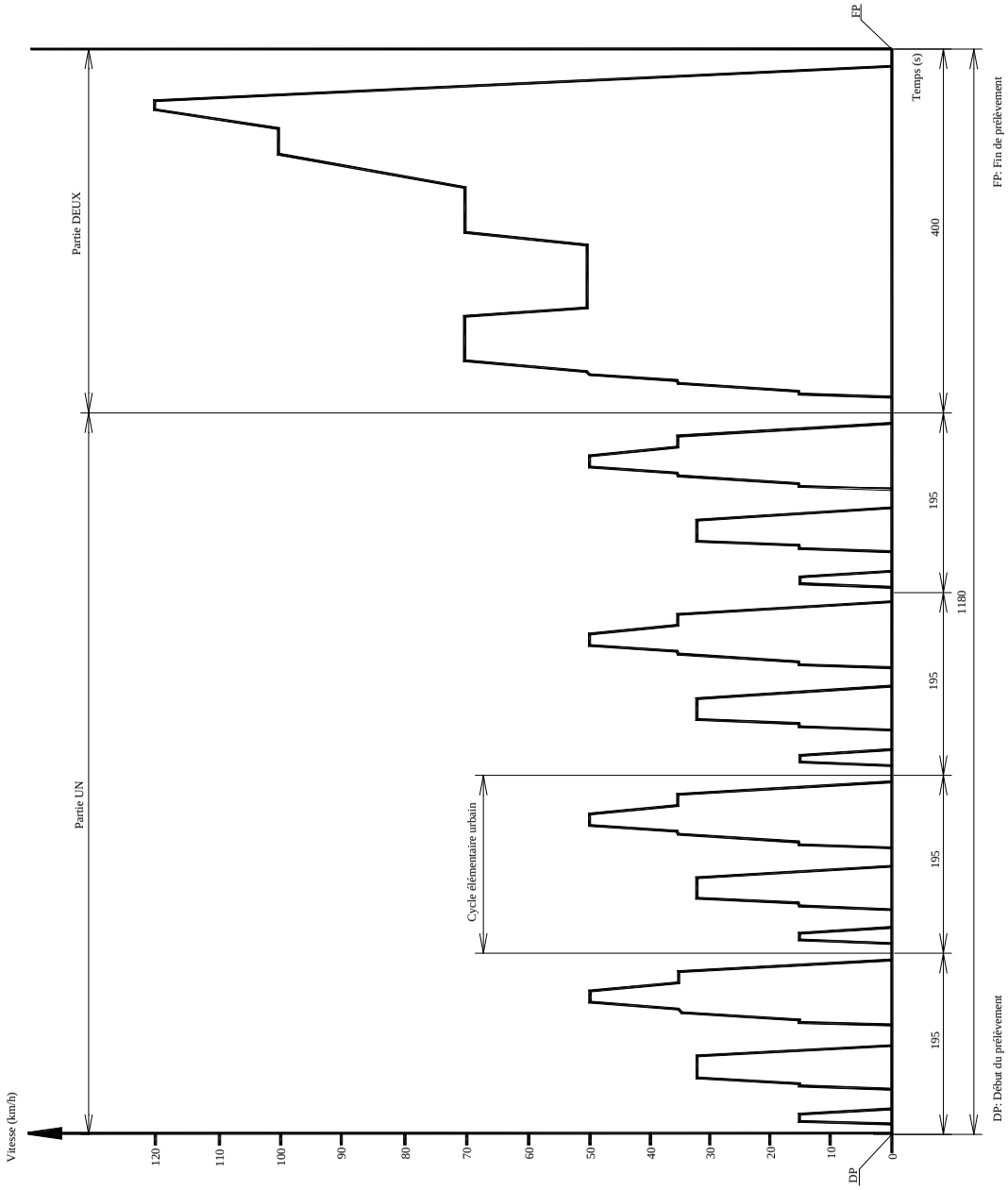


Figure 2

Cycle élémentaire urbain pour l'essai de type I

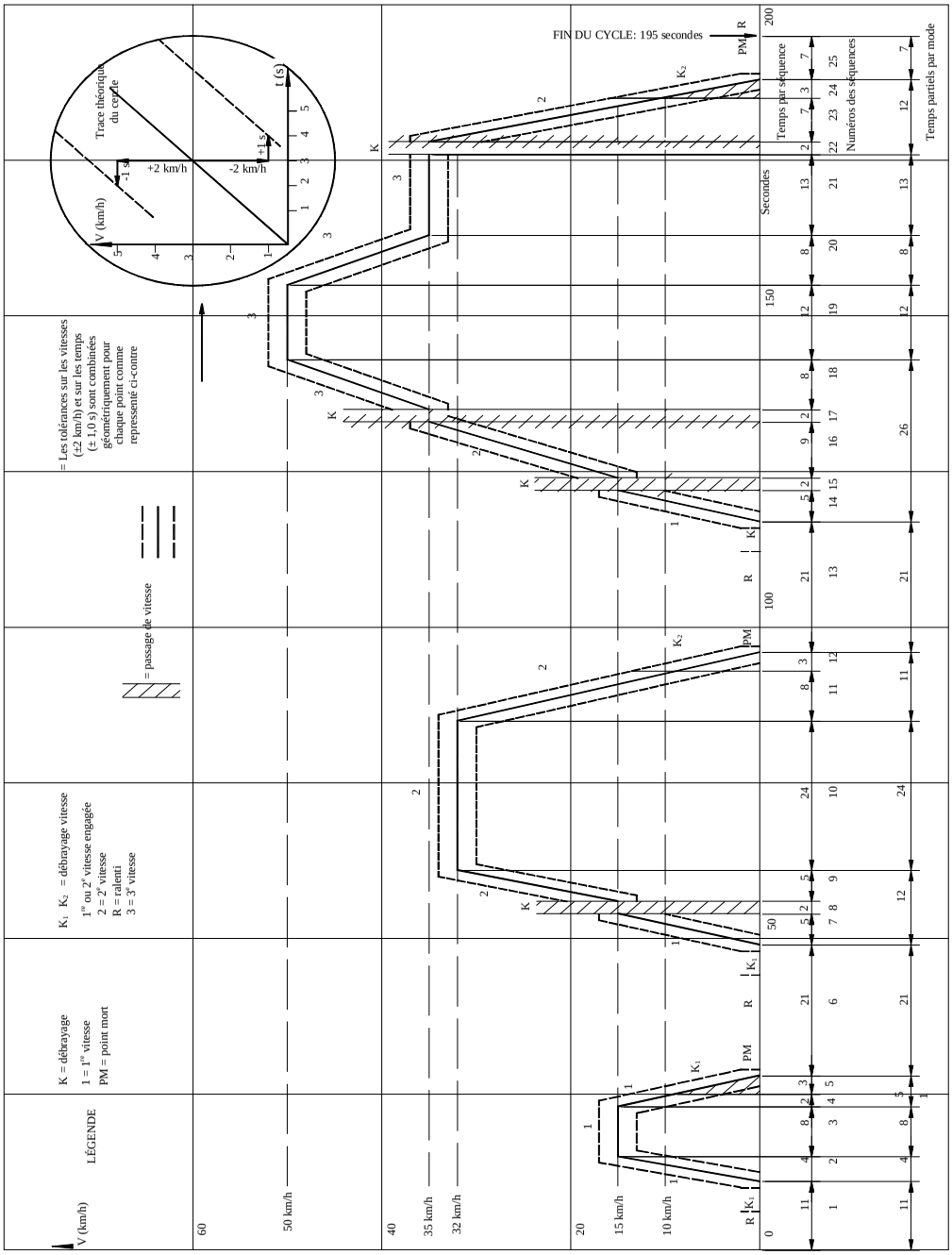
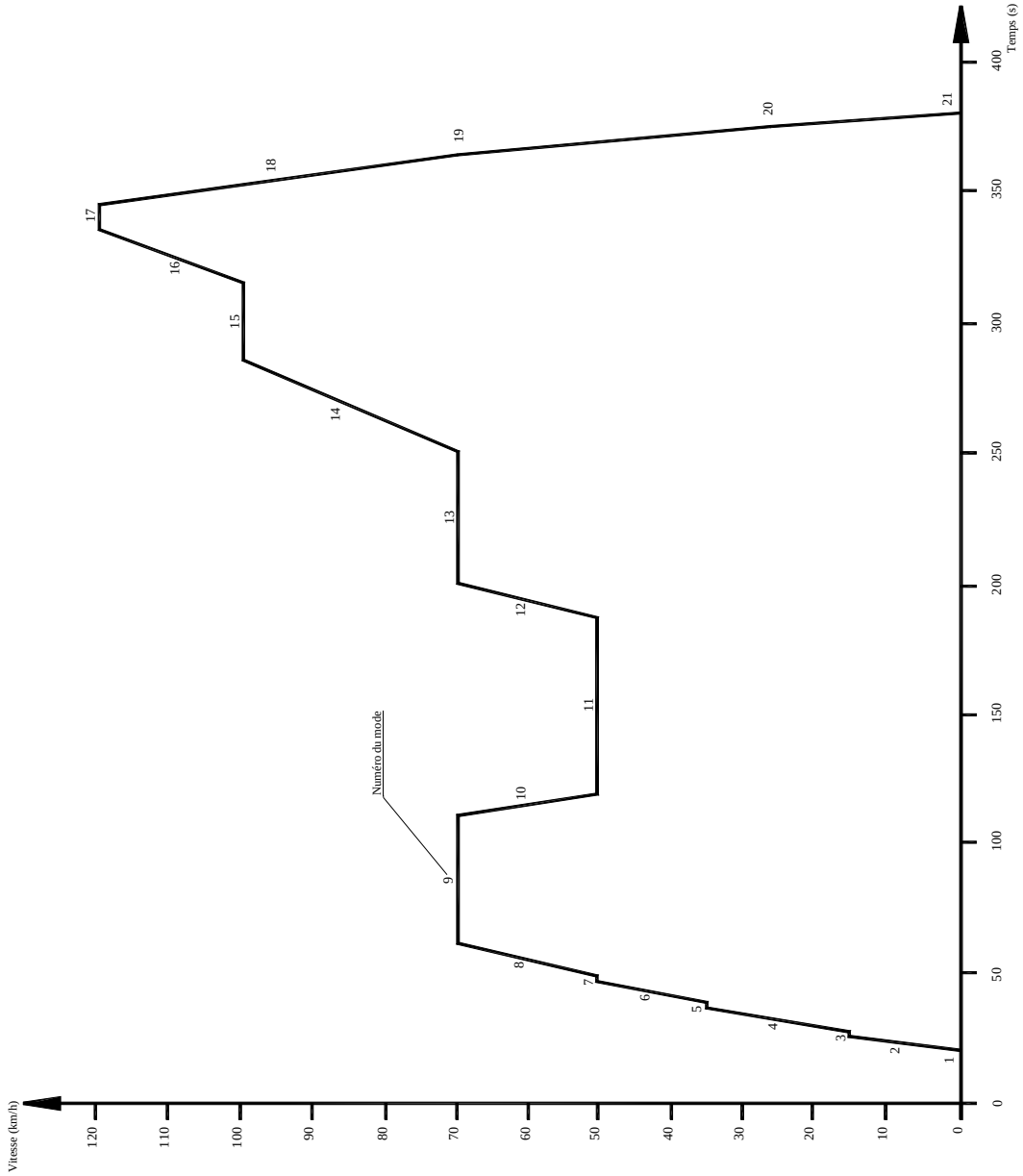


Figure 3

Cycle extra-urbain (partie Deux) pour l'essai du type I



Appendice 1

BANC À ROULEAUX

1. DESCRIPTION

1.1 Prescriptions générales

1.1.1 Le banc doit permettre de simuler la résistance à l'avancement sur route et appartenir à l'un des deux types suivants:

a) Banc à courbe d'absorption de puissance définie: ce type de banc est un banc dont les caractéristiques physiques sont telles que la forme de la courbe soit définie;

b) Banc à courbe d'absorption de puissance réglable: ce type de banc est un banc où l'on peut régler deux paramètres au moins pour faire varier la forme de la courbe.

1.1.2 Pour les bancs à simulation électrique de l'inertie, il doit être démontré qu'ils donnent des résultats équivalents aux systèmes à inertie mécanique. Les méthodes par lesquelles cette équivalence est démontrée sont décrites à l'appendice 6 de la présente annexe.

1.1.3 Dans le cas où la résistance totale à l'avancement sur route ne peut pas être reproduite sur le banc, entre les valeurs de 10 et 120 km/h, il est recommandé d'utiliser un banc à rouleaux ayant les caractéristiques définies ci-dessous.

1.1.3.1 La force absorbée par le frein et les frottements internes du banc à rouleaux entre 0 et 120 km/h correspond à:

$$F = (a + b \cdot V^2) \pm 0{,}1 \cdot F_{80} \text{ (sans être négative)}$$

où:

F	=	force totale absorbée par le banc à rouleaux (N)
a	=	valeur équivalente à la résistance au roulement (N)
b	=	valeur équivalente au coefficient de résistance de l'air [N/(km/h)^2]
V	=	vitesse (km/h)
F_{80}	=	force à 80 km/h (N).

1.2 Prescriptions particulières

1.2.1 Le réglage du banc doit demeurer stable dans le temps. Il ne doit pas engendrer de vibrations perceptibles sur le véhicule et pouvant nuire au fonctionnement normal de ce dernier.

1.2.2 Le banc peut comporter un ou deux rouleaux. Le rouleau avant doit entraîner, directement ou indirectement, les masses d'inertie et le frein.

1.2.3 Il doit être possible de mesurer et de lire l'effort de freinage indiqué avec une justesse de ± 5 %.

1.2.4 Dans le cas d'un banc à courbe d'absorption de puissance définie, la précision du réglage à 80 km/h doit être de ± 5 %. Dans le cas d'un banc à courbe d'absorption de puissance réglable, le réglage du banc doit pouvoir être adapté à la puissance absorbée sur route avec une précision de 5 % à 120, 100, 80, 60, 40 km/h, et de 10 % à 20 km/h. Au-dessous de ces vitesses, ce réglage doit garder une valeur positive.

1.2.5 L'inertie totale des parties tournantes (y compris l'inertie simulée lorsqu'il y a lieu) doit être connue et doit correspondre à ± 20 kg près à la classe d'inertie pour l'essai.

1.2.6 La vitesse du véhicule doit être déterminée d'après la vitesse de rotation du rouleau (rouleau avant dans le cas des bancs à deux rouleaux). Elle doit être mesurée avec une précision de ± 1 km/h aux vitesses supérieures à 10 km/h.

La distance réelle parcourue par le véhicule doit être mesurée à partir du mouvement de rotation du rouleau (dans le cas d'un banc à deux rouleaux, prendre le rouleau avant).

2. MÉTHODE D'ÉTALONNAGE DU BANC À ROULEAUX

2.1 Introduction

La présente section décrit la méthode à utiliser pour déterminer la force absorbée par un banc à rouleaux. La force absorbée comprend la force absorbée par les frottements et la force absorbée par le frein.

Le banc à rouleaux est lancé à une vitesse supérieure à la vitesse maximale d'essai. Le dispositif de lancement est alors débrayé: la vitesse de rotation du rouleau mené diminue.

L'énergie cinétique des rouleaux est dissipée par le frein et par les frottements. Cette méthode ne tient pas compte de la variation des frottements internes des rouleaux entre l'état chargé et l'état à vide. On ne tient pas compte non plus des frottements du rouleau arrière quand celui-ci est libre.

2.2 Étalonnage à 80 km/h de l'indicateur de force

On applique la procédure définie ci-après pour l'étalonnage à 80 km/h de l'indicateur de force en fonction de la force absorbée (voir aussi la figure 4).

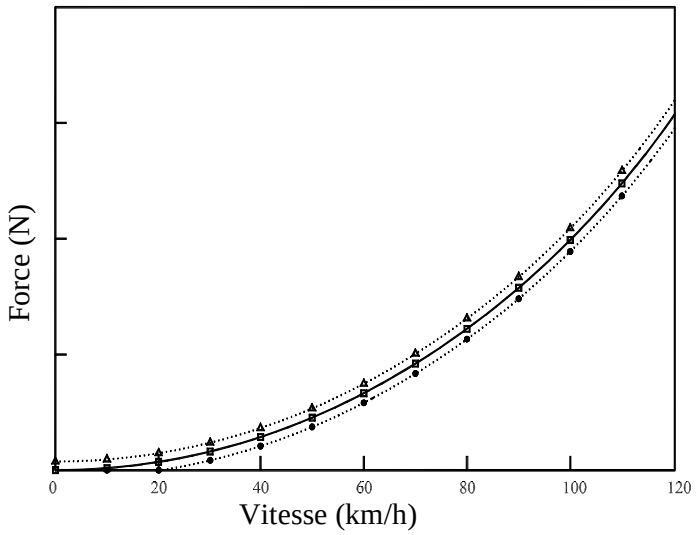
2.2.1 Mesurer la vitesse de rotation du rouleau si ce n'est pas déjà fait. On peut utiliser à cette fin une cinquième roue, un compte-tours ou un autre dispositif.

