



---

**Commission économique pour l'Europe**

Comité des transports intérieurs

**Forum mondial de l'harmonisation  
des Règlements concernant les véhicules****190<sup>e</sup> session**

Genève, 20-22 juin 2023

Point 14.1 de l'ordre du jour provisoire

**Examen et mise aux voix par le Comité exécutif des éventuels projets  
de RTM ONU ou d'amendements à des RTM ONU existants :****Proposition de nouveau RTM ONU, s'il y a lieu****Proposition de nouveau RTM ONU sur la mesure  
en laboratoire des émissions de freinage des voitures  
particulières et véhicules utilitaires légers****Communication du Groupe de travail de la pollution et de l'énergie\***

Le texte ci-après, adopté par le Groupe de travail de la pollution et de l'énergie (GRPE) à sa quatre-vingt-septième session (ECE/TRANS/WP.29/GRPE/87, par. 66), est fondé sur le document ECE/TRANS/WP.29/GRPE/2023/4 et le document informel GRPE-87-40, tels que modifiés par l'additif 3 au rapport. Il est soumis au Forum mondial de l'harmonisation des Règlements concernant les véhicules (WP.29) et au Comité exécutif de l'Accord de 1998 (AC.3) pour examen à leurs sessions de juin 2023.

---

\* Conformément au programme de travail du Comité des transports intérieurs pour 2023 tel qu'il figure dans le projet de budget-programme pour 2023 (A/77/6 (Sect. 20), par. 20.6), le Forum mondial a pour mission d'élaborer, d'harmoniser et de mettre à jour les Règlements ONU en vue d'améliorer les caractéristiques fonctionnelles des véhicules. Le présent document est soumis en vertu de ce mandat.



## Table des matières

	<i>Page</i>
I. Exposé des fondements techniques et justification .....	3
A. Introduction .....	3
B. Historique des étapes antérieures et évolution future .....	4
C. Historique des travaux techniques du groupe PMP .....	6
II. Texte du RTM ONU .....	9
1. Objet .....	9
2. Champ d'application.....	9
3. Définitions .....	9
4. Abréviations et symboles.....	19
5. Prescriptions générales .....	26
6. Aperçu général.....	27
7. Prescriptions relatives au système d'essai .....	29
8. Prescriptions relatives à la préparation de l'essai .....	49
9. Cycle de freinage WLTP .....	61
10. Réglage du débit d'air de refroidissement .....	67
11. Phase de rodage .....	74
12. Phase de mesure des émissions.....	75
13. Résultats de l'essai.....	98
14. Prescriptions d'étalonnage et contrôle continu de la qualité.....	143
Annexes	
A. Manœuvres du cycle de freinage WLTP.....	151
B. Manœuvres de freinage du cycle de freinage WLTP.....	173

# I. Exposé des fondements techniques et justification

## A. Introduction

1. Ces dernières années, l'intérêt suscité par la caractérisation des émissions de particules provenant d'autres sources que le système d'échappement imputables au transport routier a fortement augmenté au niveau international. Jusqu'à récemment, les émissions d'échappement constituaient la majorité des émissions dues au transport routier, et toutes les mesures de réglementation visaient à les réduire. Au fur et à mesure que les émissions d'échappement diminuaient sous l'effet d'une réglementation de plus en plus stricte, la contribution relative des émissions autres que les émissions d'échappement aux concentrations globales de matières particulaires dans l'air ambiant a augmenté.

2. La plupart des constructeurs produisent des véhicules destinés à une clientèle répartie dans le monde, ou au moins dans plusieurs régions. Les constructeurs ayant tendance à se conformer aux préférences, aux besoins et aux modes de vie dans des régions géographiques déterminées, la conception des véhicules varie selon les pays. Étant donné que l'obligation de satisfaire à des prescriptions différentes en matière d'émissions dans chaque région peut occasionner des contraintes d'un point de vue administratif et du point de vue de la conception des véhicules, les constructeurs sont généralement très intéressés par l'harmonisation des procédures d'essai et des prescriptions de résultats concernant les émissions de freinage à l'échelle mondiale. Les autorités de réglementation ont, elles aussi, à gagner à une harmonisation mondiale, qui permet d'améliorer la conception et l'adaptation au progrès technique, de collaborer avec les organismes de surveillance des marchés et de faciliter l'échange d'informations entre les autorités.

3. Dans cette perspective, les parties intéressées ont lancé des travaux en vue d'établir le présent Règlement technique mondial ONU (RTM ONU) sur la procédure d'essai mondiale harmonisée pour les voitures particulières et les véhicules utilitaires légers (WLTP) en ce qui concerne les émissions de particules dues à l'usure des freins. Ce RTM ONU vise à harmoniser, autant que possible, les procédures d'essai en ce qui concerne les émissions de ces catégories de véhicules. Les procédures d'essai en laboratoire devraient être représentatives des conditions de conduite réelles dans toute la mesure possible et permettre une comparaison directe des performances des véhicules lors de l'homologation et en circulation réelle. Toutefois, ce critère impose certaines limitations en ce qui concerne le degré d'harmonisation pouvant être réalisé. En outre, vu que les niveaux de développement, les densités de population et les coûts associés à la technologie des systèmes de freinage diffèrent selon les pays, le degré de sévérité de la réglementation devrait continuer d'être variable d'une région à l'autre dans un avenir prévisible. C'est pourquoi la fixation de valeurs limites d'émissions ne fait pas partie des prescriptions du présent RTM ONU. Toutefois, l'objectif à long terme reste de définir des prescriptions fonctionnelles et des limites d'émission harmonisées à l'échelle mondiale dans le cadre des prochains amendements au présent RTM ONU.

4. Les RTM ONU sont destinés à être transposés dans la législation régionale du plus grand nombre possible de Parties contractantes. Le choix des catégories de véhicules devant entrer dans le champ d'application de la législation régionale n'est pas aisé, car il dépend de conditions régionales imprévisibles. Toutefois, conformément aux dispositions de l'Accord de 1998 de la CEE, un RTM ONU appliqué par une Partie contractante doit valoir pour tous les véhicules, conditions et équipements relevant de son champ d'application officiel. Il convient donc de définir avec soin le champ d'application du RTM ONU, car s'il est trop large, il pourrait empêcher ou entraver la transposition de l'instrument dans la législation régionale. Pour cette raison, le champ d'application officiel du présent RTM ONU est limité aux voitures particulières et véhicules utilitaires légers dont le poids ne dépasse pas 3 500 kg. Toutefois, une telle limite ne veut pas dire que ce RTM ONU ne pourra pas être appliqué à un groupe plus large de catégories de véhicules dans le cadre de la législation régionale. De fait, les Parties contractantes sont encouragées à procéder ainsi, si cela est possible et approprié d'un point de vue technique, économique et administratif.

5. Une méthode harmonisée de mesure des émissions de particules des freins permettrait aux constructeurs de mieux comprendre le comportement des différents systèmes de freinage et de réduire les incohérences entre les résultats obtenus, ce qui permettrait de les comparer plus efficacement et d'élaborer des stratégies destinées à réduire ces émissions.

6. La présente version du RTM ONU ne contient pas de prescriptions d'essai propres à d'autres types de véhicules, par exemple aux véhicules tout-terrain, aux véhicules à usage spécial et aux véhicules utilitaires lourds. En conséquence, ces véhicules ne sont pas compris dans le champ d'application. Cependant, les Parties contractantes peuvent appliquer les dispositions du présent RTM ONU à ces véhicules dans la mesure où cela est techniquement possible, et les compléter par des dispositions supplémentaires dans la législation régionale, concernant par exemple les essais de mesure des émissions de freinage menés à l'aide de différents types de matériaux de friction ou de parties complémentaires.

## **B. Historique des étapes antérieures et évolution future**

7. En 2013, comme suite à la soumission de documents informels par la Fédération de Russie, le WP.29 a approuvé la décision du GRPE de charger le groupe de travail informel du Programme de mesure des particules (groupe PMP) d'étudier les questions relatives aux émissions de particules provenant d'autres sources que le système d'échappement imputables au transport routier. Le groupe PMP avait pour but principal de déterminer s'il était nécessaire d'étendre les procédures de mesure des particules à des sources d'émission supplémentaires, comme l'usure des freins, des pneumatiques et de la chaussée.

8. Le groupe PMP a déterminé que l'usure des freins et celle des pneumatiques étaient les sources les plus significatives d'émissions de particules provenant d'autres sources que le système d'échappement imputables au transport routier et les a sélectionnées comme principaux sujets à étudier (document informel GRPE-69-23). En ce qui concerne les émissions dues à l'usure des freins, la tâche principale du groupe PMP était de définir un ensemble de conditions de conduite « normales » ou « classiques », d'étudier l'adéquation des cycles de conduite existants pour la mesure des émissions de particules des freins, et de mettre en place un nouveau cycle d'essai reproduisant l'activité de conduite et de freinage des voitures particulières et véhicules utilitaires légers dans des conditions réelles. Parmi les autres tâches principales figurent l'élargissement du groupe PMP à des experts des émissions hors échappement, l'élaboration de directives et de meilleures pratiques pour le prélèvement et la mesure des particules produites par l'usure des freins, et l'établissement de prescriptions minimales concernant la communication des résultats d'essai.

9. Comme suite à l'approbation de son premier mandat concernant les émissions hors échappement par l'AC.3 en juin 2013, le groupe PMP a poursuivi les objectifs ci-après, lesquels ont été atteints en juin 2016 :

a) Examiner la documentation disponible pour synthétiser les connaissances actuelles sur la nature physique et chimique, la masse, le nombre et la répartition par taille des particules émises par les sources autres que les dispositifs d'échappement (JRC 89231 – EUR 26648) ;

b) Répertoire et signaler les principales lacunes constatées dans ces connaissances ainsi que les besoins en matière de recherche. Ces résultats ont fait l'objet d'un rapport soumis à la soixante-neuvième session du GRPE (document informel GRPE-69-23) ;

c) Créer un groupe d'experts des émissions hors échappement chargé de communiquer des informations, notamment sur les recherches en cours, concernant les questions relatives à ce type d'émissions ;

d) Analyser la base de données WLTP dans le but d'arrêter une définition des conditions de conduite normales et des conditions de conduite extrêmes, et recueillir des informations sur les méthodes existantes de prélèvement et de mesure des émissions hors échappement ;

e) Examiner la méthode d'essai la mieux adaptée pour la mesure des émissions de freinage et déterminer les avantages et les inconvénients des différentes solutions (freins sur banc d'essai, véhicule complet sur banc à rouleaux, véhicule sur route, etc.).

10. Dans le cadre du point e), le groupe PMP a longuement examiné plusieurs moyens de mettre en place une méthode normalisée de prélèvement et de caractérisation des particules produites par l'usure des freins, et a finalement décidé d'utiliser un dynamomètre de freinage complètement fermé. Cette méthode permet de prélever les particules provenant de l'usure des freins sans que d'autres sources interfèrent et de réduire au minimum les pertes de particules sur toute la chaîne de prélèvement et de mesure. En outre, les dynamomètres de freinage offrent la souplesse permettant de soumettre à l'essai différents types de freins dans diverses conditions de conduite et pour divers états de charge du véhicule. Le laboratoire doit être configuré de telle façon que les mesures puissent être répétables et reproductibles, au moins pour un ensemble défini de paramètres fondamentaux. Une installation appropriée permettra ensuite à l'utilisateur final de sélectionner des valeurs supplémentaires à mesurer, dans la limite des capacités du système.

11. En juin 2016, l'AC.3 a approuvé un deuxième mandat du groupe PMP, qui concernait expressément les émissions hors échappement. Le groupe PMP a été chargé de mettre au point une procédure d'essai communément acceptée pour le prélèvement et l'évaluation des émissions de particules dues à l'usure des freins, tant en ce qui concerne leur masse qu'en ce qui concerne leur nombre. Cette méthode devait permettre d'appuyer la réalisation d'études facilement comparables sur les émissions de freinage. Au titre de l'exécution du mandat (2016-2019), les points suivants ont été traités :

a) Mise au point et validation d'un nouveau cycle d'essai adapté pour l'étude des particules produites par l'usure des freins ;

b) Recherche et sélection de méthodes appropriées pour la production et le prélèvement de particules ;

c) Recherche et sélection de l'appareillage approprié pour la mesure et la caractérisation des particules produites par l'usure des freins.

12. Après avoir analysé en détail la pertinence des cycles de freinage existants, le groupe PMP a décidé de mettre au point un nouveau cycle d'essai adapté à l'étude des émissions de particules dues à l'usure des freins. En octobre 2016, il a créé une équipe spéciale pour accélérer la mise au point dudit cycle. En septembre 2017, il a créé une deuxième équipe spéciale chargée de rechercher et de sélectionner les méthodes et l'appareillage appropriés pour la mesure des particules produites par l'usure des freins. Cette équipe a débuté ses activités en octobre 2017.

13. Au cours de la période 2016-2019, le groupe PMP s'est efforcé d'atteindre les objectifs suivants :

a) Sélection de la méthode reposant sur l'utilisation du banc d'essai pour freins, pour la production et le prélèvement des particules produites par l'usure des freins ;

b) Accord sur les paramètres de mesure cibles de la méthode. Les membres de la deuxième équipe spéciale ont décidé, à l'unanimité, qu'il convenait de traiter à la fois les émissions de matières particulaires ( $PM_{10}$  et  $PM_{2,5}$ ) et les émissions en nombre de particules ( $\geq 10$  nm) ;

c) Mise au point et publication d'un cycle de freinage WLTP. Le cycle, fondé sur des données réelles extraites de la base de données WLTP, est considéré comme représentatif des applications réelles ;

d) Validation du cycle de freinage WLTP par une étude de précision interlaboratoires réalisée dans huit laboratoires différents en Europe et aux États-Unis ;

e) Analyse complète des méthodes et des configurations existantes pour le prélèvement et la mesure des émissions de particules des freins. Accord sur la nécessité de définir un ensemble de spécifications et de prescriptions minimales pour le prélèvement et la mesure des particules émises par les freins.

14. En juin 2019, l'AC.3 a prolongé à nouveau le mandat du groupe PMP en ce qui concerne les émissions hors échappement. Le mandat révisé comprenait un point de plus qu'en 2016, à savoir la validation de la méthode qu'il était proposé d'employer pour la mesure et la caractérisation des particules produites par l'usure des freins. Au cours de la période 2019-2020, le groupe PMP a atteint les objectifs suivants :

a) Communication au GRPE d'informations sur l'état d'avancement des travaux de la première équipe spéciale du groupe PMP, relatifs à la mise au point du nouveau cycle de freinage WLTP et à son application pour la mesure et la caractérisation des particules émises par les freins au niveau du dynamomètre de freinage ;

b) Tenue d'un premier débat sur la manière d'aborder les technologies futures dans le cadre du groupe PMP comme suite à la demande de plusieurs parties prenantes du GRPE.

15. En juin 2020, l'AC.3 a prolongé à nouveau le mandat du groupe PMP en ce qui concerne les émissions hors échappement. Comme suite au débat tenu à l'échelle du groupe PMP, l'extension de la méthode proposée aux technologies futures a été ajoutée dans la version révisée du mandat. En juin 2020, plusieurs Parties contractantes membres du GRPE ont exhorté le groupe PMP à envisager d'utiliser la méthode proposée comme outil réglementaire. Le groupe PMP donc a été prié de commencer à étudier les modifications ou adaptations à apporter pour étendre la méthode à toutes les technologies existantes et aux autres catégories de véhicules.

16. Lors d'un atelier organisé en janvier 2021, les parties prenantes et les Parties contractantes ont examiné les différentes approches possibles aux fins de la réglementation des émissions de particules des freins. Les principaux sujets traités étaient les suivants :

a) Système idéal pour réglementer les émissions de freinage des voitures particulières et véhicules utilitaires légers classiques utilisant un moteur à combustion interne ;

b) Prise en compte des voitures particulières et véhicules utilitaires légers non classiques (à savoir les véhicules électriques hybrides (VEH) et les véhicules électriques purs (VEP)) dans le cadre d'une éventuelle approche réglementaire ;

c) Émissions de freinage des véhicules utilitaires lourds – méthodes possibles.

17. Comme suite à l'atelier, les Parties contractantes intéressées et le groupe PMP ont recommandé qu'un RTM ONU sur les émissions de matières particulaires et les émissions en nombre de particules de tous les types de système de freinage des voitures particulières et utilitaires légers soit élaboré dans le cadre d'un nouveau mandat. En conséquence, les représentants de l'Union européenne, du Royaume-Uni et du Japon ont demandé et obtenu l'autorisation de l'AC.3 d'élaborer un nouveau RTM ONU sur les émissions de matières particulaires et les émissions en nombre de particules produites par tous les types de système de freinage des voitures particulières et utilitaires légers.

### **C. Historique des travaux techniques du groupe PMP**

18. À sa quarante et unième session, tenue en octobre 2016, le groupe PMP a décidé de créer une équipe spéciale pour accélérer la mise au point d'un cycle d'essai. Cette équipe spéciale avait pour tâches principales la définition des paramètres d'essai tels que les contrôles de l'environnement climatique du dynamomètre, la définition de la méthode de mesure de la température, l'élaboration d'une méthode de réglage du débit d'air de refroidissement fondée sur les données relatives aux véhicules en conditions réelles, l'appui à la mise au point d'un nouveau cycle d'essai et la validation de celui-ci par une étude interlaboratoires. Le nouveau cycle de freinage WLTP a été mis au point en juillet 2018 et présenté au groupe PMP en novembre 2018, à sa quarante-huitième session. Il a été validé dans le cadre d'une première étude interlaboratoires à laquelle ont participé huit centres d'essais. Les résultats de l'exercice de validation ont été présentés au groupe PMP à sa cinquantième session, en avril 2019. La première équipe spéciale a achevé ses travaux en octobre 2019 après avoir organisé 30 réunions.

19. À sa quarante-troisième session, le groupe PMP a décidé de créer une deuxième équipe spéciale chargée d'étudier et de sélectionner les méthodes et les instruments appropriés pour le prélèvement et la mesure des particules produites par l'usure des freins. Cette deuxième équipe avait pour tâches principales de définir la configuration d'essai appropriée pour le prélèvement et la mesure des émissions de particules dues à l'usure des freins, l'appareillage approprié pour le prélèvement et la mesure des émissions de matières particulaires et des émissions en nombre de particules des freins, et le protocole approprié pour le prélèvement et la mesure des émissions de ces particules. Elle a soumis ses recommandations concernant les spécifications minimales relatives au prélèvement et à la mesure des émissions de particules dues à l'usure des freins au groupe PMP en juillet 2021 (conférence en ligne du groupe PMP organisée le 15 juillet 2021). Ses recommandations ont été appliquées dans le cadre de la deuxième étude interlaboratoires, ce qui a permis de tester leur pertinence et d'améliorer le protocole proposé. Après l'achèvement de la deuxième étude interlaboratoires, l'équipe spéciale a repris ses activités pour finaliser le protocole et élaborer une proposition de projet de RTM ONU à soumettre au groupe PMP. Ladite proposition a été présentée au groupe PMP en juin 2022 (conférence en ligne du groupe PMP organisée le 15 juin 2022). La deuxième équipe spéciale a achevé ses travaux en juin 2022 après avoir organisé 45 réunions.

20. À sa conférence en ligne du 24 mars 2021, le groupe PMP a décidé de créer une troisième équipe spéciale chargée d'organiser et de réaliser la deuxième étude interlaboratoires. Cette équipe spéciale avait pour tâches principales d'organiser et de réaliser la deuxième étude interlaboratoires, de vérifier la faisabilité et l'applicabilité des spécifications définies pour le prélèvement et la mesure des émissions de particules dues à l'usure des freins, d'examiner la répétabilité et la reproductibilité des mesures des émissions de matières particulaires et des émissions en nombre de particules en appliquant les spécifications définies, et de formuler des recommandations à l'intention de la deuxième équipe spéciale concernant les moyens d'améliorer et d'étendre encore l'ensemble de spécifications définies. La deuxième étude interlaboratoires a été lancée en septembre 2021 et s'est achevée en janvier 2022. Ses résultats ont été présentés au groupe PMP à la conférence en ligne du 29 mars 2022. La troisième équipe spéciale a achevé ses travaux en avril 2022 après avoir organisé six réunions.

21. Le groupe PMP a créé une équipe spéciale chargée de chercher et de définir la bonne méthode pour inclure le freinage sans friction dans le protocole d'essai (GRPE-83-20e). Cette quatrième équipe spéciale a élaboré cinq propositions de méthodes, qui ont été présentées au groupe. Le Centre commun de recherche a présenté la proposition finale au groupe en décembre 2022 (conférence en ligne du groupe PMP organisée le 13 décembre 2022). La quatrième équipe spéciale a conclu ses travaux pour la soumission du RTM ONU sur les émissions de freinage en décembre 2022, après avoir tenu 21 réunions. Elle poursuivra ses activités en vue d'une éventuelle modification des coefficients correspondant à la part du freinage à friction proposés pour le calcul des émissions de matières particulaires et des émissions en nombre de particules provenant du freinage sans friction.

22. Le présent RTM ONU fournit toutes les informations nécessaires à la réalisation d'essais relatifs aux émissions de particules des freins en laboratoire. Les principaux éléments du protocole figurant dans le présent RTM ONU sont les suivants :

- a) Références, définitions et terminologie relatives à la méthode de prélèvement et de mesure des particules produites par l'usure des freins ;
- b) Prescriptions générales et capacités de la configuration d'essai. Principales conditions d'essai pour les différents éléments de l'ensemble du dispositif ;
- c) Description détaillée du cycle de freinage WLTP ;
- d) Description détaillée des différentes phases d'un essai de mesure des émissions de freinage, notamment du réglage du débit d'air de refroidissement, de la procédure de rodage et de la mesure des émissions ;
- e) Prescriptions minimales relatives à la communication des résultats de l'essai au dynamomètre, y compris des mesures et paramètres réels des émissions.

23. Les travaux futurs visant à élargir le protocole figurant dans le présent RTM ONU pourraient porter sur les points suivants :

- a) Définition d'un ou de plusieurs cycles en conditions réelles à utiliser en laboratoire ;
- b) Adaptation de la méthode proposée pour tenir compte des technologies futures ;
- c) Adaptation de la méthode proposée pour prendre en compte les émissions dues à l'usure des freins des véhicules utilitaires lourds.