2.2.2 Installer le véhicule sur le banc ou appliquer une autre méthode pour lancer le banc.

2.2.3 Utiliser le volant d'inertie ou tout autre système d'inertie pour la classe d'inertie à considérer.

Figure 4

Diagramme de la force du banc à rouleaux



□ = $F = a + b \cdot V^2$ • = $(a + b \cdot V^2) - 0{,}1 \cdot F_{80}$ Δ = $(a + b \cdot V^2) + 0{,}1 \cdot F_{80}$

2.2.4 Lancer le banc à une vitesse de 80 km/h.

2.2.5 Noter la force affichée F_i (N).

2.2.6 Accroître la vitesse jusqu'à 90 km/h.

2.2.7 Débrayer le dispositif utilisé pour le lancement du banc.

2.2.8 Noter le temps de décélération du banc de 85 km/h à 75 km/h.

2.2.9 Régler le frein à une valeur différente.

2.2.10 Répéter les opérations prescrites aux paragraphes 2.2.4 à 2.2.9 un nombre de fois suffisant pour couvrir la plage des forces.

2.2.11 Calculer la force absorbée en utilisant la formule:

$$F = \frac{M_i \cdot \Delta V}{t}$$

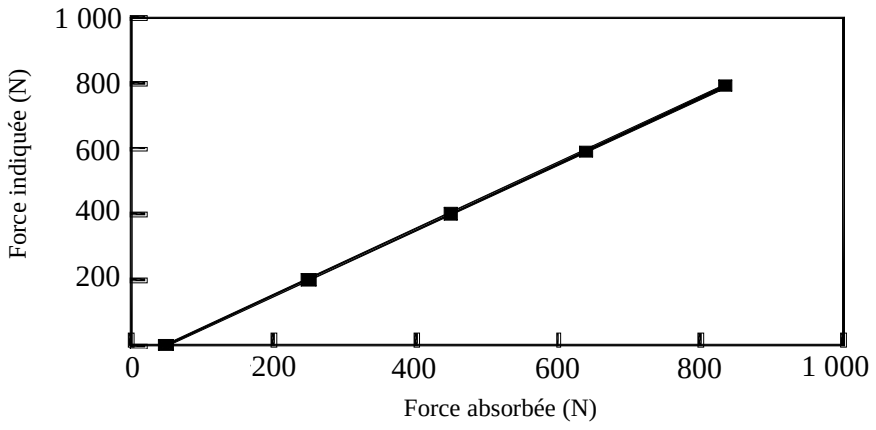
où:

F	=	force absorbée (N)
M_i	=	inertie équivalente en kg (compte non tenu de l'inertie du rouleau libre arrière)
ΔV	=	écart de vitesse en m/s (10 km/h = 2,775 m/s)
t	=	temps de décélération du rouleau de 85 km/h à 75 km/h.

2.2.12 La figure 5 donne le diagramme de la force indiquée à 80 km/h en fonction de la force absorbée à la même vitesse.

Figure 5

Force affichée à 80 km/h en fonction de la force absorbée à 80 km/h



2.2.13 Les opérations prescrites aux paragraphes 2.2.3 à 2.2.12 doivent être répétées pour toutes les classes d'inertie à prendre en compte.

2.3 Étalonnage de l'indicateur de force à d'autres vitesses

Les procédures du paragraphe 2.2 sont répétées autant de fois qu'il est nécessaire pour les vitesses choisies.

2.4 Étalonnage en force ou en couple

La même procédure doit être appliquée pour l'étalonnage en force ou en couple.

3. VÉRIFICATION DE LA COURBE D'ABSORPTION

3.1 Procédure

La courbe d'absorption du banc à rouleaux à partir d'un point de calage à la vitesse de 80 km/h doit être vérifiée comme suit:

3.1.1 Installer le véhicule sur le banc ou appliquer une autre méthode pour lancer le banc.

3.1.2 Régler le banc à la force absorbée (F) à la vitesse de 80 km/h.

3.1.3 Noter la force absorbée aux vitesses de 120, 100, 80, 60, 40 et 20 km/h.

3.1.4 Tracer la courbe F (V) et vérifier qu'elle satisfait aux prescriptions du paragraphe 1.1.3.1 du présent appendice.

3.1.5 Répéter les opérations des paragraphes 3.1.1 à 3.1.4 pour d'autres valeurs de force F à la vitesse de 80 km/h et d'autres valeurs d'inertie.

Appendice 2

SYSTÈME DE DILUTION DES GAZ D'ÉCHAPPEMENT

1. DESCRIPTION DU SYSTÈME

1.1 Description générale du système

Un système à dilution du flux total doit être utilisé. À cette fin, il faut que les gaz d'échappement du véhicule soient dilués de manière continue avec de l'air ambiant, dans des conditions contrôlées. Le volume total du mélange de gaz d'échappement et d'air de dilution doit être mesuré et un échantillon proportionnel continu de ce volume doit être collecté pour analyse. Les émissions massiques sont déterminées d'après les concentrations dans l'échantillon, compte tenu de la concentration de ces gaz dans l'air ambiant, et d'après le débit totalisé sur la durée de l'essai.

Le système de dilution des gaz d'échappement se compose d'un tube de transfert, d'une chambre de mélange et d'un tunnel de dilution, d'un dispositif de conditionnement de l'air de dilution, d'un dispositif d'aspiration et d'un dispositif de mesure du débit. Les sondes de prélèvement doivent être installées comme indiqué aux appendices 3, 4 et 5.

La chambre de mélange mentionnée ci-dessus est un récipient tel que ceux qui sont représentés aux figures 6 et 7, dans lequel les gaz d'échappement du véhicule et l'air de dilution sont mélangés de façon à produire un mélange homogène au point de sortie de la chambre.

1.2 Prescriptions générales

1.2.1 Les gaz d'échappement du véhicule doivent être dilués avec une quantité suffisante d'air ambiant pour empêcher une condensation de l'eau dans le système de prélèvement et de mesure dans toutes les conditions pouvant être rencontrées lors d'un essai.

1.2.2 Le mélange d'air et de gaz d'échappement doit être homogène au droit de la sonde de prélèvement (voir par. 1.3.3 ci-dessous). La sonde doit prélever un échantillon représentatif des gaz d'échappement dilués.

1.2.3 Le système doit permettre de mesurer le volume total de gaz d'échappement dilués.

1.2.4 L'appareillage de prélèvement doit être étanche aux gaz. La conception du système de prélèvement à dilution variable et les matériaux dont il est constitué doivent être tels qu'ils n'affectent pas la concentration des polluants dans les gaz d'échappement dilués. Si l'un des éléments de l'appareillage (échangeur de chaleur, séparateur à cyclone, ventilateur, etc.) modifie la concentration de l'un quelconque des polluants dans les gaz dilués et que ce défaut ne peut pas être corrigé, on doit prélever l'échantillon de ce polluant en amont de cet élément.

1.2.5 Tous les éléments du système de dilution qui entrent en contact avec les gaz d'échappement bruts et dilués doivent être conçus pour réduire le plus possible les dépôts ou l'altération des matières particulaires. Ils doivent être réalisés en matériaux électriquement conducteurs qui ne réagissent pas avec les constituants des gaz d'échappement, et ils doivent être mis à la masse électriquement pour prévenir les effets électrostatiques.

1.2.6 Si le véhicule essayé a un système d'échappement à plusieurs sorties, les tuyaux de raccordement doivent être reliés entre eux aussi près que possible du véhicule sans pour autant affecter son fonctionnement.

1.2.7 Le système à dilution variable doit être conçu de manière à permettre de prélever les gaz d'échappement sans modifier de manière sensible la contrepression à la sortie du tuyau d'échappement.

1.2.8 Le tuyau reliant le véhicule au système de dilution doit être conçu de manière à réduire le plus possible les pertes thermiques.

1.3 Prescriptions particulières

1.3.1 Raccordement au(x) tuyau(x) d'échappement

Le tuyau de raccordement entre la ou les sorties d'échappement du véhicule et le système de dilution doit être aussi court que possible et doit satisfaire aux prescriptions suivantes:

a) Il doit avoir une longueur inférieure à 3,6 m ou à 6,1 m s'il est isolé thermiquement. Son diamètre intérieur ne peut dépasser 105 mm;

b) Il ne doit pas modifier la pression statique à la ou aux sorties d'échappement du véhicule d'essai de plus de ± 0,75 kPa à 50 km/h ou de plus de ± 1,25 kPa sur toute la durée de l'essai, par rapport aux pressions statiques enregistrées lorsque les sorties d'échappement du véhicule sont libres. La pression doit être mesurée dans le tuyau de sortie d'échappement ou dans une rallonge ayant le même diamètre, aussi près que possible de l'extrémité du tuyau. Un appareillage de prélèvement permettant d'abaisser ces tolérances à ± 0,25 kPa peut être utilisé si le constructeur le demande par écrit au service technique, en démontrant la nécessité de cet abaissement;

c) Il ne doit pas modifier la nature du gaz d'échappement;

d) Tous les raccords en élastomère utilisés doivent être aussi stables que possible thermiquement et être exposés le moins possible aux gaz d'échappement.

1.3.2 Conditionnement de l'air de dilution

On doit faire passer l'air de dilution utilisé pour la dilution primaire dans le tunnel de prélèvement à volume constant (tunnel CVS) à travers un dispositif dont le matériau filtrant soit capable de capturer au moins 99,95 % des particules les plus pénétrantes ou à travers un filtre qui appartienne au minimum à la classe H13 telle qu'elle est définie par la norme européenne EN 1822:1998, c'est-à-dire à travers un dispositif qui satisfasse aux spécifications des filtres à très haute efficacité (filtres THE). Il est possible d'épurer l'air de dilution au charbon de bois avant de le faire passer dans le filtre THE. Dans ce cas, il est recommandé de placer un filtre supplémentaire à particules grossières avant le filtre THE et après l'épurateur à charbon de bois s'il existe.

À la demande du constructeur du véhicule, l'air de dilution peut être prélevé et analysé conformément aux règles de l'art pour déterminer les quantités de particules ambiantes présentes dans le tunnel, qui peuvent ensuite être soustraites des valeurs mesurées dans les gaz d'échappement dilués.

1.3.3 Tunnel de dilution

Des dispositions doivent être prises pour mélanger les gaz d'échappement du véhicule et l'air de dilution. On peut utiliser un ajutage mélangeur.

La pression au point de mélange ne doit pas s'écarter de plus de ± 0,25 kPa de la pression atmosphérique pour réduire le plus possible les effets sur les conditions à la sortie d'échappement et pour limiter la chute de pression dans l'appareil de conditionnement de l'air de dilution, s'il existe.

L'homogénéité du mélange dans une coupe transversale quelconque au niveau de la sonde de prélèvement ne doit pas s'écarter de plus de ± 2 % de la valeur moyenne obtenue en au moins cinq points situés à des intervalles égaux sur le diamètre de la veine de gaz.

Pour le prélèvement des particules, on utilise un tunnel de dilution. Ce tunnel:

a) Doit consister en un tube droit réalisé en un matériau conducteur de l'électricité, qui doit être raccordé à la terre;

b) Doit avoir un diamètre suffisamment réduit pour engendrer des turbulences (nombre de Reynolds ≥ 4 000) et une longueur suffisante pour assurer le mélange complet des gaz d'échappement et de l'air de dilution;

c) Doit avoir un diamètre d'au moins 200 mm;

d) Peut être isolé.

1.3.4 Dispositif d'aspiration

Ce dispositif peut avoir une gamme de vitesses fixes, de manière à maintenir un débit suffisant pour empêcher la condensation de l'eau. À cette fin, on utilise en général un dispositif ayant une capacité:

a) Double du débit maximal de gaz d'échappement engendré par les phases d'accélération du cycle d'essai, ou;

b) Suffisante pour que la concentration de CO_2 dans le sac de prélèvement des gaz d'échappement dilués soit maintenue en dessous de 3 % en volume pour l'essence et le gazole, en dessous de 2,2 % en volume pour le GPL et en dessous de 1,5 % en volume pour le GN.

1.3.5 Mesure du volume dans le système de dilution primaire

La méthode de mesure du volume total de gaz d'échappement dilué appliquée dans le système de prélèvement à volume constant doit être telle que la justesse soit de ± 2 % dans toutes les conditions de fonctionnement. Si ce dispositif ne peut pas compenser les variations de température du mélange gaz d'échappement-air de dilution au point de mesure, on doit utiliser un échangeur de chaleur pour maintenir la température à ± 6 K de la température de fonctionnement prévue.

Si nécessaire, on peut protéger le dispositif de mesure du volume avec des dispositifs tels que séparateur à cyclone ou filtre à particules grossières, etc.

Un capteur de température doit être installé immédiatement en amont du dispositif de mesure du volume. Ce capteur de température doit avoir une précision et une justesse de ± 1 K et un temps de réponse de 0,1 s à 62 % d'une variation de température donnée (valeur mesurée dans de l'huile de silicone).

La détermination de la pression par rapport à la pression atmosphérique s'effectue en amont et, si nécessaire, en aval du dispositif de mesure du volume.

Les mesures de pression doivent avoir une précision et une justesse de ± 0,4 kPa pendant l'essai.

1.4 Description du système recommandé

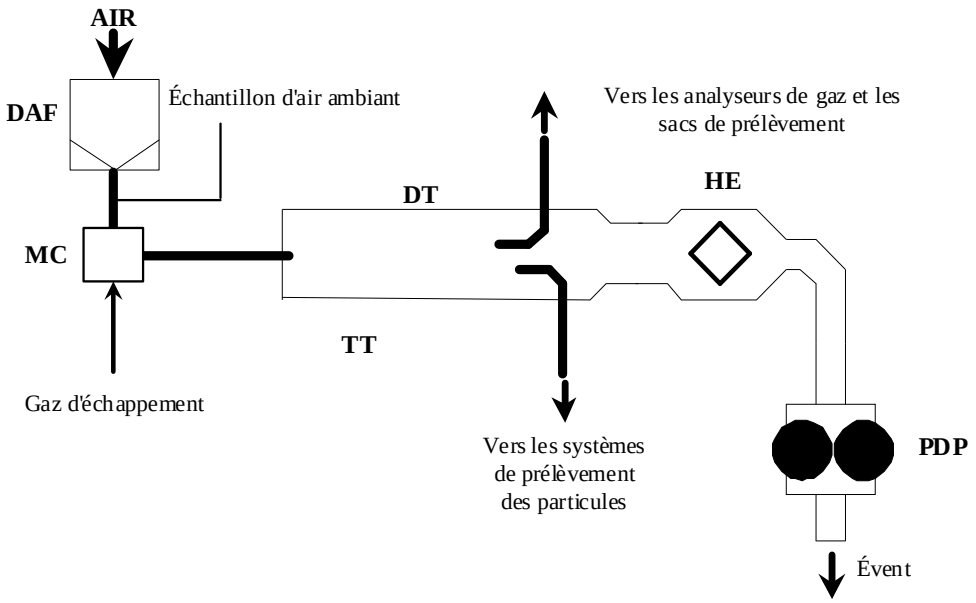
Les figures 6 et 7 sont des schémas de principe de deux types de systèmes de dilution des gaz d'échappement recommandés, qui satisfont aux prescriptions de la présente annexe.

Étant donné que des résultats justes peuvent être obtenus avec des configurations diverses, il n'est pas obligatoire que l'installation soit rigoureusement conforme au schéma. On pourra utiliser des éléments additionnels tels qu'appareils, vannes, solénoïdes et interrupteurs, en vue d'obtenir des informations supplémentaires et de coordonner les fonctions des éléments composant l'installation.