## II. Texte du RTM ONU

### 1. Objet

Le présent Règlement technique mondial (RTM ONU) établit une méthode harmonisée à l'échelle mondiale permettant de mesurer les émissions de matières particulaires et les émissions en nombre de particules produites par l'usure des freins des voitures particulières et véhicules utilitaires légers.

Il définit le cycle d'essai, les prescriptions minimales concernant le système, les conditions d'essai et la préparation du matériel permettant de réaliser le cycle de freinage WLTP au moyen de dynamomètres de freinage. Il contient également des prescriptions relatives à la conception et à la mise en place de systèmes d'essai pour la mesure des émissions de freinage, y compris des prescriptions concernant l'étalonnage et la validation de l'appareillage d'essai.

### 2. Champ d'application

Le présent RTM ONU s'applique aux véhicules utilisant un type de freinage à friction qui repose sur l'ensemble formé par des matériaux de friction secs et un disque de frein ou un tambour de frein compatible. Il concerne les véhicules utilisant une forme ou une autre de freinage à friction dans leur système de freinage de service ou leur système de freinage de secours.

Il s'applique aux véhicules de la catégorie 1-1 et de la catégorie 2 dont la masse totale en charge est inférieure à 3 500 kg. Il incombera aux Parties contractantes de prendre une décision en ce qui concerne l'applicabilité du présent RTM ONU à leurs constructeurs en petites séries.

### 3. Définitions

#### 3.1 Réglages du véhicule et du dynamomètre de freinage

- 3.1.1 Par « véhicule de la catégorie 1 », on entend un véhicule à moteur ayant au moins quatre roues, conçu et construit principalement pour le transport d'une ou de plusieurs personnes.
- 3.1.2 Par « véhicule de la catégorie 1-1 », on entend un véhicule de la catégorie 1 comportant, outre le siège du conducteur, huit places assises au maximum. Un véhicule de la catégorie 1-1 ne peut pas transporter des voyageurs debout.
- 3.1.3 Par « véhicule de la catégorie 2 », on entend un véhicule à moteur ayant au moins quatre roues, conçu et construit principalement pour le transport de marchandises. Cette catégorie comprend aussi a) des engins de traction et b) des châssis précisément conçus pour être aménagés avec un équipement spécial.
- 3.1.4 Par « masse en ordre de marche », on entend la masse d'un véhicule, avec son ou ses réservoirs à carburant remplis à au moins 90 % de leur capacité, y compris la masse du conducteur, du carburant et des liquides, conformément à la dotation de série selon les spécifications du constructeur et, lorsqu'ils sont montés, la masse de la carrosserie, de la cabine, de l'attelage et de la roue de secours, ainsi que de l'outillage de bord.
- 3.1.5 Par « masse du conducteur », on entend une masse nominale de 75 kg, placée au point de référence de place assise du conducteur. Au sens du présent Règlement, on entend par « masse de 0,5 passager supplémentaire » une masse nominale de 37,5 kg.

- 3.1.6 Par « charge maximale du véhicule », on entend la masse maximale techniquement admissible en charge du véhicule, moins la masse du véhicule en ordre de marche, 25 kg et la masse de l'équipement optionnel.
- 3.1.7 Par « équipement optionnel », on entend tous les dispositifs non compris dans l'équipement de série montés sur le véhicule sous la responsabilité du constructeur, et qui peuvent être commandés par le client.
- 3.1.8 Par « équipement de série », on entend la configuration de base d'un véhicule, doté de tous les dispositifs qui sont prescrits par les dispositions réglementaires de la Partie contractante, y compris toutes les caractéristiques présentes sur le véhicule qui ne correspondent pas à des spécifications additionnelles en matière de configuration ou d'équipement.
- 3.1.9 Par « masse d'essai du véhicule », on entend la masse en ordre de marche, plus la masse de l'équipement optionnel d'un véhicule donné (kg) sur lequel le frein soumis à l'essai est monté et :
- a) 37,5 kg, ce qui correspond à une masse supplémentaire de 0,5 passager pour un véhicule de la catégorie 1-1 (ou de la catégorie M1) ;
  - b) 25 kg plus 28 % de la charge maximale pour les véhicules de la catégorie 2 dont la masse totale en charge est inférieure à 3,5 t (ou de la catégorie N1).
- 3.1.10 Par « résistance à l'avancement sur route », on entend la force ou puissance totale nécessaire pour déplacer le véhicule sur une surface plane et lisse à une vitesse et une masse déterminées. La résistance à l'avancement tient compte des pertes par frottement du système de transmission. Dans le présent RTM ONU, une réduction de l'inertie nominale des freins d'un pourcentage fixe de 13 % est envisagée pour tenir compte de la résistance à l'avancement sur route dans le cadre des essais de mesure des émissions provenant d'un freinage exclusivement à friction.
- 3.1.11 Par « rayon de roulement dynamique du pneumatique », on entend le rayon du pneumatique qui équivaut aux tours par kilomètre (ou tours par mile) publiés par le fabricant pour une taille donnée du pneumatique (en mm).
- 3.1.12 Par « répartition de la force de freinage », on entend le rapport entre la force de freinage de chaque essieu et la force de freinage totale, exprimé en pourcentage pour chaque essieu.
- 3.1.13 Par « charge nominale de la roue », on entend la masse en rotation (équivalente) définie en fonction de la masse d'essai totale du véhicule, de l'essieu (avant ou arrière) soumis à l'essai et de la répartition du freinage entre les deux essieux. Il s'agit de la charge au niveau du frein soumis à l'essai avant la prise en compte de la résistance à l'avancement du véhicule.
- 3.1.14 Par « charge d'essai de la roue », on entend la masse en rotation (équivalente) définie en fonction de la masse d'essai totale du véhicule, de l'essieu (avant ou arrière) soumis à l'essai et de la répartition du freinage entre les deux essieux. Il s'agit de la charge au niveau du frein soumis à l'essai compte tenu de la résistance à l'avancement du véhicule. Cette charge est également appelée « charge appliquée à la roue ».
- 3.1.15 Par « inertie nominale du frein », on entend l'inertie de la charge de la roue, pour un rayon de giration équivalant au rayon de roulement dynamique du pneumatique, qui impose au frein la même énergie cinétique que dans le véhicule, avant soustraction de la résistance totale à l'avancement sur route du véhicule.
- 3.1.16 Par « inertie d'essai du frein », on entend l'inertie de la charge de la roue, pour un rayon de giration équivalant au rayon de roulement dynamique du pneumatique, qui impose au frein la même énergie cinétique que dans le véhicule, après soustraction de la résistance totale à l'avancement du véhicule. Elle est également appelée « inertie appliquée au frein ».

- 3.1.17 Par « couple de freinage », on entend le produit des forces de frottement résultant des forces d'actionnement tangentielles dans un frein et de la distance entre les points de génération de ces forces de frottement et l'axe de rotation. Le couple de freinage est fonction de la surface du piston hydraulique, du coefficient de frottement apparent et du rayon effectif du frein.
- 3.1.18 Par « pression hydraulique », on entend la pression nette fournie par le frein pour générer une force de serrage entre le frein et le matériau de friction. La pression hydraulique, combinée au coefficient de frottement et au rayon effectif du frein, induit le couple de freinage réel.
- 3.1.19 Par « pression seuil », on entend la pression hydraulique minimale permettant de surmonter les forces de frottement et d'étanchéité internes, de déplacer le piston de l'étrier ou le cylindre de roue du tambour de frein, et de produire le couple de freinage.
- 3.1.20 Par « diamètre du piston », on entend le diamètre du ou des pistons hydrauliques dans l'étrier ou le cylindre de roue du tambour, qui sert à calculer la surface totale du ou des pistons. Ce diamètre est également appelé « diamètre du piston hydraulique ».
- 3.1.21 Par « surface du piston », on entend la surface active de tous les pistons hydrauliques agissant sur un côté de l'étrier de frein ou du cylindre de frein à tambour.
- 3.1.22 Par « rayon effectif du frein », on entend, pour un frein à disque, la distance entre le centre de rotation et l'axe longitudinal du ou des pistons de l'étrier lorsqu'ils sont assemblés sur le support. Pour les freins à tambour, le rayon effectif est égal à la moitié du diamètre intérieur du tambour.
- 3.1.23 Par « coefficient de frottement », on entend le rapport entre la force tangentielle et la force normale agissant entre les plaquettes de frein et le disque ou la mâchoire de frein et le tambour. Dans le cas d'un frein à disque, la valeur du coefficient de frottement apparent du frein soumis à l'essai est fonction du couple de freinage, du rayon effectif du frein et de la surface de piston. Le coefficient de frottement apparent est une valeur (mathématique) calculée et n'est pas directement mesurable. Il est également appelé « efficacité du freinage ».
- 3.1.24 Par « déplacement du liquide de frein », on entend l'utilisation transitoire (volumétrique) de liquide hydraulique par l'étrier ou le cylindre de roue de frein lors d'une décélération de freinage.
- 3.1.25 Par « moyenne en fonction du temps », on entend la méthode de calcul de la moyenne d'un mesurande donné tout au long d'une manœuvre de freinage. La valeur résultante équivaut au résultat de l'intégration entre deux cas (seuil et fin de niveau atteints) divisé par la durée entre les points correspondants.
- 3.1.26 Par « moyenne en fonction de la distance », on entend la méthode de calcul de la moyenne d'un mesurande donné lors d'une manœuvre de freinage. La valeur résultante équivaut au résultat de l'intégration entre deux cas (seuil et fin de niveau atteints) divisé par la distance parcourue pendant le laps de temps correspondant.
- 3.1.27 Par « fréquence d'acquisition », on entend la fréquence à laquelle le système d'automatisation collecte des données pour les différents paramètres. La fréquence d'acquisition représente le nombre d'événements mesurés en 1 s pour chaque paramètre.
- 3.1.28 Par « fréquence d'acquisition élevée », on entend la fréquence d'acquisition du système de collecte des données qui est supérieure ou égale à 250 Hz. La fréquence d'échantillonnage élevée s'applique aux canaux du dynamomètre.