1.4.1

Figure 6

Système de dilution à pompe volumétrique



Système à dilution du flux total avec pompe volumétrique

Le système à dilution du flux total à pompe volumétrique (PDP) satisfait aux conditions formulées dans la présente annexe en déterminant le débit de gaz passant par la pompe à température et pression constantes. Pour mesurer le volume total, on compte le nombre de tours accomplis par la pompe volumétrique, qui est étalonnée. On obtient l'échantillon proportionnel en opérant un prélèvement à débit constant, au moyen d'une pompe, d'un débitmètre et d'une vanne de réglage du débit. L'appareillage de prélèvement comprend:

1.4.1.1 Un filtre pour l'air de dilution (DAF), qui peut être préchauffé si nécessaire. Ce filtre est constitué de plusieurs filtres montés dans l'ordre suivant: un filtre à charbon de bois (facultatif) (à l'admission) et un filtre à particules à très haute efficacité (THE) (à la sortie). Il est recommandé d'ajouter un filtre à particules grossières en amont du filtre THE et en aval du filtre à charbon actif, si celui-ci est utilisé. Le filtre à charbon actif sert à abaisser et à stabiliser la concentration des hydrocarbures d'émissions ambiantes dans l'air de dilution;

1.4.1.2 Un tube de transfert (TT) par lequel les gaz d'échappement du véhicule sont acheminés dans le tunnel de dilution (DT) où les gaz échappement et l'air de dilution sont mélangés d'une manière homogène;

1.4.1.3 Une pompe volumétrique (PDP) produisant un débit volumique constant de mélange air/gaz d'échappement. On utilise le nombre de tours de la pompe, ainsi que la température et la pression pour déterminer le débit;

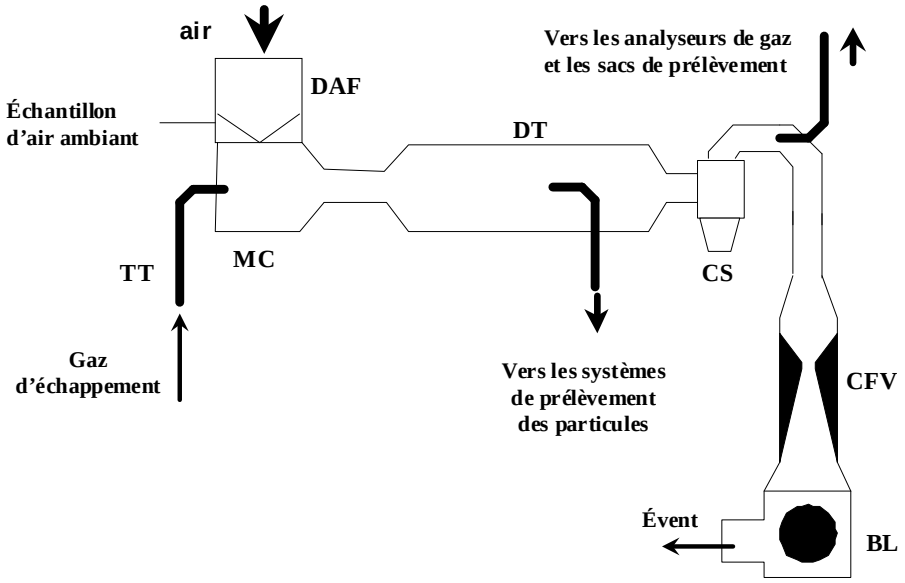
1.4.1.4 Un échangeur de chaleur (HE) d'une capacité suffisante pour maintenir pendant toute la durée de l'essai la température du mélange air/gaz d'échappement, mesurée juste en amont de la pompe volumétrique, à ± 6 K de la température moyenne de fonctionnement observée au cours de l'essai. Ce dispositif ne doit pas modifier la teneur en polluant des gaz dilués prélevés en aval pour analyse.

1.4.1.5 Une chambre de mélange (MC) dans laquelle les gaz d'échappement et l'air sont mélangés de façon homogène, qui peut être placée à proximité du véhicule de manière à réduire au minimum la longueur du tube de transfert (TT).

1.4.2

Figure 7

Système de dilution à tube de Venturi à écoulement critique



Système de dilution à flux total avec tube de Venturi à écoulement critique

L'utilisation d'un tube de Venturi à écoulement critique pour le système de dilution à flux total est une application des principes de la mécanique des fluides dans les conditions d'écoulement critique. Le débit du mélange variable d'air de dilution et de gaz d'échappement est maintenu à une vitesse sonique qui est directement proportionnelle à la racine carrée de la température des gaz. Le débit est contrôlé, calculé et intégré de manière continue pendant tout l'essai.

L'emploi d'un tube de Venturi additionnel pour le prélèvement garantit la proportionnalité des échantillons gazeux prélevés dans le tunnel de dilution. Comme la pression et la température sont égales aux entrées des deux tubes de Venturi, le volume de gaz prélevé est proportionnel au volume total de mélange de gaz d'échappement dilués produit, et le système remplit donc les conditions énoncées à la présente annexe. L'appareillage de collecte comprend:

1.4.2.1 Un filtre pour l'air de dilution (DAF), qui peut être préchauffé si nécessaire. Ce filtre est constitué de plusieurs filtres montés dans l'ordre suivant: un filtre à charbon de bois (facultatif) (à l'admission) et un filtre à particules à très haute efficacité (THE) (à la sortie). Il est recommandé d'ajouter un filtre à particules grossières en amont du filtre THE et en aval du filtre à charbon actif, si celui-ci est utilisé. Le filtre à charbon actif sert à abaisser et à stabiliser la concentration des hydrocarbures d'émissions ambiantes dans l'air de dilution;

1.4.2.2 Une chambre de mélange (MC) dans laquelle les gaz d'échappement et l'air sont mélangés de manière homogène et qui peut être placée près du véhicule de façon à réduire le plus possible la longueur du tube de transfert (TT);

1.4.2.3 Un tunnel de dilution (DT) où sont prélevées les particules;

1.4.2.4 On peut protéger le système de mesure au moyen, par exemple, d'un séparateur à cyclone ou d'un filtre à particules grossières;

1.4.2.5 Un tube de Venturi à écoulement critique de mesure (CFV), servant à mesurer le débit volumique des gaz d'échappement dilués;

1.4.2.6 Un ventilateur (BL) d'une capacité suffisante pour aspirer le volume total des gaz d'échappement dilués.

2. ÉTALONNAGE DU SYSTÈME DE PRÉLÈVEMENT À VOLUME CONSTANT (SYSTÈME CVS)

2.1 Prescriptions générales

On étalonne le système CVS en utilisant un débitmètre précis et un dispositif limitant le débit. On mesure le débit dans le système à diverses valeurs de pression, ainsi que les paramètres de réglage du système, puis on détermine la relation de ces derniers avec les débits. Le dispositif de mesure du débit doit être de type dynamique et convenir pour les forts débits rencontrés dans l'utilisation du système de prélèvement à volume constant. Le dispositif doit être d'une précision certifiée et conforme à une norme nationale ou internationale officielle.

2.1.1 Le débitmètre utilisé peut être de divers types: tube de Venturi étalonné, débitmètre laminaire, débitmètre à turbine étalonné, par exemple, à condition qu'il s'agisse d'un appareil de mesure dynamique, et qui puisse en outre satisfaire aux prescriptions du paragraphe 1.3.5 du présent appendice.

2.1.2 On trouvera dans les sections qui suivent une description de méthodes applicables pour l'étalonnage des appareils de prélèvement PDP et CFV, basées sur l'emploi d'un débitmètre laminaire offrant la précision voulue, avec une vérification statistique de la validité de l'étalonnage.

2.2 Étalonnage de la pompe volumétrique (PDP)

2.2.1 La procédure d'étalonnage définie ci-après décrit l'appareillage, la configuration d'essai et les divers paramètres à mesurer pour la détermination du débit de la pompe du système CVS. Tous les paramètres intéressent le débitmètre qui est raccordé en série à la pompe. On peut alors tracer la courbe du débit calculé (exprimé en m^3/min à l'entrée de la pompe, à pression et température absolue), rapporté à une fonction de corrélation correspondant à une combinaison donnée de paramètres de la pompe. L'équation linéaire exprimant la relation entre le débit de la pompe et la fonction de corrélation est alors déterminée. Si la pompe du système CVS a plusieurs vitesses d'entraînement, une opération d'étalonnage doit être exécutée pour chaque vitesse utilisée.

2.2.2 Cette procédure d'étalonnage est basée sur la mesure des valeurs absolues des paramètres de la pompe et des débitmètres qui sont en relation avec le débit en chaque point. Trois conditions doivent être respectées pour que la précision et la continuité de la courbe d'étalonnage soient garanties:

2.2.2.1 Les pressions de la pompe doivent être mesurées à des prises sur la pompe elle-même et non pas aux tuyauteries externes raccordées à l'entrée et à la sortie de la pompe. Les prises de pression installées au point haut et au point bas, respectivement, de la plaque frontale d'entraînement de la pompe sont soumises aux pressions réelles existant dans le carter de la pompe, et reflètent donc les écarts de pression absolus;

2.2.2.2 Une température stable doit être maintenue au cours de l'étalonnage. Le débitmètre laminaire est sensible aux variations de la température d'entrée, qui causent une dispersion des valeurs mesurées. Des variations de ± 1 K de la température sont acceptables à condition qu'elles se produisent progressivement sur une période de plusieurs minutes;

2.2.2.3 Toutes les tuyauteries de raccordement entre le débitmètre et la pompe CVS doivent être étanches.

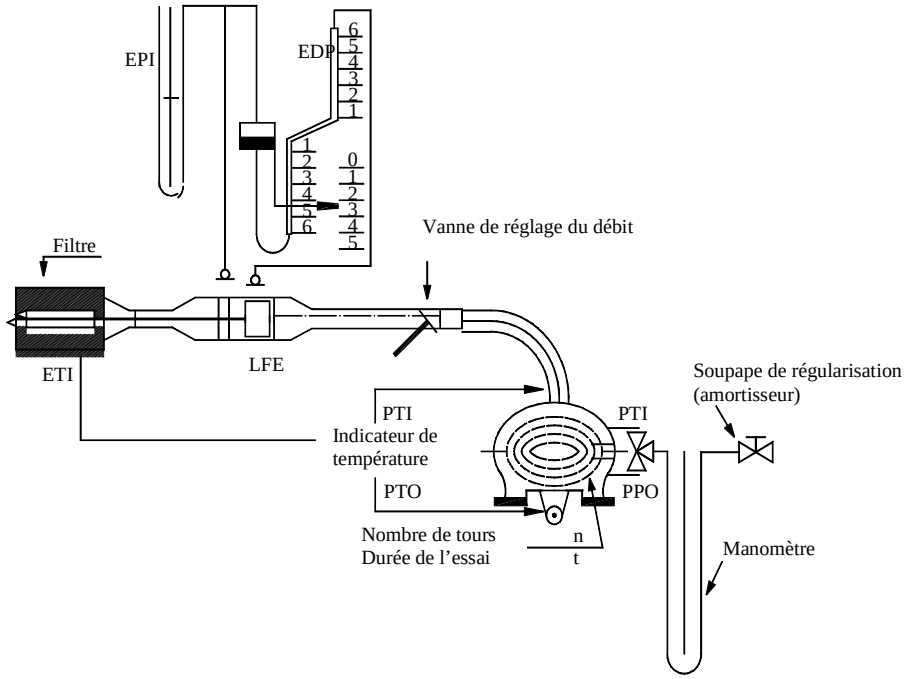
2.2.3 Au cours d'un essai de détermination des émissions d'échappement, la mesure de ces mêmes paramètres de la pompe permet à l'utilisateur de calculer le débit après l'équation d'étalonnage.

2.2.4 La figure 8 du présent appendice représente un exemple de configuration d'essai. Des variantes peuvent être admises, à condition qu'elles soient approuvées par le service technique comme offrant une justesse comparable. Si l'on utilise l'installation décrite à la figure 8, les paramètres suivants doivent satisfaire aux tolérances de précision indiquées:

Pression barométrique (corrigée) (P_b)	± 0,03 kPa
Température ambiante (T)	± 0,2 K
Température de l'air à l'entrée de LFE (ETI)	± 0,15 K
Dépression en amont de LFE (EPI)	± 0,01 kPa
Perte de charge à travers la buse de LFE (EDP)	± 0,0015 kPa
Température de l'air à l'entrée de la pompe CVS (PTI)	± 0,2 K
Température de l'air à la sortie de la pompe CVS (PTO)	± 0,2 K
Dépression à l'entrée de la pompe CVS (PPI)	± 0,22 kPa
Hauteur de refoulement à la sortie de la pompe CVS (PPO)	± 0,22 kPa
Nombre de tours de la pompe au cours de l'essai (n)	± 1 tr/mn^{-1}
Durée de l'essai (minimum 250 s) (t)	± 0,1 s

Figure 8

Configuration d'étalonnage pour le système PDP



2.2.5 Une fois réalisé le montage représenté à la figure 8 du présent appendice, régler la vanne de réglage du débit à pleine ouverture et faire fonctionner la pompe CVS pendant 20 mn avant de commencer les opérations d'étalonnage.

2.2.6 Refermer partiellement la vanne de réglage du débit de manière à obtenir un accroissement de la dépression à l'entrée de la pompe (1 kPa environ) permettant de disposer d'un minimum de six points de mesure pour l'ensemble de l'étalonnage. Laisser le système atteindre son régime stabilisé pendant 3 mn et répéter les mesures.

2.2.7 Le débit d'air Q_s à chaque point d'essai est calculé en m^3/mn (conditions normales) d'après les valeurs de mesure du débitmètre, selon la méthode prescrite par le fabricant.

2.2.8 Le débit d'air est alors converti en débit de la pompe V_0, exprimé en m^3 par tour à température et à pression absolue à l'entrée de la pompe:

$$V_0 = \frac{Q_s}{n} \cdot \frac{T_p}{273{,}2} \cdot \frac{101.33}{P_p}$$

où:

V_0 = débit de la pompe à T_p et P_p, en m^3/tr,
Q_s = débit d'air à 101,33 kPa et 273,2 K, en m^3/mn,
T_p = température à l'entrée de la pompe, en K,
P_p = pression absolue à l'entrée de la pompe, en kPa,
n = vitesse de rotation de la pompe, en mn^{-1}.

2.2.9 Pour compenser l'interaction de la vitesse de rotation de la pompe, des variations de pression de celle-ci et du taux de glissement de la pompe, la fonction de corrélation (x_0) entre la vitesse de la pompe (n), l'écart de pression entre l'entrée et la sortie de la pompe, et la pression absolue à la sortie de la pompe est alors calculée par la formule suivante:

$$x_o = \frac{1}{n}\sqrt{\frac{\Delta P_p}{P_e}}$$

où:

x_0 = fonction de corrélation,
ΔP_p = écart de pression entre l'entrée et la sortie de la pompe (kPa),
P_e pression absolue à la sortie de la pompe (PPO + P_B) (kPa).

On exécute un ajustement linéaire par les moindres carrés pour obtenir les équations d'étalonnage qui ont pour formule:

$V_0 = D_0 - M (x_0)$
$n = A - B (\Delta Pp)$

D_0, M, A et B sont les constantes de pente et d'ordonnée à l'origine décrivant les courbes.

2.2.10 Si le système CVS a plusieurs vitesses de fonctionnement, un étalonnage doit être exécuté pour chaque vitesse. Les courbes d'étalonnage obtenues pour ces vitesses doivent être sensiblement parallèles et les valeurs d'ordonnée à l'origine D_0 doivent croître lorsque la plage de débit de la pompe décroît.

2.2.11 Si l'étalonnage a été bien exécuté, les valeurs calculées au moyen de l'équation doivent se situer à ± 0,5 % de la valeur mesurée de V_0. Les valeurs de M devraient varier d'une pompe à l'autre. L'étalonnage doit être exécuté lors de la mise en service de la pompe et après toute opération importante d'entretien.

2.3 Étalonnage du tube de Venturi à écoulement critique (CFV)

2.3.1 Pour l'étalonnage du tube de Venturi CFV on se base sur l'équation de débit pour un tube de Venturi à écoulement critique:

$$Q_s = \frac{K_v . P}{\sqrt{T}}$$

où:

Q_s = débit,

K_v = coefficient d'étalonnage,

P = pression absolue (kPa),

T = température absolue (K).

Le débit de gaz est fonction de la pression et de la température d'entrée.

La procédure d'étalonnage décrite ci-après donne la valeur du coefficient d'étalonnage aux valeurs mesurées de pression, de température et de débit d'air.

2.3.2 Pour l'étalonnage de l'appareillage électronique du tube de Venturi CFV, on suit la procédure recommandée par le fabricant.

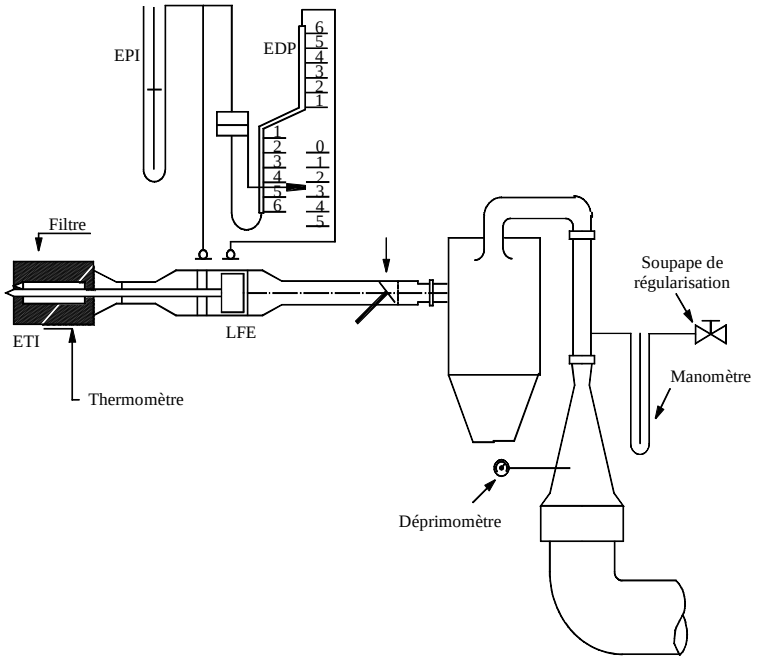
2.3.3 Lors des mesures nécessaires pour l'étalonnage du débit du tube de Venturi à écoulement critique, les paramètres suivants doivent satisfaire aux tolérances de précision indiquées:

Pression barométrique (corrigée) (P_b)	± 0,03 kPa
Température de l'air à l'entrée de LFE (ETI)	± 0,15 K
Dépression en amont de LFE (EPI)	± 0,01 kPa
Chute de pression à travers la buse de LFE (EDP)	± 0,0015 kPa
Débit d'air (Q_s)	± 0,5 %
Dépression à l'entrée de CFV (PPI)	± 0,02 kPa
Température à l'entrée du tube de Venturi (T_v)	± 0,2 K.

2.3.4 Installer l'équipement conformément à la figure 9 du présent appendice et contrôler l'étanchéité. Toute fuite existant entre le dispositif de mesure du débit et le tube de Venturi à écoulement critique affecterait gravement la précision de l'étalonnage.

Figure 9

Configuration d'étalonnage pour le système CFV-CVS



2.3.5 Régler la vanne de réglage du débit à pleine ouverture, mettre en marche le ventilateur et laisser le système atteindre son régime stabilisé. Enregistrer les valeurs données par tous les appareils.

2.3.6 Faire varier le réglage de la vanne de réglage du débit et exécuter au moins huit mesures réparties dans la plage d'écoulement critique du tube de Venturi.

2.3.7 On utilise les valeurs enregistrées lors de l'étalonnage pour déterminer les éléments ci-après. Le débit d'air Q_s à chaque point d'essai est calculé d'après les valeurs de mesure du débitmètre, selon la méthode prescrite par le fabricant.

On calcule les valeurs du coefficient d'étalonnage pour chaque point d'essai:

$$K_v = \frac{Q_s \cdot \sqrt{T_v}}{P_v}$$

où:

Q_s = débit en m^3/min à 273,2 K et 101,33 kPa,
T_v = température à l'entrée du tube de Venturi (K),
P_v = pression absolue à l'entrée du tube de Venturi (kPa).

Établir une courbe de K_v en fonction de la pression à l'entrée du tube de Venturi. Pour un écoulement sonique, K_v a une valeur sensiblement constante. Lorsque la pression décroît (c'est-à-dire lorsque la dépression croît), le Venturi se débloque et K_v décroît. Les variations résultantes de K_v ne sont pas tolérables.

Pour un nombre minimal de huit points dans la région critique, calculer le K_v moyen et l'écart-type.

Si l'écart-type dépasse 0,3 % du K_v moyen, on doit prendre des mesures pour y remédier.

3. PROCÉDURE DE CONTRÔLE DU SYSTÈME

3.1 Prescriptions générales

On détermine la précision globale de l'appareillage de prélèvement CVS et d'analyse en introduisant une masse connue de gaz polluant dans le système alors que celui-ci fonctionne comme pour un essai normal; ensuite, on exécute l'analyse et on calcule la masse de polluant selon les formules du paragraphe 6.6 de l'annexe 4a, en prenant toutefois comme masse volumique du propane la valeur de 1,967 g/l aux conditions normales. Deux techniques connues pour donner une précision suffisante sont décrites ci-après.

L'écart maximal admis entre la quantité de gaz introduite et la quantité de gaz mesurée est de 5 %.

3.2 Utilisation d'un orifice à écoulement critique

3.2.1 Mesure du débit constant de gaz pur (CO ou C_3H_8) avec un orifice à écoulement critique.

3.2.2 Une quantité déterminée de gaz pur (CO ou C_3H_8) est introduite dans le système CVS par l'orifice à écoulement critique étalonné. Si la pression d'entrée est suffisamment grande, le débit (q) réglé par l'orifice est indépendant de la pression de sortie de l'orifice (conditions d'écoulement critique). Si les écarts observés dépassent 5 %, la cause de l'anomalie doit être déterminée et supprimée. On fait fonctionner l'appareillage CVS comme pour un essai de mesure des émissions d'échappement pendant 5 à 10 mn. On analyse les gaz recueillis dans le sac de prélèvement avec l'appareillage normal et on compare les résultats obtenus à la teneur des échantillons de gaz, déjà connue.

3.3 Méthode gravimétrique

3.3.1 Mesure d'une quantité donnée de gaz pur (CO ou C_3H_8) par une méthode gravimétrique

3.3.2 Pour contrôler l'appareillage CVS par la méthode gravimétrique, on procède comme suit:

On utilise une petite bouteille remplie soit de monoxyde de carbone, soit de propane, dont on détermine la masse avec une précision de ± 0,01 g; pendant 5 à 10 mn, on fait fonctionner l'appareillage CVS comme pour un essai normal de détermination des émissions d'échappement, tout en injectant dans le système du CO ou du propane selon le cas. On détermine la quantité de gaz pur introduit dans l'appareillage en mesurant la différence de poids de la bouteille. On analyse ensuite le gaz recueilli dans le sac avec l'appareillage normalement utilisé pour l'analyse des gaz d'échappement. On compare alors les résultats aux valeurs de concentration calculées précédemment.

Appendice 3

APPAREILLAGE DE MESURE DES ÉMISSIONS GAZEUSES

1. DESCRIPTION

1.1 Vue d'ensemble du système

Un échantillon de proportion constante de gaz d'échappement dilués et d'air de dilution doit être recueilli pour analyse.

Les émissions gazeuses massiques sont déterminées d'après les concentrations de l'échantillon proportionnel et le volume total mesuré pendant l'essai. Les concentrations de l'échantillon sont corrigées en fonction de la teneur en polluants de l'air ambiant.

1.2 Prescriptions concernant le système de prélèvement

1.2.1 L'échantillon de gaz d'échappement dilués est prélevé en amont du dispositif d'aspiration mais en aval des appareils de conditionnement (s'ils existent).

1.2.2 Le débit ne doit pas s'écarter de plus de ± 2 % de la moyenne.

1.2.3 Le débit du prélèvement doit être au minimum de 5 l/mn et ne doit pas dépasser 0,2 % du débit des gaz d'échappement dilués. On doit appliquer une limite équivalente aux systèmes de prélèvement à débit-masse constant.

1.2.4 On effectue un prélèvement d'air de dilution à un débit constant, à proximité de l'orifice d'entrée de l'air ambiant (en aval du filtre, si le dispositif en possède un).

1.2.5 L'échantillon de l'air de dilution ne doit pas être contaminé par les gaz d'échappement provenant de la zone de mélange.

1.2.6 Le débit du prélèvement de l'air de dilution doit être comparable à celui des gaz d'échappement dilués.

1.2.7 Les matériaux utilisés pour les opérations de prélèvement doivent être tels qu'ils ne modifient pas la concentration des polluants.

1.2.8 On peut utiliser des filtres pour extraire les particules solides de l'échantillon.

1.2.9 Les différentes vannes employées pour diriger les gaz de prélèvement seront à réglage et à action rapides.

1.2.10 Des raccords étanches au gaz à verrouillage rapide peuvent être employés entre les vannes à trois voies et les sacs de prélèvement, les raccords s'obturant automatiquement du côté du sac. D'autres systèmes peuvent être utilisés pour acheminer les échantillons jusqu'à l'analyseur (robinets d'arrêt à trois voies par exemple).

1.2.11 Stockage de l'échantillon

Les échantillons de gaz sont recueillis dans des sacs de prélèvement qui doivent avoir une capacité suffisante pour ne pas réduire le débit de prélèvement et qui doivent être faits d'un matériau qui ne modifie pas de plus de ± 2 % après 20 mn les mesures elles-mêmes ou la composition chimique des échantillons de gaz (films composites de polyéthylène polyamide, ou de polyhydrocarbures fluorés par exemple).

1.2.12 Système de prélèvement d'hydrocarbures − Moteurs diesel

1.2.12.1 Le système de prélèvement d'hydrocarbures se compose d'une sonde, d'une conduite, d'un filtre et d'une pompe de prélèvement chauffés. La sonde de prélèvement doit être mise en place à la même distance de l'orifice d'entrée des gaz d'échappement que la sonde de prélèvement des particules, de façon à éviter une interaction entre prélèvements. Elle doit avoir un diamètre intérieur d'au moins 4 mm.

1.2.12.2 Tous les éléments chauffés doivent être maintenus par le système de chauffage à une température de 463 K (190 °C) ± 10 K.

1.2.12.3 La concentration moyenne des hydrocarbures mesurés est déterminée par intégration.

1.2.12.4 La conduite doit être munie d'un filtre chauffé (F_H) d'une efficacité de 99 % pour les particules ≥ 0,3 µm, servant à extraire les particules solides du flux continu de gaz utilisé pour l'analyse.

1.2.12.5 Le temps de réponse du système de prélèvement (de la sonde à l'entrée de l'analyseur) doit être inférieur à 4 s.

1.2.12.6 Le détecteur à ionisation de flamme chauffé (HFID) doit être utilisé avec système à débit constant (échangeur de chaleur) pour assurer un prélèvement représentatif, à moins qu'il n'existe une compensation pour la variation du débit des systèmes CFV ou CFO.

1.3 Prescriptions concernant l'analyse des gaz

1.3.1 Monoxyde de carbone (CO) et dioxyde de carbone (CO_2):

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

1.3.2 Hydrocarbures (HC) − moteurs à allumage commandé:

L'analyseur doit être du type à ionisation de flamme (FID) étalonné au propane exprimé en équivalent d'atomes de carbone (C_1).

1.3.3 Hydrocarbures (HC) − véhicules à moteurs à allumage par compression:

Hydrocarbures (HC) − véhicules à moteurs à allumage par compression: l'analyseur doit être du type à ionisation de flamme, avec détecteur, vannes, tuyauteries, etc., chauffés à 463 K (190 °C) ± 10 K (HFID). Il est étalonné au propane exprimé en équivalent atomes de carbone (C_1).

1.3.4 Oxydes d'azote (NO_x)

L'analyseur doit être soit du type à chimiluminescence (CLA) avec convertisseur NO_x/NO, soit du type non dispersif à absorption de résonance dans l'ultraviolet (NDUVR), avec convertisseur NO_x/NO dans les deux cas.

1.3.5 Les analyseurs doivent avoir une étendue de mesure compatible avec la précision requise pour la mesure des concentrations de polluants dans les échantillons de gaz d'échappement.

1.3.6 L'erreur de mesure ne doit pas être supérieure à ± 2 % (erreur intrinsèque de l'analyseur) compte non tenu de la vraie valeur des gaz d'étalonnage.

1.3.7 Pour les concentrations inférieures à 100 ppm, l'erreur de mesure ne doit pas être supérieure à ± 2 ppm.

1.3.8 L'analyse de l'échantillon d'air ambiant est exécutée sur le même analyseur et sur la même gamme de mesure que celle de l'échantillon correspondant de gaz d'échappement dilués.

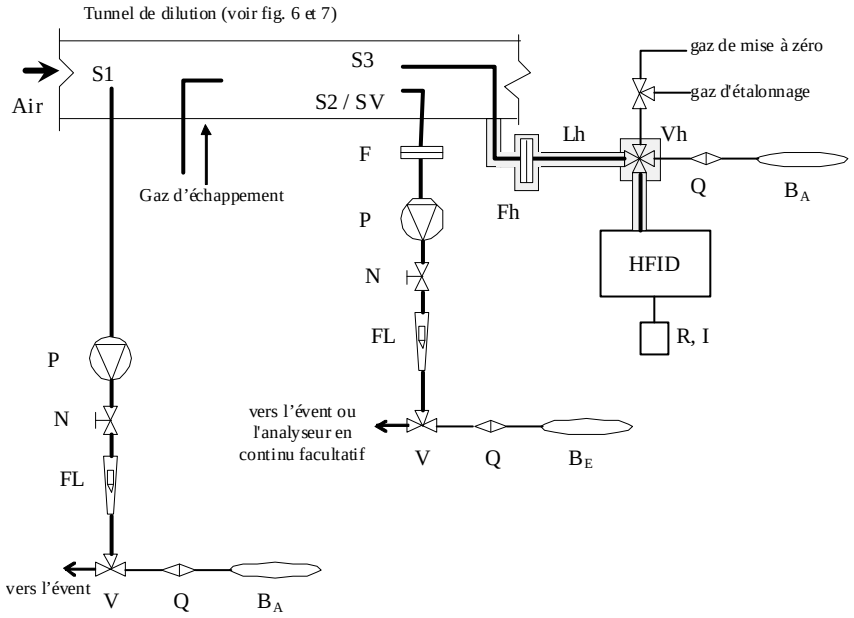
1.3.9 Aucun dispositif de séchage du gaz ne doit être utilisé en amont des analyseurs, à moins qu'il ne soit démontré qu'il n'a aucun effet sur la teneur en polluants du flux de gaz.

1.4 Description du système recommandé

La figure 10 est un schéma de principe du système de prélèvement des émissions gazeuses.

Figure 10

Schéma du système de prélèvement des émissions gazeuses



Le système se compose des éléments suivants:

1.4.1 Deux sondes de prélèvement (S_1 et S_2) permettant de prélever des échantillons constants de l'air de dilution et du mélange dilué gaz d'échappement/air;

1.4.2 Un filtre (F) servant à extraire les particules solides des gaz prélevés pour l'analyse;

1.4.3 Des pompes (P), servant à prélever un débit constant d'air de dilution ainsi que de mélange dilué gaz d'échappement/air pendant l'essai;

1.4.4 Des régulateurs de débit (N) servant à maintenir constant le débit du prélèvement de gaz au cours de l'essai par les sondes de prélèvement S_1 et S_2 (pour le système) PDP-CVS; ce débit doit être tel qu'à la fin de l'essai, on dispose d'échantillons de dimension suffisante pour l'analyse (environ 10 l/mn);

1.4.5 Des débitmètres (FL) pour le réglage et le contrôle de la constance du débit des prélèvements de gaz au cours de l'essai;

1.4.6 Des vannes à action rapide (V) servant à diriger le débit constant d'échantillons de gaz soit vers les sacs de prélèvement, soit vers l'atmosphère;

1.4.7 Des raccords étanches aux gaz à verrouillage rapide (Q) intercalés entre les vannes à action rapide et les sacs de prélèvement. Le raccord doit s'obturer automatiquement du côté sac. D'autres méthodes pour acheminer l'échantillon jusqu'à l'analyseur peuvent être utilisées (robinets d'arrêt à trois voies, par exemple);

1.4.8 Des sacs (B) pour la collecte des échantillons de gaz d'échappement dilués et d'air de dilution pendant l'essai;

1.4.9 Un Venturi de prélèvement (SV) à écoulement critique, permettant de prélever des échantillons proportionnels de gaz d'échappement dilués à la sonde de prélèvement S_2 A(CFV-CVS uniquement);

1.4.10 Un épurateur (PS) dans la conduite de prélèvement (CFV-CVS uniquement);

1.4.11 Éléments pour le prélèvement des échantillons d'hydrocarbures au moyen d'un analyseur à ionisation de flamme chauffé (HFID):

Fh	=	filtre chauffé,
S_3	=	point de prélèvement à proximité de la chambre de mélange,
V_h	=	vanne multivoies chauffée,
Q	=	raccord rapide permettant d'analyser l'échantillon d'air ambiant B_A sur le détecteur HFID,
FID	=	analyseur à ionisation de flamme chauffé,
R et I	=	appareils d'intégration et d'enregistrement des concentrations instantanées d'hydrocarbures,
L_h	=	conduite de prélèvement chauffée.

2. PROCÉDURES D'ÉTALONNAGE

2.1 Procédure d'étalonnage des analyseurs

2.1.1 Chaque analyseur doit être étalonné aussi souvent qu'il est nécessaire et en tout cas au cours du mois précédent l'essai d'homologation de type, ainsi qu'une fois au moins tous les six mois pour le contrôle de la conformité de production.