- 3.1.29 Par « fréquence d'acquisition basse », on entend la fréquence d'acquisition du système de collecte de données qui est inférieure ou égale à 10 Hz.
- 3.2 Configuration d'essai**
- 3.2.1 Par « dynamomètre de freinage », on entend un système technique qui impose, contrôle et enregistre l'action mécanique et électrique du frein soumis à l'essai tout en fonctionnant selon une procédure d'essai préprogrammée.
- 3.2.2 Par « capteur de mesure du couple », on entend le dispositif électromécanique qui convertit la contrainte de torsion sur le frein en un couple équivalent, obtenu à partir du taux de décélération angulaire et de l'inertie effective du frein.
- 3.2.3 Par « servocommande », on entend un système qui porte le couple de freinage ou la pression hydraulique à la valeur prévue (point de consigne). La servocommande fournit également l'algorithme permettant de contrôler la libération du couple ou de la pression de freinage à la fin de la décélération de freinage.
- 3.2.4 Par « dispositif de climatisation », on entend le système de ventilation qui envoie de l'air de refroidissement propre, conditionné et régulé dans le conduit de transport et le carter du frein.
- 3.2.5 Par « air de refroidissement », on entend l'air propre, conditionné et régulé fourni au frein par le dispositif de climatisation au moyen de la conduite comme prescrit pendant l'essai et décrit dans le présent RTM ONU.
- 3.2.6 Par « température de l'air de refroidissement », on entend la température du flux d'air de refroidissement mesurée en amont du carter du frein.
- 3.2.7 Par « humidité relative de l'air de refroidissement », on entend la quantité de vapeur d'eau présente dans le flux d'air de refroidissement, exprimée en pourcentage de la quantité nécessaire à la saturation à la même température. L'humidité relative de l'air de refroidissement est mesurée en amont du carter du frein.
- 3.2.8 Par « humidité absolue de l'air de refroidissement », on entend la quantité d'eau, en grammes, présente dans un kilogramme d'air sec. Elle est mesurée en amont de l'enceinte du frein.
- 3.2.9 Par « vitesse de l'air de refroidissement », on entend la vitesse moyenne du flux d'air de refroidissement, mesurée en temps réel dans la longueur d'un conduit rectiligne de forme et de section transversale constantes.
- 3.2.10 Par « débit d'air de refroidissement », on entend le débit moyen du flux d'air de refroidissement apporté au frein.
- 3.2.11 Par « débit maximal de fonctionnement », on entend le débit d'air de refroidissement maximal que le système peut atteindre tout en satisfaisant à toutes les prescriptions pertinentes en matière de conditionnement et de mesure de l'air de refroidissement définies dans le présent RTM ONU.
- 3.2.12 Par « débit minimal de fonctionnement », on entend le débit d'air de refroidissement minimal que le système peut atteindre tout en satisfaisant à toutes les prescriptions pertinentes en matière de conditionnement et de mesure de l'air de refroidissement définies dans le présent RTM ONU.
- 3.2.13 Par « carter du frein », on entend une chambre à conception aérodynamique par laquelle l'air de refroidissement entre par une extrémité et sort de l'autre. Il s'agit d'une chambre étanche qui empêche l'air non traité d'entrer et de se mélanger à l'air de refroidissement circulant autour du frein. Le carter du frein sert d'enveloppe de protection au frein.

3.2.14 Par « tunnel de prélèvement », on entend un conduit rigide reliant le carter du frein au plan de prélèvement. Le tunnel de prélèvement représente la partie du tunnel où les particules émises par le frein à l'intérieur du carter se dirigent vers les dispositifs de prélèvement et de mesure.

### 3.3 Matériel de freinage

3.3.1 Par « frein soumis à l'essai », on entend le frein à friction et les paramètres du véhicule associés, que le laboratoire d'essai utilise pour mesurer les émissions de particules des freins conformément au présent RTM ONU. Ces paramètres du véhicule comprennent ceux de la carrosserie, du groupe motopropulseur et d'autres systèmes nécessaires au calcul de la part du freinage à friction.

3.3.2 Par « dispositif de freinage », dans le cas des freins à disque, on entend l'ensemble formé par les disques, les plaquettes et l'étrier de frein compatibles, et le matériel associé (servant à monter, à fixer et à connecter le dispositif de freinage sur le support de frein et le dynamomètre) pour un véhicule et un essieu donnés. Dans le cas des freins à tambour, le dispositif de freinage comprend le tambour de frein, les mâchoires de frein, le plateau et le matériel associé (servant à monter, à fixer et à connecter le dispositif de freinage sur le support de frein et le dynamomètre) pour un véhicule et un essieu donnés. Le dispositif de freinage est monté sur un support de frein pour s'adapter et se connecter au dynamomètre de freinage.

3.3.3 Par « frein de service », on entend le système de freinage (à friction ou sans friction) permettant au conducteur de contrôler, directement ou indirectement et de manière graduelle, la vitesse d'un véhicule dans des conditions de conduite normales ou d'immobiliser le véhicule (arrêt).

3.3.4 Par « frein exclusivement à friction », on entend un frein de service monté sur un véhicule qui n'utilise que le frottement entre un disque ou un tambour de frein et les matériaux de friction correspondants.

3.3.5 Par « support de frein », on entend un dispositif mécanique ou un gabarit permettant de monter le dispositif de freinage en reliant la contre-pointe (ou surface non rotative) à l'arbre du dynamomètre de freinage (rotatif). Le côté de la contre-pointe (ou surface non rotative) absorbe le couple de freinage et les forces tangentielles associées. L'arbre rotatif transmet l'énergie cinétique de l'inertie d'essai du frein au dispositif de freinage.

3.3.6 Par « support de type universel », on entend un support de frein cylindrique et symétrique sans extensions ou saillies supplémentaires différentes de celles nécessaires au montage du dispositif de freinage. Un moyeu de roue n'est pas inclus dans le dispositif.

3.3.7 Par « support de type poteau », on entend un support de dynamomètre qui utilise des tubes ronds et rigides et des adaptateurs, au lieu du porte-fusée du véhicule, pour le montage du dispositif de freinage. Un moyeu de roue y est fixé pour compléter le dispositif.

3.3.8 Par « étrier de frein », on entend un dispositif mécanique qui convertit l'action du conducteur sur la pédale de frein en une force de serrage sur les plaquettes de frein pour produire le couple de freinage.

3.3.9 Par « disque de frein », on entend un dispositif rotatif d'usure contre lequel l'étrier de frein serre les plaquettes de frein dans un dispositif de frein à disque. Ce dispositif fait office de principal dispositif d'absorption et de dissipation de la chaleur, le frein transformant l'énergie cinétique du véhicule en chaleur.

3.3.10 Par « plaquette de frein », on entend un dispositif d'usure monté sur l'étrier de frein, qui se compose d'un plateau de pression structurel (métallique) et d'un élément en matériau de friction. Les plaquettes de frein se serrent contre le disque de frein, générant ainsi une force de frottement qui produit un ralentissement et donc le couple de freinage.

- 3.3.11 Par « tambour de frein », on entend un mécanisme rotatif d'usure contre lequel le cylindre de roue serre les mâchoires de frein dans un dispositif de frein à tambour. Ce mécanisme fait office de principal dispositif d'absorption et de dissipation de la chaleur, le frein transformant l'énergie cinétique du véhicule en chaleur.
- 3.3.12 Par « mâchoire de frein », on entend un dispositif d'usure constitué d'une mâchoire métallique structurelle arquée et d'un matériau de friction (soudé ou riveté). La mâchoire de frein est serrée contre le tambour afin de produire des frictions et donc le couple de freinage.
- 3.3.13 Par « numéro de référence du matériau de friction », on entend le code unique permettant d'identifier le fournisseur, la formulation et le marquage environnemental du matériau de friction.
- 3.3.14 Par « numéro de référence du disque ou du tambour », on entend le code unique étiqueté par le fabricant pour identifier le disque ou le tambour.
- 3.3.15 Par « voile ou excentricité de la piste », on entend le déplacement latéral total d'un point situé radialement à 10 mm vers l'extérieur de l'axe longitudinal de la piste de freinage extérieure du disque de frein, ou le déplacement radial total d'un point situé sur l'axe longitudinal de la piste de frottement intérieure du tambour de frein, pendant un tour complet.
- 3.3.16 Par « jeu de fonctionnement », on entend la distance axiale entre la piste de freinage du disque et la plaquette de frein pendant un tour complet, le frein étant desserré. Pour les freins à tambour, il s'agit de la distance radiale entre la piste intérieure du tambour et la mâchoire de frein.

#### **3.4 Cycle de freinage WLTP**

- 3.4.1 Par « cycle de conduite », on entend une série de points de données représentant la vitesse d'un véhicule en fonction du temps. Le cycle de conduite se compose de trajets individuels et chaque trajet consiste en une série d'événements séparés et consécutifs. Ces événements comprennent la levée de frein, l'accélération, la marche à vitesse constante et la décélération.
- 3.4.2 Par « cycle de freinage WLTP », on entend le cycle de conduite dérivé de l'activité du véhicule de la base de données de la procédure d'essai mondiale harmonisée pour les voitures particulières et les véhicules utilitaires légers d'une durée totale de 15 826 secondes plus les temps de refroidissement entre les trajets. Le cycle comprend 10 trajets et 303 décélérations de freinage.
- 3.4.3 Par « essai de mesure des émissions de freinage », on entend une séquence en trois phases (réglage du débit d'air de refroidissement, rodage des freins et mesure des émissions de freinage) visant à caractériser les particules émises par le frein soumis à l'essai.
- 3.4.4 Par « réglage du débit d'air de refroidissement », on entend la phase lors de laquelle le frein soumis à l'essai fait l'objet d'une procédure destinée à définir le débit d'air de refroidissement entrant approprié pour les phases de rodage et de mesure des émissions. Cette phase est également appelée « phase de réglage du refroidissement ».
- 3.4.5 Par « rodage des freins », on entend la phase consistant en une succession de manœuvres de freinage visant à doter le frein d'une couche de transfert stable, à assurer l'efficacité du freinage et à établir le comportement des freins en matière d'émissions avant de procéder à la mesure des émissions de freinage. Cette phase est également appelée « procédure de rodage » ou « phase de rodage ».
- 3.4.6 Par « mesure des émissions de freinage », on entend la phase de l'essai de mesure des émissions de freinage durant laquelle la masse de matières particulaires et le nombre de particules sont mesurés. Cette phase est également appelée « phase de mesure des émissions ».

- 3.4.7 Par « accélération », on entend une période mesurable pendant laquelle la vitesse linéaire augmente à un rythme connu jusqu'à une valeur de consigne prédéterminée. Cet événement précède toujours une marche à vitesse constante ou une décélération de freinage.
- 3.4.8 Par « marche à vitesse constante », on entend une période mesurable durant laquelle la vitesse linéaire (non nulle) est constante.
- 3.4.9 Par « levée de frein », on entend une pause mesurable et prévisible dans le freinage à vitesse nulle au cours du cycle.
- 3.4.10 Par « décélération de freinage », on entend une période mesurable du cycle durant laquelle la vitesse linéaire diminue à un rythme connu jusqu'à une vitesse de relâchement prédéterminée.
- 3.4.11 Par « taux de décélération », on entend le taux total de la réduction de la vitesse linéaire d'avancement du véhicule causée par l'application du frein de service, la résistance à l'avancement et le couple sans friction de la machine électrique.
- 3.4.12 Par « arrêt du freinage », on entend, de façon générale, une décélération de freinage permettant d'immobiliser le véhicule.
- 3.4.13 Par « freinage partiel », on entend, de façon générale, une décélération de freinage permettant de réduire la vitesse du véhicule à un niveau non nul.
- 3.4.14 Par « période de stabilisation thermique », on entend la période entre les trajets pendant laquelle le frein tourne à faible vitesse (environ cinq tours par minute ou moins) en attendant de refroidir et jusqu'à ce que sa température initiale atteigne le niveau prédéfini pour le début du trajet suivant.
- 3.4.15 Par « vitesse initiale », on entend la vitesse du véhicule au début d'une décélération de freinage.
- 3.4.16 Par « vitesse de relâchement », on entend la vitesse du véhicule à la fin d'une décélération de freinage.
- 3.4.17 Par « vitesse linéaire nominale », on entend la vitesse cible (ou de consigne) du véhicule à l'instant  $i$  selon le cycle de freinage WLTP.
- 3.4.18 Par « vitesse linéaire réelle », on entend la vitesse linéaire d'avancement du véhicule à l'instant  $i$  pendant l'exécution du cycle d'essai. Cette vitesse est aussi appelée « vitesse mesurée ».
- 3.4.19 Par « excès de vitesse », on entend tous les cas où la courbe de vitesse réelle du dynamomètre dépasse les limites de tolérance prescrites dans le présent RTM ONU lors du cycle de freinage WLTP.
- 3.4.20 Par « température initiale du frein », on entend la température globale du disque de frein ou du tambour de frein au début d'une manœuvre de freinage donnée au cours du cycle de freinage WLTP.
- 3.4.21 Par « température finale du frein », on entend la température globale du disque de frein ou du tambour de frein à la fin d'une manœuvre de freinage donnée au cours du cycle de freinage WLTP.
- 3.4.22 Par « température moyenne du frein », on entend la moyenne de la température résolue dans le temps du disque de frein ou du tambour de frein au cours d'une période prédéterminée.
- 3.4.23 Par « température maximale du frein », on entend la température la plus élevée du disque ou du tambour de frein mesurée lors d'une manœuvre de freinage donnée.
- 3.5 Mesure de la masse de matières particulaires et du nombre de particules**
- 3.5.1 Le terme « particule » est utilisé par convention pour les matières qui sont mesurées alors qu'elles sont en suspension dans l'air, et le terme « matière particulaire » pour les matières déposées.

- 3.5.2 Par « émissions en nombre de particules », on entend le nombre de particules émises par le frein soumis à l'essai, quantifié selon les méthodes de dilution, de prélèvement et de mesure spécifiées dans le présent RTM ONU.
- 3.5.3 Par « émissions en nombre de particules totales », on entend le nombre de particules totales (solides et volatiles) émises par le frein soumis à l'essai.
- 3.5.4 Par « TPN10 », on entend le nombre de particules totales (solides et volatiles) d'un diamètre nominal de mobilité électrique d'environ 10 nm et plus émises par le frein soumis à l'essai, quantifié selon les méthodes de dilution, de prélèvement et de mesure spécifiées dans le présent RTM ONU.
- 3.5.5 Par « émissions en nombre de particules solides », on entend le nombre de particules solides émises par le frein soumis à l'essai.
- 3.5.6 Par « SPN10 », on entend le nombre de particules solides d'un diamètre nominal de mobilité électrique d'environ 10 nm et plus émises par le frein soumis à l'essai, quantifié selon les méthodes de dilution, de prélèvement et de mesure spécifiées dans le présent RTM ONU.
- 3.5.7 Par « émissions de matières particulaires » (PM), on entend la masse de toutes les particules provenant d'un frein soumis à l'essai, quantifiée selon les méthodes de dilution, de prélèvement et de mesure spécifiées dans le présent RTM ONU.
- 3.5.8 Par « émissions de PM<sub>2,5</sub> », on entend les émissions de matières particulaires d'un diamètre aérodynamique d'environ 2,5 µm ou moins.
- 3.5.9 Par « émissions de PM<sub>10</sub> », on entend les émissions de matières particulaires d'un diamètre aérodynamique d'environ 10 µm ou moins.
- 3.5.10 Par « plan de prélèvement », on entend le plan fixe (perpendiculaire à l'axe du tunnel de prélèvement) où sont situées les entrées des buses de prélèvement.
- 3.5.11 Par « sonde de prélèvement », on entend le tube en acier inoxydable à paroi mince conçu pour extraire une portion représentative d'aérosols et la transférer du tunnel de prélèvement vers le système de mesure.
- 3.5.12 Par « buse de prélèvement », on entend un cylindre en acier inoxydable à paroi mince muni d'une pointe de buse tranchante qui se monte à l'entrée d'une sonde de prélèvement et vise à extraire de manière isocinétique l'aérosol du tunnel de prélèvement.
- 3.5.13 Par « pointe de la buse de prélèvement », on entend la section transversale amont de la buse de prélèvement par laquelle l'aérosol pénètre dans la buse.
- 3.5.14 Par « système de prélèvement de matières particulaires », on entend la série d'éléments dans lesquels l'aérosol se déplace après avoir pénétré dans la pointe de la buse de prélèvement. Ce système comprend, dans le sens du flux, la buse de prélèvement des matières particulaires, la sonde de prélèvement des matières particulaires, le dispositif de séparation des matières particulaires, la ligne de prélèvement des matières particulaires et le porte-filtre.
- 3.5.15 Par « dispositif de séparation des matières particulaires », on entend un dispositif permettant de séparer la portion des matières particulaires de l'aérosol présentant un intérêt conformément aux spécifications du présent RTM ONU.
- 3.5.16 Par « efficacité de séparation », on entend le rapport entre les particules écartées par le dispositif de séparation et l'ensemble des particules entrant dans ledit dispositif à un diamètre aérodynamique donné.
- 3.5.17 Par « ligne de prélèvement des matières particulaires », on entend le conduit rigide ou flexible reliant la sortie du dispositif de séparation des matières particulaires à l'entrée du porte-filtre.

- 3.5.18 Par « porte-filtre », on entend un dispositif permettant de collecter des matières particulaires sur des filtres conformément aux spécifications du présent RTM ONU.
- 3.5.19 Par « système de prélèvement de particules », on entend la série d'éléments dans lesquels l'aérosol se déplace après avoir pénétré dans la pointe de la buse de prélèvement. Ce système comprend – dans le sens du flux – la buse de prélèvement pour la mesure du nombre de particules, la sonde de prélèvement pour la mesure du nombre de particules, le séparateur primaire de particules, le tube de transfert de particules, le diviseur de flux (le cas échéant) et le système de mesure du nombre de particules.
- 3.5.20 Par « tube de transfert des particules », on entend le conduit flexible reliant la sortie de la sonde de prélèvement pour la mesure du nombre de particules à l'entrée du séparateur primaire de particules. Lorsque le séparateur primaire est directement relié à la sortie de la sonde de prélèvement, le tube de transfert des particules désigne le tuyau flexible reliant la sortie du séparateur primaire à l'entrée du système de mesure du nombre de particules.
- 3.5.21 Par « système de mesure du nombre de particules », on entend le système permettant de déterminer les concentrations en nombre de particules conformément au présent RTM ONU. Ce système se compose du système de conditionnement des échantillons, des conduites de transfert internes de particules et du compteur de particules.
- 3.5.22 Par « système de conditionnement des échantillons », on entend les parties des systèmes de mesure du nombre de particules qui diluent et conditionnent l'aérosol à fournir au compteur de particules pour déterminer le TPN10 et le SPN10.
- 3.5.23 Par « compteur de particules », on entend un dispositif permettant de déterminer la concentration en nombre de particules conformément aux spécifications du présent RTM ONU.
- 3.5.24 Par « conditions normales », on entend une pression égale à 101,325 kPa et une température de 273,15 K.
- 3.5.25 Par « émissions ambiantes », on entend la mesure de la concentration en nombre de particules à l'aide des mêmes instruments que pour les essais d'émissions, lorsque le système de conditionnement ambiant et le système de contrôle de l'air de refroidissement du dynamomètre fonctionnent dans les conditions d'essai, sans qu'aucune manœuvre de freinage ou rotation des freins ne vienne influencer le résultat.
- 3.6 Système d'essai**
- 3.6.1 Par « étalonnage », on entend le processus qui consiste à régler la réponse d'un système de mesure de manière telle que ses résultats correspondent à une valeur de référence.
- 3.6.2 Par « opération d'entretien importante », on entend le réglage, la réparation ou le remplacement d'un composant ou d'un module susceptible d'affecter l'exactitude d'une mesure.
- 3.6.3 Par « valeur de référence », on entend une valeur définie par une norme nationale ou internationale.
- 3.6.4 Par « point de consigne », on entend une valeur de consigne qu'un système de réglage est censé maintenir.
- 3.6.5 Par « vérification », on entend le fait d'évaluer si les résultats d'un système de mesure concordent avec une série de valeurs de référence appliquées dans le cadre d'une ou plusieurs valeurs limites d'acceptation prédéterminées.

- 3.6.6 Par « temps de réponse », on entend la différence de temps entre la variation du constituant à mesurer au point de référence et une réponse du système de mesure de 90 % de la valeur de mesure finale ( $t_{90}$ ), l'entrée de la buse de prélèvement étant définie comme point de référence ; la variation du constituant mesuré doit être d'au moins 60 % de l'amplitude totale et se produire en moins de 0,1 s. Le temps de réponse se compose du temps de retard du système et du temps de montée du système.
- 3.6.7 Par « temps de descente », on entend la différence de temps entre  $t_{90}$  et  $t_{10}$ , lorsque la variation du constituant à mesurer au point de référence passe de 90 % à 10 % de la valeur initiale, si la variation du signal de réglage se produit en moins de 0,1 seconde.
- 3.6.8 Par « dérive », on entend la variation du signal mesuré sur une période définie pour un point de consigne donné sous l'influence de facteurs tels que la température, la pression, la tension ou l'intensité électrique.
- 3.7 Freinage sans friction**
- 3.7.1 Par « freinage à friction », au sens du présent RTM ONU, on entend la décélération du véhicule obtenue au moyen du système de freinage à friction, les forces de freinage étant produites par le frottement entre deux pièces en mouvement relatif faisant partie du véhicule.
- 3.7.2 Par « freinage sans friction », au sens du présent RTM ONU, on entend la décélération du véhicule obtenue par différents moyens techniques en plus du système de freinage à friction, par exemple le freinage à récupération. Ce freinage s'applique aux véhicules électriques purs et aux véhicules électriques hybrides dont le SRSEE de traction a une tension nominale supérieure à 20 V.
- 3.7.3 Par « freinage exclusivement à friction », au sens du présent Règlement, on entend la décélération du véhicule obtenue uniquement au moyen d'un système de frein exclusivement à friction.
- 3.7.4 Par « machine électrique », on entend un convertisseur d'énergie transformant l'énergie électrique en énergie mécanique.
- 3.7.5 Par « catégorie de convertisseur de propulsion », on entend i) un moteur à combustion interne ou ii) une machine électrique.
- 3.7.6 Par « véhicule électrique hybride » (VEH), on entend un véhicule hybride dont un des convertisseurs de propulsion est une machine électrique.
- 3.7.7 Par « véhicule hybride », on entend un véhicule dont le groupe motopropulseur comprend au moins deux catégories différentes de convertisseurs de propulsion et au moins deux catégories différentes de systèmes de stockage de l'énergie de propulsion.
- 3.7.8 Par « véhicule électrique hybride non rechargeable de l'extérieur » (VEH-NRE), on entend un véhicule électrique hybride qui ne peut pas être rechargé depuis une source extérieure. Dans le présent RTM ONU, les VEH-NRE sont répartis en deux groupes, les « VEH-NRE de catégorie 1 » et les « VEH-NRE de catégorie 2 », en fonction de la tension nominale de leur SRSEE de traction.
- 3.7.8.1 Par « véhicule électrique hybride non rechargeable de l'extérieur de catégorie 1 » (VEH-NRE de catégorie 1), on entend un véhicule électrique hybride qui ne peut pas être rechargé depuis une source extérieure et qui est doté d'un SRSEE de traction dont la tension nominale est supérieure à 20 V et inférieure ou égale à 60 V.