2.1.2 Chaque gamme de mesure normalement utilisée doit être étalonnée par la méthode définie ci-après.

2.1.2.1 On détermine la courbe d'étalonnage sur cinq points au moins d'étalonnage, dont l'espacement doit être aussi uniforme que possible. La concentration nominale du gaz d'étalonnage à la plus forte concentration doit être au moins égale à 80 % de la pleine échelle.

2.1.2.2 La concentration du gaz d'étalonnage prescrite peut être obtenue avec un mélangeur doseur de gaz, par dilution avec de l'azote purifié ou avec de l'air synthétique purifié. La justesse du dispositif mélangeur doit être telle que la teneur des gaz d'étalonnage dilués puisse être déterminée à ± 2 % près.

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

2.1.2.4 La courbe d'étalonnage ne doit pas s'écarter de plus de 2 % de la valeur nominale de chaque gaz d'étalonnage.

2.1.3 Tracé de la courbe d'étalonnage

Le tracé de la courbe d'étalonnage et des points d'étalonnage permet de vérifier l'exécution correcte de l'étalonnage. Les différents paramètres caractéristiques de l'analyseur doivent être indiqués, notamment:

- L'échelle;
- La sensibilité;
- Le zéro;
- La date de l'étalonnage.

2.1.4 D'autres techniques (utilisation d'un calculateur, commutation de gamme électronique, etc.) peuvent être appliquées, s'il est démontré à la satisfaction du service technique qu'elles offrent une précision équivalente.

2.2 Procédure de vérification de l'analyseur

2.2.1 Chaque gamme de mesure normalement utilisée doit être vérifiée avant chaque analyse conformément aux prescriptions ci-après.

2.2.2 On vérifie l'étalonnage en utilisant un gaz de mise à zéro et un gaz d'étalonnage dont la valeur nominale est comprise entre 80 et 95 % de la valeur que l'on est censé analyser.

2.2.3 Si, pour les deux points considérés, l'écart entre la valeur théorique et celle obtenue au moment de la vérification n'est pas supérieur à ± 5 % de la pleine échelle, on peut réajuster les paramètres de réglage. Dans le cas contraire, on doit refaire une courbe d'étalonnage conformément au paragraphe 1 du présent appendice.

2.2.4 Après l'essai, le gaz de mise à zéro et le même gaz d'étalonnage sont utilisés pour un nouveau contrôle. L'analyse est considérée comme valable si l'écart entre les deux mesures est inférieur à 2 %.

2.3 Contrôle du détecteur à ionisation de flamme: réponse aux hydrocarbures

2.3.1 Optimisation de la réponse du détecteur

Le détecteur doit être réglé selon les instructions fournies par le fabricant. Pour optimiser la réponse dans la gamme de détection la plus courante, on utilisera un mélange propane-air.

2.3.2 Étalonnage de l'analyseur d'hydrocarbures

L'analyseur devrait être étalonné au moyen d'un mélange propane-air et de l'air synthétique purifié (voir le paragraphe 3 du présent appendice).

Établir la courbe d'étalonnage comme indiqué au paragraphe 2.1 du présent appendice.

2.3.3 Facteurs de réponse pour les différents hydrocarbures et limites recommandées

Le facteur de réponse (Rf), pour un hydrocarbure déterminé, s'exprime par le rapport entre l'indication C_1 donnée par le détecteur et la concentration du gaz d'étalonnage exprimée en ppm de C_1.

La concentration du gaz d'essai doit être suffisante pour donner une réponse correspondant à environ 80 % de la déviation totale, pour la gamme de sensibilité choisie. La concentration doit être connue à ± 2 % près par rapport à un étalon gravimétrique exprimé en volume. En outre, les bouteilles de gaz doivent être conditionnées pendant 24 h entre 293 et 303 K (20 et 30 °C) avant de commencer la vérification.

Les facteurs de réponse sont déterminés lors de la mise en service de l'analyseur et à des intervalles correspondant aux opérations d'entretien principales. Les gaz d'essai à utiliser et les facteurs de réponse recommandés sont les suivants:

Méthane et air purifié: $1{,}00 < Rf < 1{,}15$

ou $1{,}00 < Rf < 1{,}05$ pour les véhicules fonctionnant au GN

Propylène et air purifié: $0{,}90 < Rf < 1{,}00$

Toluène et air purifié: $0{,}90 < Rf < 1{,}00$

Le facteur de réponse (Rf) de 1,00 correspondant au propane-air purifié.

2.3.4 Contrôle de l'interaction avec l'oxygène et limites recommandées

Le facteur de réponse doit être déterminé comme décrit au paragraphe 2.3.3 ci-dessus. Le gaz à utiliser et la gamme du facteur de réponse sont:

Propane et azote: $0{,}95 < Rf < 1{,}05$

2.4 Essai d'efficacité du convertisseur de NO_x

L'efficacité du convertisseur utilisé pour la conversion de NO_2 et NO doit être contrôlée.

Ce contrôle peut s'effectuer avec un ozoniseur conformément au montage d'essai présenté à la figure 11 et à la procédure décrite ci-après.

2.4.1 On étalonne l'analyseur sur la gamme la plus couramment utilisée conformément aux instructions du fabricant avec des gaz de mise à zéro et d'étalonnage (ce dernier doit avoir une teneur en NO correspondant à 80 % environ de la pleine échelle, et la concentration de NO_2 dans le mélange de gaz doit être inférieure à 5 % de la concentration de NO). On doit régler l'analyseur de NO_x sur le mode NO, de telle manière que le gaz d'étalonnage ne passe pas dans le convertisseur. On enregistre la concentration affichée.

2.4.2 Par un raccord en T, on ajoute de manière continue de l'oxygène ou de l'air synthétique au courant de gaz étalon jusqu'à ce que la concentration affichée soit d'environ 10 % inférieure à la concentration d'étalonnage affichée telle qu'elle est spécifiée au paragraphe 2.4.1 du présent appendice. On enregistre la concentration affichée (C). L'ozoniseur doit demeurer hors fonction pendant toute cette opération.

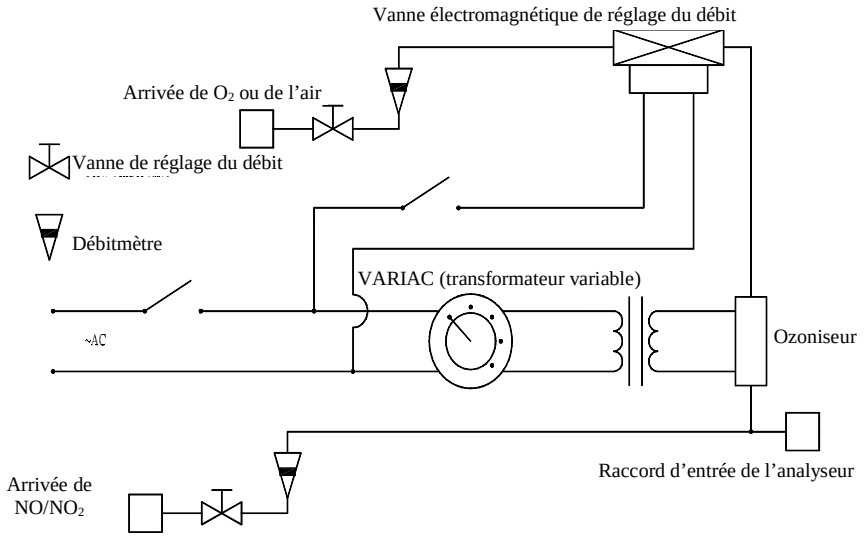
2.4.3 On met alors l'ozoniseur en fonction de manière à produire suffisamment d'ozone pour faire tomber la concentration de NO à 20 % (valeur minimale 10 %) de la concentration d'étalonnage spécifiée au paragraphe 2.4.1 ci-dessus. Onenregistre la concentration affichée (d).

2.4.4 On commute alors l'analyseur sur le mode NO_x, et le mélange de gaz (constitué de NO, NO_2, O_2 et N_2) traverse désormais le convertisseur. On enregistre la concentration affichée (a).

2.4.5 On met ensuite l'ozoniseur hors fonction. Le mélange de gaz défini au paragraphe 2.4.2 ci-dessus traverse le convertisseur puis passe le détecteur. On enregistre la concentration affichée (b).

Figure 11

Configuration de l'essai d'efficacité du convertisseur de NO_x



2.4.6 L'ozoniseur étant toujours hors fonction, on coupe aussi l'arrivée d'oxygène ou d'air synthétique. La valeur de NO_x affichée par l'analyseur ne doit pas alors être supérieure de plus de 5 % à la valeur spécifiée au paragraphe 2.4.1 ci-dessus.

2.4.7 L'efficacité du convertisseur de NO_x est calculée comme suit:

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

2.4.8 La valeur ainsi obtenue ne doit pas être inférieure à 95 %.

2.4.9 Le contrôle de l'efficacité doit être fait au moins une fois par semaine.

3. GAZ DE RÉFÉRENCE

3.1 Gaz purs

Les gaz purs utilisés selon le cas pour l'étalonnage et l'utilisation de l'appareillage doivent répondre aux conditions suivantes:

Azote purifié: (pureté ≤ 1 ppm C, ≤ 1 ppm CO, ≤ 400 ppm CO_2 et ≤ 0,1 ppm NO);

Air synthétique purifié: (pureté ≤ 1 ppm C, ≤ 1 ppm CO, ≤ 400 ppm CO_2, ≤ 0,1 ppm NO); concentration d'oxygène de 18 à 21 % en volume;

Oxygène purifié: (pureté > 99,5 % O_2 en volume);

Hydrogène purifié (et mélange contenant de l'hélium): (pureté ≤ 1 ppm C, ≤ 400 ppm CO_2);

Monoxyde de carbone: (pureté minimale 99,5 %);

Propane: (pureté minimale 99,5 %).

3.2 Gaz d'étalonnage

Les mélanges de gaz utilisés pour l'étalonnage doivent avoir la composition chimique spécifiée ci-après:

a) C_3H_8 et air synthétique purifié (voir par. 3.1 ci-dessus);
b) CO et azote purifié;
c) CO_2 et azote purifié.

NO et azote purifié. (La proportion de NO_2 contenu dans ce gaz d'étalonnage ne doit pas dépasser 5 % de la teneur en NO.)

La concentration réelle d'un gaz d'étalonnage doit être conforme à la valeur nominale à ± 2 % près.

Appendice 4

APPAREILLAGE DE MESURE DE LA MASSE
DES PARTICULES ÉMISES

1. DESCRIPTION

1.1 Vue d'ensemble du système

1.1.1 Le dispositif de prélèvement de l'échantillon de mesure des particules se compose d'une sonde de prélèvement située dans le tunnel de dilution, d'un tube pour le transfert des échantillons de particules, d'un porte-filtre, d'une pompe à flux partiel, de régulateurs de débit et de débitmètres.

1.1.2 Il est recommandé d'utiliser, en amont du porte-filtre, un séparateur primaire (type pot à poussières ou cyclone, par exemple). Toutefois, on peut également utiliser une sonde de prélèvement fonctionnant comme un dispositif approprié de préclassification, comme celle qui est montrée à la figure 13.

1.2 Prescriptions générales

1.2.1 La sonde de prélèvement du flux de gaz dans lequel les particules sont prélevées doit être disposée dans le canal de dilution de façon à permettre le prélèvement d'un flux de gaz représentatif du mélange air/gaz d'échappement homogène.

1.2.2 Le débit de l'échantillon de mesure des particules doit être proportionnel au flux total de gaz d'échappement dilués dans le tunnel de dilution avec une tolérance de ± 5 %.

1.2.3 Les gaz d'échappement dilués prélevés doivent être maintenus à une température inférieure à 325 K (52 °C) dans les 20 cm situés en amont ou en aval de l'avant du filtre à particules, sauf dans le cas d'un essai de régénération. Dans ce cas la température doit être inférieure à 192 °C.

1.2.4 L'échantillon de mesure des particules doit être prélevé sur un seul filtre monté sur un support dans les gaz d'échappement dilués prélevés.

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

1.2.6 Si une compensation des variations de débit n'est pas possible, on doit prévoir un échangeur de chaleur et un dispositif de régulation des températures ayant les caractéristiques spécifiées à l'appendice 2 pour garantir la constance du débit dans le système et, de ce fait, la proportionnalité du débit de prélèvement.

1.3 Prescriptions particulières

1.3.1 Sonde de prélèvement des particules

1.3.1.1 La sonde de prélèvement doit avoir, en matière de classification granulométrique des particules, l'efficacité décrite au paragraphe 1.3.1.4. Pour parvenir à cette efficacité, il est recommandé d'utiliser une sonde à arêtes vives et à tube ouvert face dirigée vers l'amont ainsi qu'un séparateur primaire (type pot à poussières ou cyclone, etc.). On peut également utiliser une sonde de prélèvement telle que celle qui est décrite à la figure 13 à condition qu'elle parvienne, en matière de préclassification, à l'efficacité décrite au paragraphe 1.3.1.4.

1.3.1.2 La sonde de prélèvement doit être installée à proximité de l'axe du tunnel, à une distance comprise entre 10 et 20 diamètres du tunnel en aval du flux à partir de l'entrée des gaz d'échappement, et doit avoir un diamètre intérieur d'au moins 12 mm.

Si plusieurs échantillons sont prélevés simultanément à partir d'une sonde de prélèvement unique, le débit prélevé à partir de cette sonde doit être divisé en débits fractionnels égaux afin d'éviter tout effet de biais sur le prélèvement.

Si l'on utilise plusieurs sondes, chacune doit avoir des arêtes vives, une extrémité ouverte et doit être orientée vers l'amont. Les sondes doivent être également espacées autour de l'axe longitudinal central du tunnel de dilution, l'espace entre deux sondes devant être au moins de 5 cm.

1.3.1.3 La distance entre la pointe de la sonde de prélèvement et le porte-filtre doit être égale à au moins cinq fois le diamètre de la sonde, sans toutefois dépasser 1 020 mm.

1.3.1.4 Le séparateur granulométrique primaire (par exemple, type pot à poussières ou cyclone) doit être placé en amont du porte-filtre. Son point de coupure à 50 % doit être compris entre 2,5 μm et 10 μm au débit volumique choisi pour le prélèvement des particules. Le séparateur primaire doit laisser passer au moins 99 % des particules de 1 μm au débit volumique choisi pour le prélèvement des particules émises. Toutefois, une sonde de prélèvement agissant comme un dispositif approprié de préclassification, telle que celle montrée à la figure 13, peut remplacer le séparateur primaire.

1.3.2 Pompe de prélèvement et débitmètre

1.3.2.1 Le dispositif de mesure du flux de gaz d'essai se compose de pompes, de régulateurs de débit et de débitmètres.

1.3.2.2 La température du flux de gaz au niveau du débitmètre ne doit pas varier de plus de ± 3 K sauf pendant les essais de régénération sur les véhicules équipés de dispositifs de traitement aval à régénération discontinue. En outre, le débit-masse de prélèvement doit rester proportionnel au flux total des gaz d'échappement dilués avec une tolérance de ± 5 % du débit-masse de particules collecté. Lorsqu'il se produit une modification inadmissible du débit en raison d'une charge trop élevée du filtre, l'essai doit être interrompu. Lors de la répétition de l'essai, il y a lieu de prévoir un débit moins important.

1.3.3 Filtre et porte-filtre

1.3.3.1 Une soupape doit être placée en aval du filtre dans la direction du flux. La valve doit s'ouvrir et se fermer dans la seconde suivant le début et la fin de l'essai.

1.3.3.2 Il est recommandé que la masse collectée sur le filtre de diamètre 47 mm (P_e) soit ≥ 20 μg et que la charge du filtre soit maximisée conformément aux prescriptions des paragraphes 1.2.3 et 1.3.3.

1.3.3.3 Pour un essai donné, il faut attribuer à la vitesse à laquelle le gaz entre dans le filtre une valeur unique comprise entre 20 cm/s et 80 cm/s à moins que le système de dilution ne fonctionne avec un flux de prélèvement proportionnel au débit du dispositif de prélèvement à volume constant.

1.3.3.4 Des filtres en fibre de verre revêtus de fluorocarbone ou des filtres à membranes à base de fluorocarbone sont nécessaires. Quel que soit le type, le filtre doit avoir un coefficient de rétention des particules de DOP (di-octylphthalate) de 0,3 μm d'au moins 99 % à une vitesse d'entrée d'au moins 35 cm/s.

1.3.3.5 Le porte-filtre doit être conçu de manière à assurer une répartition régulière du flux sur toute la surface utile du filtre. La surface utile du filtre doit être au minimum de 1 075 mm^2.

1.3.4 Chambre de pesage des filtres et balance

1.3.4.1 La microbalance utilisée pour déterminer le poids des filtres doit avoir une précision (écart type) de 2 μg et une résolution de 1 μg ou mieux.