- 3.7.8.2 Par « véhicule électrique hybride non rechargeable de l'extérieur de catégorie 2 » (VEH-NRE de catégorie 2), on entend un véhicule électrique hybride qui ne peut pas être rechargé depuis une source extérieure et qui est doté d'un SRSEE de traction dont la tension nominale est supérieure à 60 V.
- 3.7.9 Par « véhicule électrique hybride rechargeable de l'extérieur » (VEH-RE), on entend un véhicule électrique hybride qui peut être rechargé depuis une source extérieure.
- 3.7.10 Par « véhicule électrique pur » (VEP), on entend un véhicule équipé d'un groupe motopropulseur comportant exclusivement des machines électriques comme convertisseurs de propulsion et des systèmes rechargeables de stockage de l'énergie électrique comme systèmes de stockage de l'énergie de propulsion.
- 3.7.11 Par « véhicule équipé uniquement de moteurs à combustion interne », on entend un véhicule dont tous les convertisseurs de propulsion sont des moteurs à combustion interne.
- 3.7.12 Par « système rechargeable de stockage de l'énergie électrique (SRSEE) », on entend le système rechargeable de stockage de l'énergie électrique qui fournit l'énergie électrique pour la traction.
- 3.7.13 Par « véhicule de base d'une famille d'émissions de freinage », on entend un véhicule unique choisi au sein d'une famille d'au moins deux véhicules équipés du même système de freinage.

## 4. Abréviations et symboles

### 4.1. Abréviations

Le tableau 4.1 présente une liste des abréviations utilisées dans le présent RTM ONU, assorties d'une brève description et de l'unité de mesure correspondante (le cas échéant).

Tableau 4.1  
**Abréviations**

<i>Abréviation</i>	<i>Définition</i>	<i>Unité</i>
ABT	Température moyenne des freins pendant le trajet n° 10	°C
AH	Humidité absolue	mg H <sub>2</sub> O/kg air sec
BRO	Voile ou excentricité de la piste	µm
CSV	Valeurs séparées par des virgules	–
DM	Masse du disque avant l'essai	kg
DOP	Phtalate de dioctyle	–
CEE	Commission économique pour l'Europe	–
EF	Coefficient d'émission	–
NE	« Norme européenne » – Norme technique européenne	–
FA	Essieu avant du véhicule	–
FAF	Répartition de la force de freinage sur l'essieu avant	%
FBT	Température finale du frein (à la fin de la manœuvre de freinage)	°C

<i>Abréviation</i>	<i>Définition</i>	<i>Unité</i>
H13	Filtre à air à haute efficacité ayant une efficacité de filtrage d'au moins 99,95 %	–
HEPA	Filtre à particules à haute efficacité	–
IBT	Température initiale du frein (au début de la manœuvre de freinage)	°C
IR	Rapport isocinétique	–
L0-P	Support de frein de type poteau relié au moyeu de roue	–
L0-U	Support de frein de type universel non relié au moyeu de roue	–
LHC	Angle gauche du véhicule	–
MOM	Masse en ordre de marche	kg
MVL	Charge maximale du véhicule	kg
VEH-NRE	Véhicule électrique hybride non rechargeable de l'extérieur	–
VEH-NRE de catégorie 1	Véhicule électrique hybride non rechargeable de l'extérieur de catégorie 1	–
VEH-NRE de catégorie 2	Véhicule électrique hybride non rechargeable de l'extérieur de catégorie 2	–
OD	Diamètre extérieur du disque/tambour	mm
ODS	Feuille de calcul OpenDocument	–
VEH-RE	Véhicule électrique hybride rechargeable de l'extérieur	–
VEP	Véhicule électrique pur	–
Plan A	Plan vertical aligné avec l'entrée du carter	–
Plan A <sub>1</sub>	Plan horizontal aligné avec l'axe de rotation du frein et l'axe du conduit	–
Plan B	Plan vertical à la fin de la transition entre le conduit d'entrée et la partie centrale du carter, perpendiculaire à l'axe du conduit	–
Plan C	Plan vertical tangent au frein le plus grand pour les catégories de véhicules M1 et N1, perpendiculaire à l'axe du conduit	–
Plan D	Plan vertical aligné avec l'axe de rotation du frein	–
PND1	Dilueur de particules principal	–
PND2	Dilueur de particules secondaire	–
PAO	Polyalphaoléfine	–
PBT	Température maximale du frein lors de la manœuvre de freinage	°C
PCRF	Facteur de réduction de la concentration des particules	–
PM	Matières particulaires (masse)	mg

<i>Abréviation</i>	<i>Définition</i>	<i>Unité</i>
PM <sub>2,5</sub>	Matières particulaires pour les aérosols dont le diamètre aérodynamique est inférieur à 2,5 µm (masse)	mg
PM <sub>2,5</sub> EF <sub>ref</sub>	Coefficient d'émission de PM <sub>2,5</sub> de référence du frein soumis à l'essai avant l'application du coefficient correspondant à la part du freinage à friction	mg/km
PM <sub>2,5</sub> EF	Coefficient final d'émission de PM <sub>2,5</sub>	mg/km
PM <sub>10</sub>	Matières particulaires pour les aérosols dont le diamètre aérodynamique est inférieur à 10 µm (masse)	mg
PM <sub>10</sub> EF <sub>ref</sub>	Coefficient d'émission de PM <sub>10</sub> de référence du frein soumis à l'essai avant l'application du coefficient correspondant à la part du freinage à friction	mg/km
PM <sub>10</sub> EF	Coefficient final d'émission de PM <sub>10</sub>	mg/km
PN	Nombre de particules	#
PNC	Compteur de particules	–
PTFE	Polytétrafluoroéthylène	–
PTT	Tube de transfert de particules	–
RA	Essieu arrière du véhicule	–
RAF	Répartition de la force de freinage sur l'essieu arrière	%
SRSEE	Système rechargeable de stockage de l'énergie électrique	–
RH	Humidité relative	%
RHC	Angle droit du véhicule	–
SPN10	Nombre de particules solides de plus de 10 nm (concentration)	#/cm <sup>3</sup>
SPN10 EF <sub>ref</sub>	Coefficient d'émission en SPN10 de référence du frein soumis à l'essai avant l'application du coefficient correspondant à la part du freinage à friction	#/km
SPN10 EF	Coefficient final d'émission en SPN10	#/km
SAE	SAE International	–
SEE	Erreur-type d'estimation	–
TPN10	Nombre de particules totales de plus de 10 nm (concentration)	#/cm <sup>3</sup>
TPN10 EF <sub>ref</sub>	Coefficient d'émission en TPN10 de référence du frein soumis à l'essai avant l'application du coefficient correspondant à la part du freinage à friction	#/km
TPN10 EF	Coefficient final d'émission en TPN10	#/km
ULPA	Air à très faible teneur en matières particulaires	–
RTM ONU	Règlement technique mondial ONU	–
VPR	Séparateur de particules volatiles	–
WLTP	Procédure d'essai mondiale harmonisée pour les voitures particulières et les véhicules utilitaires légers	–

## 4.2. Symboles

Le tableau 4.2 présente une liste des symboles utilisés dans le présent RTM ONU, assortis d'une brève description et de l'unité de mesure correspondante (le cas échéant).

Tableau 4.2  
Symboles

<i>Symbole</i>	<i>Définition</i>	<i>Unité</i>
a	Angle de transition du carter du frein	°
a <sub>1</sub>	Distance minimale entre les sondes de prélèvement	mm
a <sub>2</sub>	Distance minimale entre les sondes de prélèvement et les parois du tunnel	mm
a	Décélération	m/s <sup>2</sup>
A <sub>1...3</sub>	Températures cibles	°C
B <sub>1...3</sub>	Températures mesurées	°C
C <sub>1...3</sub>	Différence entre les températures cibles et les températures mesurées	°C
c	Coefficient correspondant à la part du freinage à friction	–
d	Distance totale parcourue sur le trajet n° 10 du cycle de freinage WLTP	km
d <sub>i</sub>	Diamètre intérieur du tunnel de prélèvement	mm
d <sub>n</sub>	Diamètre intérieur de la buse de prélèvement (s'applique à la fois à la masse de matières particulaires et au nombre de particules)	mm
d <sub>n-PM<sub>2,5</sub></sub>	Diamètre intérieur de la buse isocinétique pour le prélèvement des PM <sub>2,5</sub>	mm
d <sub>n-PM<sub>10</sub></sub>	Diamètre intérieur de la buse isocinétique pour le prélèvement des PM <sub>10</sub>	mm
d <sub>n-SPN<sub>10</sub></sub>	Diamètre intérieur de la buse isocinétique pour la mesure du SPN <sub>10</sub>	mm
d <sub>n-TPN<sub>10</sub></sub>	Diamètre intérieur de la buse isocinétique pour la mesure du TPN <sub>10</sub>	mm
d <sub>piston</sub>	Diamètre hydraulique du piston de l'étrier	mm
d <sub>p</sub>	Diamètre intérieur de la sonde de prélèvement (s'applique à la fois à la masse des matières particulaires et au nombre de particules)	mm
d <sub>s</sub>	Diamètre intérieur de la ligne de prélèvement des particules	mm
d <sub>tl</sub>	Diamètre intérieur de la conduite de transfert interne de particules	mm
d <sub>tt</sub>	Diamètre intérieur du tube de transfert de particules	mm
d <sub>x</sub>	Diamètre de mobilité électrique	µm
η	Efficacité de l'étrier ou du tambour de frein	%

<i>Symbole</i>	<i>Définition</i>	<i>Unité</i>
f	Vitesse de rotation du frein	tr/min
fr (d <sub>x</sub> )	PCRF de chaque particule d'un diamètre de mobilité électrique d <sub>x</sub>	–
f <sub>r-SPN10</sub>	Moyenne arithmétique du PCRF pour le dispositif de mesure du SPN10	–
f <sub>r-TPN10</sub>	Moyenne arithmétique du PCRF pour le dispositif de mesure du TPN10	–
h <sub>B</sub>	Longueur du plan B (carter)	mm
h <sub>D</sub>	Longueur du plan D (carter)	mm
H <sub>e</sub>	Point qui indique la fin de la partie horizontale obligatoire dans la configuration	–
H <sub>s</sub>	Point qui indique le début de la partie horizontale obligatoire dans la configuration	–
I <sub>n</sub>	Inertie nominale du frein	kg·m <sup>2</sup>
I <sub>t</sub>	Inertie d'essai du frein	kg·m <sup>2</sup>
l <sub>A1</sub>	Longueur du plan A <sub>1</sub> (carter)	mm
l <sub>i</sub>	Longueur de la transition d'entrée ou de sortie du carter du frein	mm
l <sub>1</sub>	Hauteur du carter au niveau du plan C	mm
l <sub>2</sub>	Profondeur du carter au niveau du plan C	mm
L <sub>1</sub>	Longueur minimale du conduit rectiligne en amont de l'entrée du carter du frein	mm
L <sub>2</sub>	Longueur minimale du conduit rectiligne entre la dernière perturbation en amont du plan de prélèvement et ce plan	mm
L <sub>3</sub>	Longueur minimale du conduit rectiligne entre le plan de prélèvement et la perturbation suivante en aval de ce plan	mm
L <sub>4</sub>	Longueur minimale du conduit rectiligne entre la dernière perturbation en amont du débitmètre et le débitmètre	mm
L <sub>5</sub>	Longueur minimale du conduit rectiligne entre le débitmètre et la perturbation suivante	mm
μ	Variable de friction moyenne par unité de distance pour les freins à disque (Coefficient de frottement)	–
M <sub>Mix</sub>	Masse molaire de l'air dans la chambre de pesage	g/mol
M <sub>veh</sub>	Masse d'essai du véhicule à simuler sur le dynamomètre	kg
ν	Viscosité cinématique de l'air	m <sup>2</sup> /s
N <sub>in</sub> (d <sub>x</sub> )	Concentration en amont des particules de mobilité électrique d <sub>x</sub>	nombre/cm <sup>3</sup>
N <sub>out</sub> (d <sub>x</sub> )	Concentration en aval des particules de mobilité électrique d <sub>x</sub>	nombre/cm <sup>3</sup>
NQ	Débit d'air de refroidissement normalisé moyen	Nm <sup>3</sup> /h

<i>Symbole</i>	<i>Définition</i>	<i>Unité</i>
$NQ_{PM_{2,5}}$	Débit de prélèvement normalisé moyen des $PM_{2,5}$	Nl/min
$NQ_{PM_{10}}$	Débit de prélèvement normalisé moyen des $PM_{10}$	Nl/min
$NQ_{TPN_{10}}$	Débit de prélèvement normalisé moyen pour la mesure du TPN10	Nl/min
$NQ_{SPN_{10}}$	Débit de prélèvement normalisé moyen pour la mesure du SPN10	Nl/min
$NQ_s$	Débit d'air normalisé moyen dans la buse de prélèvement	Nm <sup>3</sup> /h
$P_b$	Pression atmosphérique dans la chambre de pesage	kPa
$P_{brake}$	Pression des freins	kPa
$P_r$	Pénétration des particules	%
$P_{threshold}$	Pression seuil nécessaire pour produire le couple de freinage	kPa
$Pe_{(2,5)}$	Charge du filtre de $PM_{2,5}$ corrigée pour la flottabilité	mg
$Pe_{(10)}$	Charge du filtre de $PM_{10}$ corrigée pour la flottabilité	mg
$Pe_{(Corrected)}$	Masse du filtre corrigée pour la flottabilité	mg
$Pe_{(Uncorrected)}$	Masse du filtre non corrigée pour la flottabilité	mg
$Q$	Débit d'air de refroidissement mesuré moyen (réel)	m <sup>3</sup> /h
$Q_{set}$	Débit d'air de refroidissement nominal (ou de consigne)	m <sup>3</sup> /h
$Q_{PM_{2,5}}$	Débit de prélèvement d'échantillons de $PM_{2,5}$ (réel)	l/min
$Q_{PM_{2,5}-set}$	Débit nominal (ou de consigne) de prélèvement d'échantillons de $PM_{2,5}$	l/min
$Q_{PM_{10}}$	Débit de prélèvement d'échantillons de $PM_{10}$ (réel)	l/min
$Q_{PM_{10}-set}$	Débit nominal (ou de consigne) de prélèvement d'échantillons de $PM_{10}$	l/min
$r_b$	Rayon de courbure du conduit d'air de refroidissement	mm
$r_{eff}$	Rayon effectif du frein	mm
$r_p$	Rayon de courbure de la sonde de prélèvement ou de la ligne de prélèvement	mm
$r_R$	Rayon de roulement dynamique du pneumatique	mm
$\rho_a$	Densité de l'air	kg/m <sup>3</sup>
$\rho_f$	Densité du matériau du filtre à matières particulaires	kg/m <sup>3</sup>
$\rho_w$	Densité de l'objet utilisé pour l'étalonnage de la microbalance destinée aux matières particulaires	kg/m <sup>3</sup>
$SPN_{10\#}$	Concentration normalisée moyenne en SPN10, corrigée par le PCRF	#/Ncm <sup>3</sup>
$SPN_{10_{back}}$	Concentration normalisée moyenne en SPN10 pendant la vérification de la concentration ambiante de particules	#/Ncm <sup>3</sup>
$SPN_{10_b EF}$	SPN10 moyen par unité de distance parcourue pendant la vérification de la concentration ambiante de particules	#/km

<i>Symbole</i>	<i>Définition</i>	<i>Unité</i>
$S_p$	Signal de sortie pour la pression de l'air de refroidissement	kPa
$S_Q$	Signal de sortie pour le débit d'air de refroidissement	m <sup>3</sup> /h
$S_{RH}$	Signal de sortie pour l'humidité relative de l'air de refroidissement	%
$S_t$	Signal de sortie pour la température de l'air de refroidissement	°C
$t_{brake}$	Durée totale de la manœuvre de décélération (durée d'arrêt)	s
$t_{90}$	Temps de réponse du compteur de particules	s
$\tau_{brake}$	Couple de freinage	N·m
$\tau_{brake-avg}$	Couple de freinage moyen dans le temps	N·m
$T$	Température de l'air de refroidissement	°C
$T_a$	Température de l'air dans la chambre de pesage	°C
$t_{brake}$	Température des freins (disque/tambour)	°C
$TPN_{10\#}$	Concentration normalisée moyenne en TPN10, corrigée par le PCRF	#/Ncm <sup>3</sup>
$TPN_{10back}$	Concentration normalisée moyenne en TPN10 pendant la vérification de la concentration ambiante de particules	#/Ncm <sup>3</sup>
$TPN_{10b EF}$	TPN10 moyen par unité de distance parcourue pendant la vérification de la concentration ambiante de particules	#/km
$U$	Vitesse moyenne de l'air de refroidissement	km/h
$U_s$	Vitesse moyenne de l'air entrant dans la buse de prélèvement	km/h
$V$	Vitesse linéaire réelle moyenne du cycle de freinage WLTP	km/h
$V_{set}$	Vitesse linéaire nominale moyenne du cycle de freinage WLTP	km/h
$W_f$	Travail de frottement spécifique	J/kg
$WL_n$	Charge nominale de la roue compte non tenu de la résistance à l'avancement du véhicule ou de tout autre type de perte	kg
$WL_{n-f}$	Charge nominale de la roue avant compte non tenu de la résistance à l'avancement du véhicule ou de tout autre type de perte	kg
$WL_{n-r}$	Charge nominale de la roue arrière compte non tenu de la résistance à l'avancement du véhicule ou de tout autre type de perte	kg
$WL_t$	Charge d'essai de la roue compte tenu de la résistance à l'avancement du véhicule ou de tout autre type de perte	kg
$WL_{t-f}$	Charge d'essai de la roue avant compte tenu de la résistance à l'avancement du véhicule ou de tout autre type de perte	kg
$WL_{t-r}$	Charge d'essai de la roue arrière compte tenu de la résistance à l'avancement du véhicule ou de tout autre type de perte	kg

## 5. Prescriptions générales

### 5.1 Prescriptions relatives à la conformité

La conformité d'un frein au présent RTM ONU est évaluée sur la base des limites d'émission régionales définies par chaque Partie contractante. Elle doit être démontrée par des essais réalisés sur le frein le moins performant d'une famille de freins, conformément aux paragraphes 6 à 14 du présent RTM ONU.

### 5.2 Famille d'émissions de freinage

Une famille d'émissions de freinage est définie par un dispositif de freinage comprenant l'étrier, le disque ou l'ensemble tambour-plateau, la plaquette ou la mâchoire, et certains autres paramètres du véhicule.

#### 5.2.1 Caractéristiques des familles d'émissions de freinage

Tous les types de véhicules, quel que soit leur niveau d'électrification, peuvent faire partie d'une même famille d'émissions de freinage. Seuls les véhicules ayant un dispositif de freinage identique en ce qui concerne les caractéristiques énumérées aux points a) à d) ci-après peuvent faire partie de la même famille d'émissions de freinage, étant entendu que les critères d'admissibilité à la famille des émissions de freinage pourront être élargis dans le premier amendement au présent RTM ONU :

- a) Type d'étrier (étrier flottant ou fixe, nombre et taille des pistons, type d'éléments de rétraction) ;
- b) Type de frein : frein à disque (surface de frottement, revêtement, simple/double/ventilé/solide, dimensions, masse, formulation du matériau) ou ensemble tambour-plateau (surface de frottement, un ou deux cylindres, dimensions, masse, formulation du matériau) ;
- c) Type de matériau de friction : plaquette (surface de frottement, taille, forme, matériau, plateau de frein, formulation du matériau) ou mâchoire (surface de frottement, taille, conception, matériau, plateau de frein, formulation du matériau) ;
- d) Toute autre caractéristique ayant une influence non négligeable sur les émissions de freinage (par exemple, les systèmes novateurs de réduction des émissions de freinage).

#### 5.2.2 Véhicule de base d'une famille d'émissions de freinage

Parmi tous les véhicules équipés d'un dispositif de freinage identique tel que décrit au paragraphe 5.2.1, le véhicule pour lequel le produit du coefficient correspondant à la part du freinage à friction (c) et de la charge d'essai de la roue telle que définie au paragraphe 3.1.14 ( $W_{Lr} \cdot c$ ) est le plus élevé est choisi comme véhicule de base de la famille d'émissions de freinage. Le tableau 5.1 indique le coefficient correspondant à la part du freinage à friction pour chaque type de véhicule visé par le présent RTM ONU. Si le produit de la charge d'essai de la roue et du coefficient correspondant à la part du freinage à friction est le même pour deux véhicules ou plus de la même famille d'émissions de freinage, le véhicule ayant le rayon de roulement dynamique le plus faible est choisi comme véhicule de base de la famille d'émissions de freinage.

Tableau 5.1  
**Coefficients correspondant à la part du freinage à friction  
pour tous les types de véhicules**

<i>Type de freinage</i>	<i>Type de véhicule</i>	<i>Coefficient correspondant à la part du freinage à friction (c)</i>
Freinage exclusivement à friction	Véhicules à moteur à combustion interne et autres types de véhicules non couverts par les catégories de freinage sans friction du présent tableau	1,0
Freinage sans friction	VEH-NRE de catégorie 1	0,63
	VEH-NRE de catégorie 2	0,45
	VEH-RE	0,30
	VEP	0,15

*Note* : Une méthode d'essai détaillée permettant de déterminer les coefficients correspondant à la part du freinage à friction pour certains véhicules figurera dans le premier amendement au présent RTM ONU.

Le produit du coefficient correspondant à la part du freinage à friction et de la charge d'essai de la roue ne doit servir qu'à déterminer le véhicule de base de la famille d'émissions de freinage. Il ne doit pas être utilisé comme paramètre d'entrée dans le cadre de l'essai de mesure des émissions provenant du dispositif de freinage. On doit éprouver le dispositif de freinage sur le banc d'essai en utilisant la charge d'essai de la roue correspondant au véhicule de base de la famille d'émissions de freinage, comme décrit au paragraphe 8.1.1 (lorsque le véhicule de base de la famille est un véhicule équipé uniquement d'un moteur à combustion interne) ou au paragraphe 8.1.2 (lorsque le véhicule de base de la famille est un VEH-NRE, un VEH-RE ou un VEP) du présent RTM ONU.