Il est recommandé de vérifier la microbalance au début de chaque session de pesage au moyen d'un poids de référence de 50 mg. On pèse ce poids à trois reprises et on enregistre la moyenne des résultats de ces trois pesées. Si cette moyenne est à ± 5 μg près la même que celle obtenue lors de la précédente session de pesage, la session de pesage et la balance sont considérées comme valides.

La chambre (ou le local) de pesage doit répondre aux conditions suivantes pendant toutes les opérations de conditionnement et de pesée du filtre:

Température maintenue à 295 ± 3 K (22 ± 3 °C);

Humidité relative maintenue à 45 ± 8 %;

Point de rosée maintenu à 9,5 °C ± 3 °C.

Il est recommandé d'enregistrer les conditions de température et d'humidité en même temps que les poids de l'échantillon et du filtre de référence.

1.3.4.2 Correction des effets de flottabilité

Le poids de chaque filtre doit être corrigé en fonction de la flottabilité du filtre dans l'air.

La correction de flottabilité dépend de la densité du matériau filtrant, de la densité de l'air et de la densité du poids de référence utilisé pour étalonner la balance. La densité de l'air est fonction de la pression, de la température et de l'humidité.

Il est recommandé de maintenir la température et le point de rosée dans la chambre de pesage à 22 °C ± 1 °C et 9,5 °C ± 1 °C respectivement. Toutefois, les prescriptions minimales énoncées au paragraphe 1.3.4.1 se traduiront aussi par une correction acceptable des effets de flottabilité. La correction des effets de flottabilité se calcule au moyen de la formule suivante:

$$m_{corr} = m_{non\ corr} \bullet \left(1 - \left((\rho_{air}) / (\rho_{poids})\right)\right) / \left(1 - \left((\rho_{air}) / (\rho_{matériau\ filtrant})\right)\right)$$

où:

m_{corr}	=	masse des matières particulaires corrigée des effets de flottabilité
$m_{non\ corr}$	=	masse des matières particulaires non corrigée des effets de flottabilité
ρ_{air}	=	masse volumique de l'air ambiant à proximité de la balance
ρ_{poids}	=	masse volumique du poids étalon utilisé pour étalonner la balance
$\rho_{matériau\ filtrant}$	=	masse volumique du matériau filtrant (filtre) conformément au tableau ci-dessous:

Matériau filtrant	ρ_{media}
Filtre en fibre de verre revêtu de téflon (par exemple TX40)	2 300 kg/m^3

ρ_{air} peut être calculé comme suit:

$$\rho_{air} = \frac{P_{abs} \cdot M_{mix}}{R \cdot T_{amb}}$$

où:

P_{abs} = pression absolue à proximité de la balance

M_{mix} = masse molaire de l'air à proximité de la balance (28,836 gmol^{-1})

R = constante molaire des gaz (8,314 Jmol^{-1}K^{-1})

T_{amb} = température ambiante absolue de l'air à proximité de la balance.

L'atmosphère de la chambre doit être exempte de tout contaminant ambiant (poussières, par exemple) pouvant se déposer sur les filtres au cours de la phase de stabilisation.

Des écarts limités par rapport aux conditions de température et d'humidité prescrites pour la chambre de pesage sont tolérés si leur durée totale ne dépasse pas 30 mn pendant l'une quelconque des périodes de conditionnement du filtre. La chambre de pesage devrait en tout cas satisfaire aux conditions prescrites avant toute entrée de personnel dans la chambre. Pendant l'opération de pesage, aucun écart par rapport aux conditions prescrites n'est admis.

1.3.4.3 Les effets de l'électricité statique doivent être annulés. Pour ce faire, on peut soit mettre la balance à la terre en la plaçant sur un tapis antistatique et en neutralisant les filtres à particules avant le pesage au moyen d'un neutraliseur au polonium ou par un autre moyen également efficace, soit égaliser la charge statique.

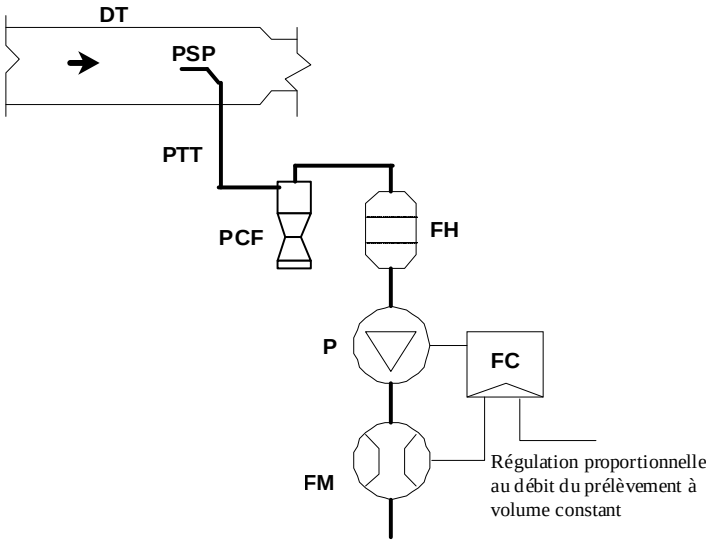
1.3.4.4 Les filtres d'essai sont retirés de l'enceinte au plus tôt une heure avant le début de l'essai.

1.4 Description du système recommandé

La figure 12 est un schéma de principe du système recommandé pour le prélèvement des particules. Des configurations différentes pouvant donner des résultats équivalents, la stricte conformité à la figure 12 n'est pas exigée. Des éléments additionnels tels qu'appareils de mesure, robinets, solénoïdes, pompes et commutateurs peuvent être utilisés pour obtenir d'autres informations et pour coordonner les fonctions des divers systèmes constituant l'ensemble. D'autres éléments qui, dans certains systèmes, ne sont pas nécessaires pour garantir la précision peuvent être omis si cela est compatible avec les règles de l'art.

Figure 12

Système de prélèvement des particules



Un échantillon de gaz d'échappement dilués est prélevé dans le tunnel de dilution de flux total DT par l'intermédiaire de la sonde PSP et du tube de transfert de l'échantillon de particules PTT au moyen de la pompe de prélèvement P. L'échantillon traverse un séparateur granulométrique primaire PCF et le(s) porte-filtre(s) FH qui contiennent les filtres à particules. Le débit est réglé par le régulateur de débit FC.

2. PROCÉDURES D'ÉTALONNAGE ET DE VÉRIFICATION

2.1 Étalonnage du débitmètre

Le service technique vérifie l'existence d'un certificat d'étalonnage du débitmètre attestant la conformité du débitmètre à une norme identifiable et établi dans les 12 mois précédant l'essai ou après que le débitmètre a fait l'objet d'une réparation ou d'une modification susceptible d'influer sur l'étalonnage.

2.2 Étalonnage de la microbalance

Le service technique vérifie l'existence d'un certificat d'étalonnage de la microbalance attestant la conformité de la microbalance à une norme identifiable et établi dans les 12 mois précédant l'essai.

2.3 Pesage du filtre de référence

Pour déterminer les poids spécifiques des filtres de référence, au moins deux filtres de référence non utilisés doivent être pesés, de préférence en même temps que les filtres de prélèvement, mais en tout cas dans un délai maximum de 8 h à compter du pesage des filtres de prélèvement. Les filtres de référence doivent être de la même dimension et du même matériau que les filtres de prélèvement.

Si le poids spécifique d'un filtre de référence varie de plus de ± 5μg entre les pesages des filtres de prélèvement, le filtre de prélèvement et les filtres de référence doivent alors être reconditionnés dans la chambre de pesage puis pesés une nouvelle fois.

Pour comparer les pesées d'un filtre de référence, on compare les poids spécifiques de ce filtre et la moyenne mobile des poids spécifiques de ce filtre.

La moyenne mobile est calculée à partir des poids spécifiques mesurés pendant la période qui a débuté au moment où les filtres de référence ont été placés dans la chambre de pesage. Cette période ne doit être ni inférieure à un jour ni supérieure à 30 jours.

Le conditionnement et le pesage des filtres de collecte et de référence peuvent être répétés pendant les 80 h qui suivent la mesure des gaz lors de l'essai d'émission.

Si avant l'expiration ou à l'expiration de ce délai de 80 h, plus de la moitié du nombre de filtres de référence satisfont au critère de ± 5 μg, la pesée du filtre de prélèvement peut être considérée comme valide.

Si, à l'expiration du délai de 80 h, deux filtres de référence sont employés et si un filtre ne remplit pas le critère de ± 5 μg, la pesée du filtre de prélèvement peut être considérée comme valide à condition que la somme des différences absolues entre les moyennes spécifiques et les moyennes mobiles des deux filtres de référence soit inférieure ou égale à 10 μg.

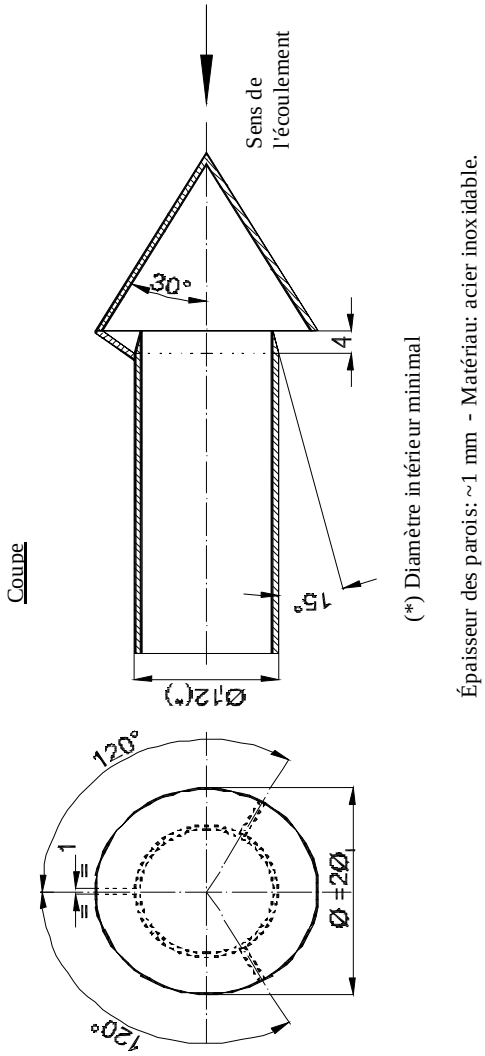
Si moins de la moitié des filtres de référence satisfont au critère de ± 5 μg, le filtre de prélèvement est rejeté et l'essai d'émission est répété. Tous les filtres de référence doivent être rejetés et remplacés dans les 48 h.

Dans tous les autres cas, les filtres de référence doivent être remplacés au moins tous les 30 jours et de telle manière qu'aucun filtre de prélèvement ne soit pesé sans être comparé à un filtre de référence présent dans la chambre de pesage depuis au moins un jour.

Si les critères de stabilité des conditions dans la chambre de pesage énoncés au paragraphe 1.3.4 ne sont pas respectés, mais si les pesées des filtres de référence satisfont aux critères ci-dessus, le constructeur du véhicule peut, à son choix, accepter la pesée des filtres de prélèvement ou déclarer les essais nuls, faire réparer le système de conditionnement de la chambre de pesage et procéder à un nouvel essai.

Figure 13

Configuration de la sonde de prélèvement des particules



Appendice 5

APPAREILLAGE DE MESURE DU NOMBRE
DE PARTICULES ÉMISES

1. DESCRIPTION

1.1 Vue d'ensemble du système

1.1.1 Le système de prélèvement des particules se compose d'un tunnel de dilution, d'une sonde de prélèvement et d'un séparateur de particules volatiles (VPR) en amont d'un compteur du nombre de particules (PNC), et d'un tube de transfert approprié.

1.1.2 Il est recommandé de placer, avant l'entrée du séparateur de particules volatiles, un séparateur primaire (type pot à poussières ou cyclone par exemple). Toutefois, on peut également utiliser une sonde de prélèvement fonctionnant comme un dispositif approprié de préclassification granulométrique, comme celle qui est montrée à la figure 13.

1.2 Prescriptions générales

1.2.1 Le point de prélèvement des particules doit être situé dans le tunnel de dilution.

La sonde de prélèvement (PSP) et le tube de transfert des particules (PTT) constituent le système de transfert des particules (PTS). Le PTS achemine l'échantillon prélevé dans le tunnel de dilution jusqu'à l'entrée du VPR. Le PTS doit remplir les conditions suivantes:

La sonde doit être installée à proximité de l'axe du tunnel, à une distance de l'entrée des gaz comprise entre 10 et 20 diamètres de tunnel, être dirigée vers l'amont, l'axe de son extrémité étant parallèle à l'axe du tunnel de dilution.

Son diamètre intérieur doit être ≥ 8 mm.

L'échantillon de gaz prélevé dans le PTS doit remplir les conditions suivantes:

Son écoulement turbulent (nombre de Reynolds) doit être < 1 700;

Son temps de séjour dans le PTS doit être ≤ 3 s.

Toute autre configuration de prélèvement du PTS pour laquelle il peut être démontré que la pénétration des particules de 30 nm est équivalente est considérée comme satisfaisante.

Le tuyau de sortie (OT) acheminant l'échantillon dilué du VPR vers l'entrée du PNC doit avoir les caractéristiques suivantes:

Son diamètre interne doit être ≥ 4 mm;

Le temps de séjour dans le tuyau de sortie OT du gaz prélevé doit être ≤ 0,8 s.

Toute autre configuration de prélèvement de l'OT pour laquelle il peut être démontré que la pénétration des particules de 30 nm est équivalente est considérée comme satisfaisante.

1.2.2 Le VPR doit comprendre des dispositifs pour la dilution de l'échantillon et pour la capture des particules volatiles. La sonde de prélèvement du flux de gaz dans lequel les particules sont prélevées doit être disposée dans le canal de dilution de façon à permettre le prélèvement d'un flux de gaz représentatif du mélange air/gaz d'échappement homogène.

1.2.3 Tous les éléments du système de dilution et du système de prélèvement compris entre le tuyau d'échappement et le PNC qui entrent en contact avec les gaz d'échappement bruts et dilués doivent être conçus pour réduire le plus possible les dépôts de particules. Ils doivent être réalisés en matériaux électriquement conducteurs qui ne réagissent pas avec les constituants des gaz d'échappement, et ils doivent être mis à la masse électriquement pour prévenir les effets électrostatiques.

1.2.4 Le système de prélèvement des particules doit satisfaire aux critères de bonnes pratiques en matière de prélèvement d'aérosols et notamment ne pas comporter de coudes prononcés ni de changements brusques dans la section transversale, comporter des surfaces internes lisses et avoir une tuyauterie de prélèvement la plus courte possible. Des variations graduelles dans la section transversale sont acceptables.

1.3 Prescriptions particulières

1.3.1 L'échantillon de particules ne doit pas passer à travers une pompe avant de passer à travers le PNC.

1.3.2 Il est recommandé d'utiliser un séparateur primaire.

1.3.3 L'unité de préconditionnement de l'échantillon doit:

1.3.3.1 Être capable de diluer l'échantillon en une ou plusieurs étapes pour, d'une part, abaisser la concentration en nombre de particules inférieure au-dessous du seuil à partir duquel le PNC ne peut plus fonctionner en mode de comptage particule par particule et, d'autre part, faire descendre la température du gaz au-dessous de 35 °C à l'entrée du PNC;

1.3.3.2 Comprendre une étape initiale de dilution chauffée à l'issue de laquelle la température de l'échantillon est ≥ 150 °C et ≤ 400 °C et l'échantillon dilué d'un facteur 10 au minimum;

1.3.3.3 Obtenir un facteur de réduction de la concentration des particules ($f_r(d_i)$), tel qu'il est défini au paragraphe 2.2.2, pour des particules dont le diamètre de mobilité électrique est de 30 nm et 50 nm, qui ne soit pas supérieur de plus de 30 % et de plus de 20 % respectivement ni inférieur de plus de 5 % à celui obtenu pour des particules ayant un diamètre de mobilité électrique de 100 nm, pour l'ensemble du VPR.

1.3.3.4 Obtenir aussi une vaporisation > 99,0 % de particules de tétracontane ($CH_3(CH_2)_{38}CH_3$) de 30 nm, avec une concentration à l'entrée ≥ 10 000 cm^{-3}, par chauffage et réduction des pressions partielles du tétracontane.

1.3.4 Le PNC doit:

1.3.4.1 Fonctionner en flux total;

1.3.4.2 Effectuer le comptage avec une justesse de ± 10 % dans la plage comprise entre 1 cm^{-3} et le seuil à partir duquel le PNC ne fonctionne plus en mode comptage particule par particule selon une norme identifiable. À des concentrations inférieures à 100 cm^{-3}, des mesures dont la moyenne est calculée sur des périodes de prélèvement de longue durée peuvent être exigées pour démontrer la précision du PNC avec un degré de fiabilité statistique élevé;

1.3.4.3 Avoir une précision de lecture d'au moins 0,1 particules/cm^{-3} à des concentrations inférieures à 100 cm^{-3};

1.3.4.4 Avoir une réponse linéaire aux concentrations de particules sur la totalité de la plage de mesure en mode de comptage particule par particule;

1.3.4.5 Avoir une fréquence de communication des données égale ou supérieure à 0,5 Hz;

1.3.4.6 Avoir un temps de réponse T90 sur la plage de mesure des concentrations de moins de 5 s;

1.3.4.7 Comporter une fonction de correction de coïncidence jusqu'à une correction maximale de 10 % et pouvoir appliquer un facteur d'étalonnage interne comme indiqué au paragraphe 2.1.3 mais n'utiliser aucun autre algorithme pour corriger ou définir l'efficacité du comptage;

1.3.4.8 Avoir une efficacité de comptage de 50 % (± 12 %) pour les particules ayant un diamètre de mobilité électrique de 23 nm (± 1 nm) et de plus de 90 % pour les particules ayant un diamètre de mobilité électrique de 41 nm (± 1 nm). Ces efficacités de comptage peuvent être obtenues par des moyens internes (par exemple conception appropriée des instruments) ou externes (par exemple préclassificateur granulométrique).

1.3.4.9 Si le PNC fonctionne avec un liquide, celui-ci doit être remplacé à la fréquence indiquée par le fabricant de l'instrument.

1.3.5 La somme du temps de séjour dans le PTS, le VPR et l'OT et du temps de réponse T90 du PNC ne doit pas dépasser 20 s.

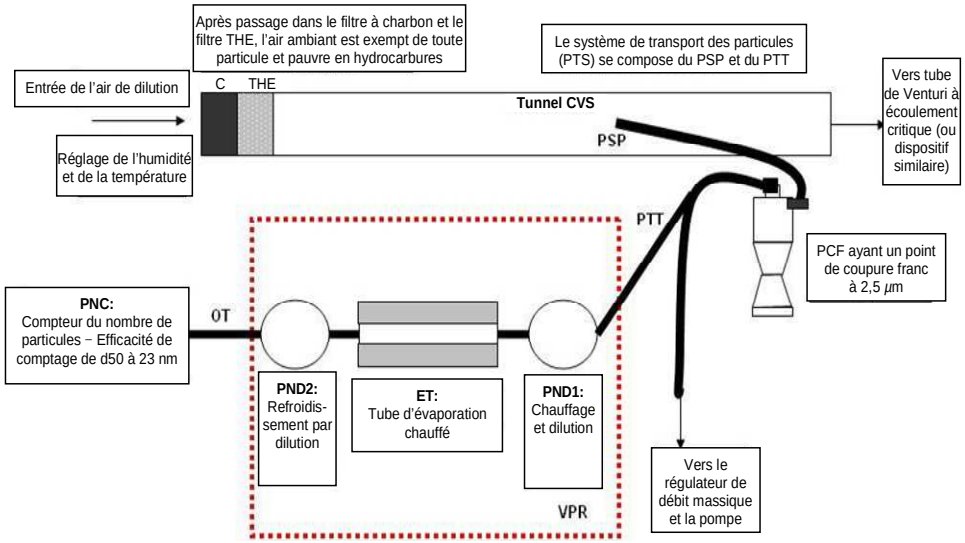
1.4 Description du système recommandé

La présente section décrit la pratique recommandée pour la mesure du nombre de particules. Toutefois, il est possible d'utiliser un autre système à condition qu'il satisfasse aux prescriptions fonctionnelles énoncées aux paragraphes 1.2 et 1.3.

La figure 14 est un schéma de principe du système recommandé pour le prélèvement des particules.

Figure 14

Schéma du système recommandé de prélèvement des particules



1.4.1 Description du système de prélèvement

Le système de prélèvement d'échantillons se compose d'une sonde de prélèvement dans le tunnel de dilution (PSP), d'un tube de transfert des particules (PTT), d'un séparateur primaire (PCF) et d'un séparateur de particules volatiles (VPR) à l'amont du dispositif de mesure du nombre de particules (PNC). Le VPR doit comporter des dispositifs de dilution de l'échantillon (PND_1 et PND_2) et d'évaporation des particules (Tube d'évaporation, ET). La sonde de prélèvement du flux de gaz dans lequel les particules sont prélevées doit être disposée dans le tunnel de dilution de façon à permettre le prélèvement d'un flux de gaz représentatif du mélange air/gaz d'échappement homogène. La somme du temps de séjour dans le système et du temps de réponse T90 du PNC ne doit pas dépasser 20 s.

1.4.2 Système de transfert des particules

La sonde de prélèvement (PSP) et le tube de transfert des particules (PTT) constituent le système de transfert des particules (PTS). Le PTS doit remplir les conditions suivantes:

La sonde doit être installée à proximité de l'axe du tunnel à une distance de l'entrée des gaz comprise entre 10 et 20 diamètres de tunnel, être dirigée vers l'amont, l'axe de son extrémité étant parallèle à l'axe du tunnel de dilution.

Son diamètre intérieur doit être ≥ 8 mm.

Le gaz prélevé dans le PTS doit remplir les conditions suivantes:

Son écoulement turbulent (nombre de Reynolds) doit être < 1 700;

Son temps de séjour dans le PTS doit être ≤ 3 s.

Toute autre configuration de prélèvement du PTS pour laquelle il peut être démontré que la pénétration des particules ayant un diamètre de mobilité électrique de 30 nm est équivalente est considérée comme satisfaisante.

Le tuyau de sortie (OT) acheminant l'échantillon dilué du VPR vers l'entrée du PNC doit avoir les propriétés suivantes:

Son diamètre interne doit être ≥ 4 mm;

Le temps de séjour dans le tuyau de sortie OT du gaz prélevé doit être ≤ 0,8 s.

Toute autre configuration de prélèvement de l'OT pour laquelle il peut être démontré que la pénétration des particules ayant un diamètre de mobilité électrique de 30 nm est équivalente est considérée comme satisfaisante.

1.4.3 Séparateur primaire granulométrique

Le séparateur primaire recommandé doit être installé à l'amont du VPR. Il doit avoir un point de coupure à 50 % compris entre 2,5 μm et 10 μm au débit volumique choisi pour le prélèvement des particules émises. Il doit laisser passer au moins 99 % des particules de 1 μm au débit volumique choisi pour le prélèvement des émissions de particules.

1.4.4 Séparateur de particules volatiles (VPR)

Le VPR se compose d'un dilueur permettant de réduire la concentration en nombre de particules (PND_1), d'un tube d'évaporation et d'un second dilueur (PND_2) montés en série. Cette fonction de dilution a pour objet d'abaisser la concentration en nombre des particules présentes dans l'échantillon entrant dans

le dispositif de mesure de la concentration des particules au-dessous du seuil à partir duquel le PNC ne peut plus fonctionner en mode de comptage particule par particule et de supprimer la nucléation au sein de l'échantillon.

Le VPR doit obtenir aussi une vaporisation > 99,0 % de particules de tétracontane ($CH_3(CH_2)_{38}CH_3$) de 30 nm, avec une concentration à l'entrée ≥ 10 000 cm^{-3}, par chauffage et réduction des pressions partielles du tétracontane. Il doit aussi obtenir un facteur de réduction de la concentration des particules (f_r) pour des particules dont le diamètre de mobilité électrique est de 30 nm et 50 nm, qui ne soit pas supérieur de plus de 30 % et de plus de 20 % respectivement ni inférieur de plus de 5 % à celui obtenu pour des particules ayant un diamètre de mobilité électrique de 100 nm, pour l'ensemble du VPR.

1.4.4.1 Premier dispositif de dilution de la concentration en nombre de particules (PND_1)

Le PND_1 doit être spécialement conçu pour diluer la concentration en nombre de particules et pour fonctionner à une température (de paroi) comprise entre 150 °C et 400 °C. La valeur de consigne de la température de paroi ne doit pas dépasser la température de paroi du tube d'évaporation ET (par. 1.4.4.2). Le dilueur doit être alimenté par de l'air de dilution filtré par un filtre THE et être capable de diviser la concentration de l'échantillon d'un facteur compris entre 10 et 200.

1.4.4.2 Tube d'évaporation

Sur toute la longueur du tube d'évaporation, la température de paroi doit être supérieure ou égale à celle du premier dispositif de dilution de la concentration en nombre de particules et maintenue à une valeur fixe comprise entre 300 °C et 400 °C.

1.4.4.3 Deuxième dispositif de dilution de la concentration en nombre de particules (PND_2)

Le PND_2 doit être spécialement conçu pour diluer la concentration en nombre de particules. Il doit être alimenté par de l'air filtré par un filtre THE et doit être capable de maintenir un facteur de dilution unique compris entre 10 et 30. Le facteur de dilution doit être fixé entre 10 et 15 et être de telle manière que la concentration en nombre de particules à l'aval du deuxième dilueur soit inférieure au seuil à partir duquel le PNC ne peut plus fonctionner en mode de comptage particule par particule et que la température des gaz à l'entrée du PNC soit inférieure à 35 °C.

1.4.5 Compteur du nombre de particules (PNC)

Le PNC doit satisfaire aux prescriptions du paragraphe 1.3.4.

2. ÉTALONNAGE/VALIDATION DU SYSTÈME DE PRÉLÈVEMENT DES PARTICULES[1]

2.1 Étalonnage du compteur du nombre de particules

2.1.1 Le service technique vérifie l'existence d'un certificat d'étalonnage du PNC attestant la conformité du PNC à une norme identifiable et établi dans les 12 mois précédant l'essai.

2.1.2 Après toute nouvelle opération d'entretien importante, le PNC doit être à nouveau étalonné et un nouveau certificat d'étalonnage doit être établi.

2.1.3 L'étalonnage doit être effectué conformément à une méthode d'étalonnage reconnue:

a) Par comparaison de la réponse du PNC à étalonner avec celle d'un électromètre à aérosol étalonné analysant simultanément des particules standard classées en fonction de leur charge électrostatique; ou

b) Par comparaison de la réponse du PNC à étalonner avec celle d'un deuxième PNC qui a été directement étalonné selon la méthode de référence.

Dans le cas de l'électromètre, on procède à l'étalonnage en utilisant au moins six concentrations de référence espacées le plus uniformément possible sur la plage de mesure du PNC. L'un de ces points est le point correspondant à une concentration nominale égale zéro que l'on obtient en raccordant à l'entrée de chaque instrument un filtre THE répondant au minimum à la classe H13 définie dans la norme EN 1822:1998. Aucun facteur d'étalonnage n'étant appliqué au PNC à étalonner, les concentrations mesurées ne doivent pas s'écarter de plus de ± 10 % de la concentration de référence pour chaque concentration utilisée, à l'exception du point zéro. Dans le cas contraire, le PNC doit être rejeté. Le gradient obtenu par régression linéaire des deux ensembles de données doit être calculé et enregistré. Un facteur d'étalonnage égal à l'inverse du gradient est appliqué au PNC à étalonner. On calcule la linéarité de la réponse sur la base du carré du coefficient de corrélation de Pearson (R^2) des deux ensembles de données; elle doit être égale ou supérieure à 0,97. Pour le calcul du gradient et de R^2, on doit faire passer la droite de régression linéaire par l'origine (correspondant à une concentration zéro pour les deux instruments).

Dans le cas du PNC de référence, on procède à l'étalonnage en utilisant au moins six concentrations de référence réparties sur la plage de mesure du PNC. Trois points au moins doivent être à des concentrations inférieures à 1 000 cm^{-3}, les concentrations restantes devant être linéairement espacées entre 1 000 cm^{-3} et la concentration maximale à laquelle le PNC peut fonctionner en mode de

[1] On trouvera à l'adresse suivante des exemples de méthodes d'étalonnage/validation: http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29grpe/pmp19.html.

comptage particule par particule. L'un de ces points est le point correspondant à une concentration nominale égale zéro que l'on obtient en raccordant à l'entrée de chaque instrument un filtre THE répondant au minimum à la classe H13 définie dans la norme EN 1822:1998. Aucun facteur d'étalonnage n'étant appliqué au PNC à étalonner, les concentrations mesurées ne doivent pas s'écarter de plus de ± 10 % de la concentration de référence pour chaque concentration utilisée, à l'exception du point zéro. Dans le cas contraire, le PNC doit être rejeté. Le gradient obtenu par régression linéaire des deux ensembles de données doit être calculé et enregistré. Un facteur d'étalonnage égal à l'inverse du gradient est appliqué au PNC à étalonner. On calcule la linéarité de la réponse sur la base du carré du coefficient de corrélation de Pearson (R^2) des deux ensembles de données; elle doit être égale ou supérieure à 0,97. Pour le calcul du gradient et de R^2, on doit faire passer la droite de régression linéaire par l'origine (correspondant à une concentration zéro pour les deux instruments).

2.1.4 Lors de l'étalonnage, on doit aussi vérifier qu'il est satisfait aux prescriptions du paragraphe 1.3.4.8 concernant l'efficacité avec laquelle le PNC détecte les particules ayant un diamètre de mobilité électrique de 23 nm. Le contrôle de l'efficacité de comptage des particules de 41 nm n'est pas obligatoire.

2.2 Étalonnage/validation du séparateur de particules volatiles (VPR)

2.2.1 Il doit être procédé à l'étalonnage des facteurs de réduction de la concentration de particules applicable au VPR sur toute la plage de réglages de dilution, aux températures de fonctionnement de l'instrument recommandées par le fabricant, lorsque le dispositif est neuf ou après une opération d'entretien importante. La seule obligation concernant la validation périodique du facteur de réduction de la concentration de particules applicable au VPR consiste à effectuer un contrôle dans une seule station d'essai, caractéristique de celles où on procède aux mesures sur les véhicules diesels équipés d'un filtre à particules. Le service technique doit s'assurer qu'il existe un certificat d'étalonnage ou de validation du séparateur de particules volatiles, établi dans les six mois précédant l'essai d'émissions. Si l'instrument est équipé de dispositifs d'alerte pour la surveillance de la température, l'intervalle entre deux validations peut être de 12 mois.

Les caractéristiques du VPR doivent être déterminées quant au facteur de réduction de la concentration de particules avec des particules solides ayant un diamètre de mobilité électrique de 30 nm, 50 nm et 100 nm. Les facteurs de réduction de la concentration de particules ($f_r(d)$) pour les particules d'un diamètre de mobilité électrique de 30 nm et 50 nm ne doivent pas être supérieurs de plus de 30 % et de plus de 20 % respectivement ni inférieurs de plus de 5 % à ceux obtenus pour les particules d'un diamètre de mobilité électrique de 100 nm. Aux fins de validation, le facteur moyen de réduction de la concentration de particules ne doit pas s'écarter de plus de ± 10 % du facteur moyen de réduction ($\overline{f_r}$) déterminé lors du premier étalonnage du VPR.

2.2.2 L'aérosol d'essai utilisé pour ces mesures est constitué de particules solides d'un diamètre de mobilité électrique de 30, 50 et 100 nm, avec une concentration minimale de 5 000 particules cm^{-3} à l'entrée du VPR. Les concentrations de particules sont mesurées en amont et en aval des composants.

Le facteur de réduction de la concentration des particules pour chaque granulométrie ($f_r(di)$) est calculé comme suit:

$$f_r(d_i) = \frac{N_{in}(d_i)}{N_{out}(d_i)}$$

où:

$N_{in}(d_i)$	=	concentration en particules de diamètre di en amont;
$N_{out}(d_i)$	=	concentration en particules de diamètre di en aval;
d_i	=	diamètre de mobilité électrique des particules (30, 50 ou 100 nm).

La réduction moyenne de la concentration en particules ($\overline{f_r}$) pour un niveau de dilution donné est calculée comme suit:

$$\overline{f_r} = \frac{f_r(30nm) + f_r(50nm) + f_r(100nm)}{3}$$

Il est recommandé d'étalonner et de valider le VPR comme une unité complète.

2.2.3 Le service technique doit vérifier l'existence d'un certificat de validation du VPR attestant l'efficacité du séparateur de particules volatiles et établi dans les six mois précédant l'essai d'émissions. Si l'instrument est équipé de dispositifs d'alerte de surveillance de la température, l'intervalle maximal entre deux validations est porté à 12 mois. Le VPR doit retenir à plus de 99 % les particules de tétracontane ($CH_3(CH_2)_{38}CH_3$) d'un diamètre de mobilité électrique d'au moins 30 nm, à une concentration d'entrée de $\geq$ 10 000 cm^{-3} et lorsque l'appareil fonctionne à son niveau de dilution minimale et à la température recommandée par le fabricant.

2.3 Procédures de contrôle du système de comptage des particules

2.3.1 Avant chaque essai, le compteur de particules doit afficher une concentration mesurée de moins de 0,5 particules/cm^{-3} lorsqu'un filtre THE répondant au minimum à la classe H13 définie dans la norme EN 1822:1998 est raccordé à l'entrée du système de prélèvement des particules (VPR et PNC).

2.3.2 Chaque mois, on vérifie que la valeur affichée du débit entrant dans le compteur de particules ne s'écarte pas de plus de 5 % du débit nominal du compteur lorsque le contrôle est effectué au moyen d'un débitmètre étalonné.

2.3.3 Chaque jour, on vérifie, après avoir raccordé un filtre THE répondant au minimum à la classe H13 définie dans la norme EN 1822:1998 à l'entrée du compteur de particules, que celui-ci affiche une concentration ≤ 0,2 cm^{-3}. Ce filtre une fois déposé, le compteur, alimenté par l'air ambiant, doit indiquer une concentration d'au moins 100 particules cm^{-3}. Lorsqu'on remet le filtre THE en place, la concentration doit de nouveau être ≤ 0,2 cm^{-3}.

2.3.4 La température affichée du tube d'évaporation doit être comprise entre 300 °C et 400 °C.

2.3.5 Pour le dilueur PND_1, la température de paroi affichée doit être comprise entre 150 °C et 400 °C mais ne pas être supérieure à la valeur de réglage du tube d'évaporation.

Appendice 6

VÉRIFICATION DE L'INERTIE SIMULÉE

1. OBJET

La méthode décrite dans le présent appendice permet de vérifier que l'inertie totale du banc simule de manière satisfaisante les valeurs réelles au cours des diverses phases du cycle d'essai. Le constructeur du banc indiquera une méthode permettant de vérifier que les prescriptions du paragraphe 3 du présent appendice sont respectées.

2. PRINCIPE

2.1 Élaboration des équations de travail

Étant donné que le banc est soumis aux variations de la vitesse de rotation du ou des rouleaux, la force à la surface du ou des rouleaux peut être exprimée par la formule:

$$F = I \cdot \gamma = I_M \cdot \gamma + F_1$$

où:

F = force à la surface du ou des rouleaux,

I = inertie totale du banc (inertie équivalente du véhicule: voir tableau du paragraphe 5.1 de la présente annexe),

I_M = inertie des masses mécaniques du banc,

γ = accélération tangentielle à la surface du rouleau,

F_1 = force d'inertie.

Note: On trouvera en appendice une explication de cette formule en ce qui concerne les bancs à simulation mécanique des inerties.

Ainsi l'inertie totale est exprimée par la formule:

$$I = I_m + F_1 / \gamma$$

où:

I_m = peut être calculé ou mesuré par les méthodes traditionnelles,

F_1 = peut être mesuré au banc,

γ = peut être calculé d'après la vitesse périphérique des rouleaux.

L'inertie totale «I» est déterminée lors d'un essai d'accélération ou de décélération avec des valeurs supérieures ou égales à celles obtenues lors d'un cycle d'essai.

2.2 Erreur admissible dans le calcul de l'inertie totale

Les méthodes d'essai et de calcul doivent permettre de déterminer l'inertie totale I avec une erreur relative ($\Delta I/I$) de moins de ± 2 %.

3. PRESCRIPTIONS

3.1 La masse de l'inertie totale simulée I doit demeurer la même que la valeur théorique de l'inertie équivalente (voir appendice 1), dans les limites suivantes:

3.1.1 ± 5 % de la valeur théorique pour chaque valeur instantanée;

3.1.2 ± 2 % de la valeur théorique pour la valeur moyenne calculée pour chaque opération du cycle.

Les limites spécifiées au paragraphe 3.1.1 sont portées à ± 50 % pendant une seconde lors de la mise en vitesse et, pour les véhicules à boîte de vitesses manuelle, pendant deux secondes au cours des changements de vitesse.

4. PROCÉDURE DE CONTRÔLE

4.1 Le contrôle est exécuté au cours de chaque essai pendant toute la durée du cycle défini au paragraphe 6.1 de l'annexe 4a.

4.2 Toutefois, s'il est satisfait aux dispositions du paragraphe 3 ci-dessus avec des accélérations instantanées qui sont au moins trois fois supérieures ou inférieures aux valeurs obtenues lors des opérations du cycle théorique, le contrôle prescrit ci-dessus n'est pas nécessaire.

Appendice 7

MESURE DE LA RÉSISTANCE À L'AVANCEMENT D'UN VÉHICULE

RÉSISTANCE À L'AVANCEMENT D'UN VÉHICULE − MÉTHODE DE MESURE SUR PISTE − SIMULATION SUR BANC À ROULEAUX

1. OBJET

Les méthodes définies ci-après ont pour objet de mesurer la résistance à l'avancement d'un véhicule roulant à vitesse stabilisée sur route et de simuler cette résistance lors d'un essai sur banc à rouleaux selon les conditions spécifiées au paragraphe 6.2.1 de l'annexe 4a.

2. CARACTERISTIQUES DE LA PISTE

La piste doit être horizontale et d'une longueur suffisante pour permettre l'exécution des mesures spécifiées dans le présent appendice. La pente doit être constante à ± 0,1 % près et ne pas excéder 1,5 %.

3. CONDITIONS ATMOSPHÉRIQUES

3.1 Vent

Lors de l'essai, la vitesse moyenne du vent ne doit pas dépasser 3 m/s, avec des rafales de moins de 5 m/s. En outre, la composante du vent transversalement à la piste doit être inférieure à 2 m/s. La vitesse du vent doit être mesurée à 0,7 m au-dessus du revêtement.

3.2 Humidité

La route doit être sèche.

3.3 Pression et température

La densité de l'air au moment de l'essai ne doit pas s'écarter de plus de ± 7,5 % de la densité de l'air aux conditions de référence P = 100 kPa, et T = 293,2 K.

4. PRÉPARATION DU VÉHICULE[1]

4.1 Sélection du véhicule d'essai

Si l'essai n'est pas effectué sur toutes les variantes d'un type de véhicule, les critères ci-après doivent être appliqués pour sélectionner le véhicule d'essai.

---

[1] Pour les véhicules électriques hybrides et en attendant que des dispositions techniques uniformes aient été adoptées, le constructeur s'entend avec le service technique sur l'état du véhicule pour l'exécution de l'essai défini dans le présent appendice.

4.1.1 Carrosserie

S'il existe différents types de carrosserie, l'essai devra être effectué sur la carrosserie la moins aérodynamique. Le constructeur fournira les renseignements nécessaires pour permettre la sélection.

4.1.2 Pneumatiques

On utilisera les pneumatiques les plus larges. S'il existe plus de trois tailles de pneumatiques, on choisira la taille immédiatement inférieure à la plus large.

4.1.3 Masse d'essai

La masse d'essai doit être la masse de référence du véhicule ayant la plage d'inerties la plus élevée.

4.1.4 Moteur

Le véhicule d'essai doit être équipé du ou des échangeurs thermiques de la plus grande capacité.

4.1.5 Transmission

Un essai sera effectué sur chacun des types de transmission suivants:

a) Traction avant,
b) Propulsion arrière,
c) 4 x 4 permanent,
d) 4 x 4 partiel,
e) Boîte de vitesses automatique,
f) Boîte de vitesses manuelle.

4.2 Rodage

Le véhicule doit être en état normal de marche et de réglage et avoir été rodé sur au moins 3 000 km. Les pneumatiques doivent avoir été rodés en même temps que le véhicule ou avoir 90 à 50 % de la profondeur des dessins de la bande de roulement.

4.3 Vérifications

Il est vérifié que sur les points ci-après le véhicule est conforme aux spécifications du constructeur pour l'utilisation considérée: roues, enjoliveurs, pneus (marque, type, pression), géométrie du train avant, réglage des freins (suppression des frottements parasites), lubrification des trains avant et arrière, réglage de la suspension et de l'assiette du véhicule, etc.

4.4. Préparatifs pour l'essai

4.4.1 Le véhicule est chargé à sa masse de référence. L'assiette du véhicule doit être celle obtenue lorsque le centre de gravité de la charge est situé au milieu du segment de droite qui joint les points «R» des places avant latérales.

4.4.2 Pour les essais sur piste, les fenêtres du véhicule sont fermées. Les éventuelles trappes de climatisation, de phares, etc., doivent être en position hors fonction.

4.4.3 Le véhicule doit être propre.

4.4.4 Immédiatement avant l'essai, le véhicule doit être porté à sa température normale de fonctionnement de manière appropriée.

5. MÉTHODES

5.1 Méthode de la variation d'énergie lors de la décélération en roue libre

5.1.1 Sur piste

5.1.1.1 Appareillage de mesure et erreur admissible

La mesure du temps est exécutée avec une erreur inférieure à ± 0,1 s. La mesure de la vitesse est exécutée avec une erreur inférieure à ± 2 %.

5.1.1.2 Procédure d'essai

5.1.1.2.1 Accélérer le véhicule jusqu'à une vitesse supérieure de 10 km/h à la vitesse d'essai choisie V.

5.1.1.2.2 Mettre la boîte de vitesses au point mort.

5.1.1.2.3 Mesurer le temps (t_1) de décélération du véhicule de la vitesse:

$$V_2 = V + \Delta V \text{ km/h à } V_1 = V - \Delta V \text{ km/h.}$$

5.1.1.2.4 Exécuter le même essai dans l'autre sens, et déterminer t_2.

5.1.1.2.5 Faire la moyenne des deux temps t_1 - t_2, soit T.

5.1.1.2.6 Répéter ces essais un nombre de fois tel que la justesse statistique (p) sur la moyenne.

$$T = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} T_i \text{ soit égale ou inférieure à 2 \% } (p \leq 2\ \%).$$

La justesse statistique est définie par:

$$p = \left(\frac{t.s}{\sqrt{n}}\right).\frac{100}{T}$$

où:

t = coefficient donné par le tableau ci-après,

n = nombre d'essais,

s = écart type, $s = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \frac{(T_i - T)^2}{n-1}}$

n	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
t	3,2	2,8	2,6	2,5	2,4	2,3	2,3	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
$\frac{t}{\sqrt{n}}$	1,6	1,25	1,06	0,94	0,85	0,77	0,73	0,66	0,64	0,61	0,59	0,57

5.1.1.2.7 Calculer la puissance par la formule:

$$P = \frac{M \cdot V \cdot \Delta \cdot V}{500 \cdot T}$$

où:

P est exprimé en kW,

V = vitesse d'essai en m/s,

ΔV = écart par rapport à la vitesse V (en m/s) comme indiqué au paragraphe 5.1.1.2.3 du présent appendice,

M masse de référence en kg,

T temps en secondes (s).

5.1.1.2.8 La puissance (P) obtenue sur la piste d'essai doit être corrigée en fonction des conditions ambiantes de référence, comme suit:

$$P_{corrigé} = K \cdot P_{mesuré}$$

$$K = \frac{R_R}{R_T} \cdot \left[1 + K_R \left(t - t_0\right)\right] + \frac{R_{AERO}}{R_T} \cdot \frac{\left(\rho_0\right)}{\rho}$$

où:

R_R	=	résistance au roulement à la vitesse V,
R_{AERO}	=	traînée aérodynamique à la vitesse V,
R_T	=	résistance totale à l'avancement = $R_R + R_{AERO}$,
K_R	=	facteur de correction de température de la résistance au roulement, considéré comme étant égal à 8,64 x 10^{-3}/°C, ou le facteur de correction du constructeur, approuvé par l'autorité,
t	=	température ambiante de l'essai sur piste en °C,
t_0	=	température ambiante de référence = 20 °C,
ρ	=	densité de l'air dans les conditions de l'essai,
ρ_0	=	densité de l'air aux conditions de référence (20 °C, 100 kPa).

Les rapports R_R/R_T et R_{AERO}/R_T doivent être précisés par le constructeur du véhicule, en fonction des données dont l'entreprise dispose normalement.

Si ces valeurs ne sont pas disponibles et sous réserve de l'accord du constructeur et du service technique concerné, il est possible d'utiliser les chiffres obtenus par la formule suivante pour le rapport résistance au roulement/résistance totale:

$$\frac{R_R}{R_T} = a \cdot M + b$$

où:

M = masse du véhicule en kg, les coefficients a et b pour chaque vitesse sont donnés par le tableau ci-après:

V (km/h)	a	b
20	7,24 x 10^{-5}	0,82
40	1,59 x 10^{-4}	0,54
60	1,96 x 10^{-4}	0,33
80	1,85 x 10^{-4}	0,23
100	1,63 x 10^{-4}	0,18
120	1,57 x 10^{-4}	0,14

5.1.2 Sur banc

5.1.2.1 Appareillage de mesure et erreur admissible

L'appareillage doit être identique à celui utilisé pour l'essai sur piste.

5.1.2.2 Procédure d'essai

5.1.2.2.1 Installer le véhicule sur le banc à rouleaux.

5.1.2.2.2 Adapter la pression des pneus (à froid) des roues motrices à la valeur requise par le banc à rouleaux.

5.1.2.2.3 Régler l'inertie équivalente du banc.

5.1.2.2.4 Porter le véhicule et le banc à leur température de fonctionnement par une méthode appropriée.

5.1.2.2.5 Exécuter les opérations décrites dans le paragraphe 5.1.1.2 (par. 5.1.1.2.4 et 5.1.1.2.5 exceptés), en remplaçant M par I dans la formule du paragraphe 5.1.1.2.7.

5.1.2.2.6 Régler le frein de manière à reproduire la puissance corrigée (par. 5.1.1.2.8) et à tenir compte de la différence entre la masse du véhicule (M) sur piste et la masse d'essai d'inertie équivalente (I) à utiliser. À cet effet, il est possible de calculer le temps moyen corrigé de décélération en roue libre de V_2 à V_1 sur piste et de reproduire ce même temps sur le banc, à l'aide de la formule suivante:

$$T_{corrigée} = \frac{T_{mesurée}}{K} \cdot \frac{I}{M}$$

Avec K = valeur indiquée au paragraphe 5.1.1.2.8 ci-dessus.

5.1.2.2.7 La puissance P_a absorbée par le banc à rouleaux doit être déterminée de telle sorte qu'elle permette de reproduire le réglage de puissance (par. 5.1.1.2.8) pour un même véhicule un autre jour.

5.2 Méthode de la mesure du couple à vitesse constante

5.2.1 Sur piste

5.2.1.1 Appareillage de mesure et erreur admissible

La mesure du couple est exécutée avec un dispositif de mesure juste à ± 2 % près,

La mesure de la vitesse est exécutée avec une justesse de ± 2 %.

5.2.1.2 Procédure d'essai

5.2.1.2.1 Porter le véhicule à la vitesse stabilisée choisie V.

5.2.1.2.2 Enregistrer le couple C_t et la vitesse sur une durée d'au moins 20 s. La justesse du système d'enregistrement des données doit être au minimum de ± 1 Nm pour le couple et de ± 0,2 km/h pour la vitesse.

5.2.1.2.3 Les variations du couple C_t et la vitesse en fonction du temps ne doivent pas dépasser 5 % pendant chaque seconde de la durée d'enregistrement.

5.2.1.2.4 La valeur de couple retenue C_{t1} est le couple moyen déterminé selon la formule suivante:

$$C_{t1} = \frac{1}{\Delta t} \int_{t}^{t+\Delta t} C(t)dt$$

5.2.1.2.5 L'essai doit être effectué trois fois dans chaque sens. Déterminer le couple moyen à partir de ces six mesures pour la vitesse de référence. Si la vitesse moyenne s'écarte de plus de 1 km/h de la vitesse de référence, on utilisera une régression linéaire pour calculer le couple moyen.

5.2.1.2.6 Faire la moyenne des deux valeurs de couple C_{t1} et C_{t2}, soit C_t.

5.2.1.2.7 Le couple moyen C_T déterminé sur piste doit être corrigé pour tenir compte des conditions ambiantes de référence, comme suit:

$$C_{Tcorrigé} = K \cdot C_{Tmesuré}$$

où K est égal à la valeur précisée au paragraphe 5.1.1.2.8 du présent appendice.

5.2.2 Sur banc

5.2.2.1 Appareillage de mesure et erreur admissible

L'appareillage doit être identique à celui utilisé pour l'essai sur piste.

5.2.2.2 Procédure d'essai

5.2.2.2.1 Exécuter les opérations décrites aux paragraphes 5.1.2.2.1 à 5.1.2.2.4.

5.2.2.2.2 Exécuter les opérations décrites aux paragraphes 5.2.1.2.1 à 5.2.1.2.4.

5.2.2.2.3 Régler le frein de manière à reproduire le couple moyen sur piste corrigé indiqué au paragraphe 5.2.1.2.7.

5.2.2.2.4 Exécuter les opérations décrites au paragraphe 5.1.2.2.7, à la même fin.».