Les coefficients finals d'émission de matières particulaires et d'émissions en nombre de particules du véhicule de base de la famille d'émissions de freinage sont calculés par multiplication des émissions de référence de matières particulaires et en nombre de particules du frein soumis à l'essai par la valeur *c* du véhicule de base de la famille d'émissions de freinage, comme décrit aux paragraphes 12.1.5 et 12.2.4 du présent RTM ONU, respectivement.

### 5.3 Prescriptions relatives aux arrondis

Aux fins de leur traitement, toutes les données doivent comporter au moins six chiffres significatifs. Dans le cas contraire, tous les chiffres significatifs disponibles doivent être conservés. Il n'est pas permis d'arrondir les résultats intermédiaires. Les valeurs finales d'un paramètre donné peuvent être arrondies au nombre de chiffres significatifs nécessaire pour respecter le nombre de décimales défini pour ce paramètre au paragraphe 13 du présent RTM ONU.

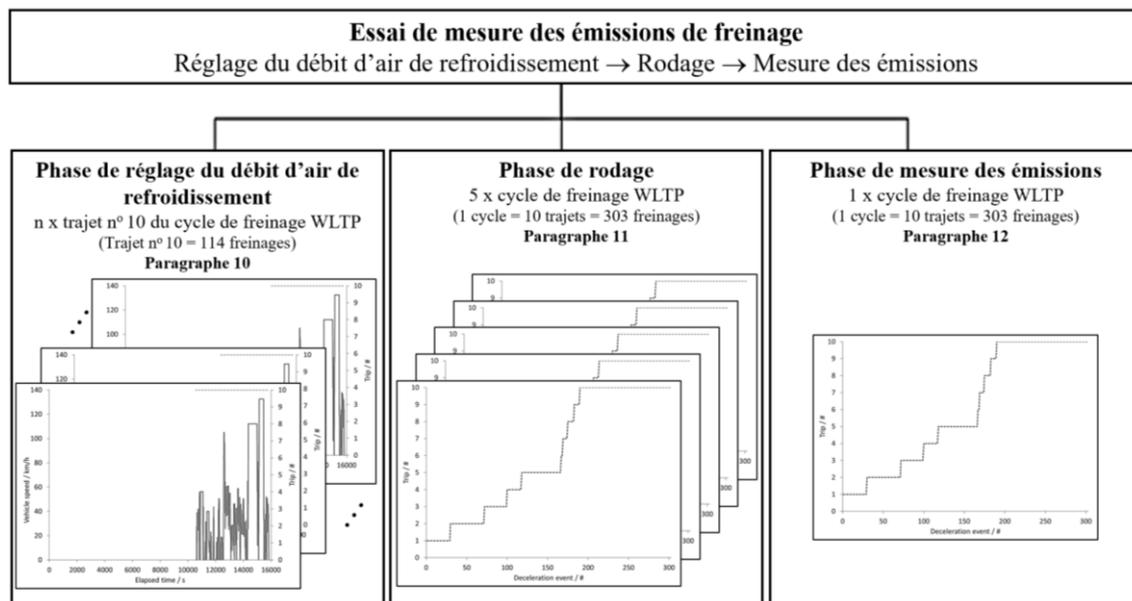
## 6. Aperçu général

### 6.1 Phase de l'essai

Un essai de mesure des émissions de freinage se déroule en trois phases dont chacune comprend un ou plusieurs trajets assortis d'une série d'événements. Les principaux événements qui font intervenir les freins et produisent ainsi des émissions sont les décélérations. La figure 6.1 présente un aperçu schématique d'un essai de mesure des émissions de freinage.

Figure 6.1

**Schéma des essais de mesure des émissions de freinage pour les véhicules équipés d'un système de freinage exclusivement à friction**



Les trois phases de l'essai de mesure des émissions de freinage sont les suivantes :

- Réglage du débit d'air de refroidissement du frein. Cette phase est réalisée sur le trajet n° 10 du cycle de freinage WLTP ; elle est décrite en détail au paragraphe 10 ;
- Rodage du frein. Pour cette phase, décrite en détail au paragraphe 11, le cycle de freinage WLTP est répété cinq fois ;
- Mesure des émissions de freinage. Pour cette phase, décrite en détail au paragraphe 12, le cycle de freinage WLTP est effectué une fois.

## 6.2 Étapes de la procédure d'essai

Pour réaliser correctement l'essai de mesure des émissions de freinage, le laboratoire d'essai doit suivre et consigner les étapes suivantes :

- S'assurer que le système d'essai satisfait aux prescriptions définies au paragraphe 7 concernant la configuration du système, le débit d'air de refroidissement, la température et le contrôle de l'humidité, les capacités du dynamomètre de freinage et la conception du carter du frein, du tunnel de prélèvement et du plan de prélèvement ;
- Satisfaire à toutes les prescriptions définies au paragraphe 8 concernant la préparation de l'essai, notamment le calcul et l'application des bons paramètres d'entrée, la configuration d'essai, la mesure de la température du frein et le positionnement du frein dans le carter ;
- Être en mesure de réaliser le cycle de freinage WLTP conformément au paragraphe 9 et effectuer des contrôles de qualité donnant des résultats satisfaisants ;
- Procéder au réglage du débit d'air de refroidissement du frein comme défini au paragraphe 10 ;
- Effectuer le rodage du frein tel que défini au paragraphe 11 ;

- f) Appliquer toutes les dispositions du paragraphe 12 concernant la mesure des émissions de freinage, y compris la masse de matières particulaires, le nombre de particules et la perte de masse du matériel de freinage d'usure ;
- g) Consigner les résultats de l'essai conformément au paragraphe 13 ;
- h) Se conformer aux dispositions du paragraphe 14 relatives aux prescriptions minimales d'étalonnage et aux évaluations périodiques de l'appareillage et de la configuration utilisés.

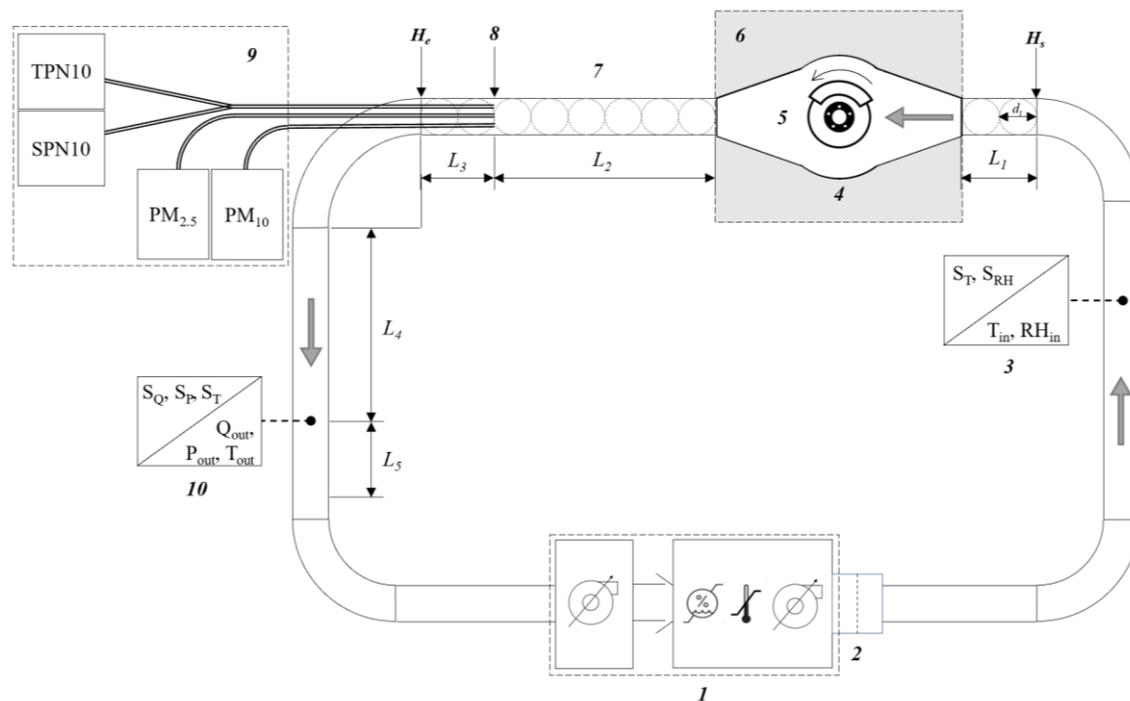
## 7. Prescriptions relatives au système d'essai

### 7.1 Présentation générale du système d'essai

Le présent RTM ONU définit une méthode d'essai type sur dynamomètre visant à réaliser des mesures répétables et reproductibles des émissions de particules des freins. La technique de réalisation des essais de mesure de ces émissions nécessite une approche systémique. Pour réaliser un essai de mesure des émissions de freinage valable, il faut assurer l'intégration solide de plusieurs sous-systèmes afin de garantir que le cycle d'essai, l'air de refroidissement, la commande du dynamomètre, le carter du frein, le tunnel de prélèvement, les systèmes de prélèvement des aérosols et la collecte des données satisfont aux prescriptions spécifiées dans le présent RTM ONU.

Figure 7.1

#### Configuration indicative pour la réalisation d'un essai de mesure des émissions de freinage en laboratoire



*Note* : Dans cette configuration, le tunnel de prélèvement est directement relié au carter du frein et trois sondes de prélèvement sont utilisées (il est également possible d'avoir recours à quatre sondes de prélèvement). Le tunnel de prélèvement peut aussi être coudé en aval du carter et en amont du plan de prélèvement. Le dynamomètre de freinage n'est pas représenté, mais seulement indiqué (zone grise), une représentation graphique de cet élément étant donnée à la figure 7.2.

La figure 7.1 présente un schéma qui comporte les sous-systèmes au minimum nécessaires à la réalisation d'un essai de mesure des émissions de freinage au moyen d'un dynamomètre de freinage. Le schéma comporte un dispositif de climatisation doté d'une ou de plusieurs soufflantes à débit variable envoyant de l'air conditionné à l'installation. L'air conditionné entre dans un carter de frein conçu pour contenir entièrement le dispositif de freinage soumis à l'essai. Le dynamomètre de freinage permet de réaliser et de contrôler l'essai du frein. Le carter est directement relié au tunnel de prélèvement au bout duquel sont montées trois (ou quatre) sondes de prélèvement servant à extraire l'aérosol du tunnel et à le diriger vers le dispositif de mesure des émissions de matières particulaires (PM) et des émissions en nombre de particules (PN). Un débitmètre est installé dans le tunnel en aval du plan de prélèvement. L'emplacement et les dimensions des différents éléments sont donnés à titre indicatif à des fins d'illustration. La stricte conformité à la figure 7.1 n'est donc pas exigée.

Il existe plusieurs configurations acceptées pour les sous-systèmes de traitement et de contrôle de l'air. Tous les modèles peuvent utiliser le même dynamomètre de frein (non représenté), le même logiciel de contrôle, le même système d'acquisition de données et le même support de frein. Toutefois, le laboratoire d'essai doit veiller à ce que toutes les configurations présentent au moins les sous-systèmes et les caractéristiques énoncés dans le tableau 7.1. Des informations détaillées concernant les différents éléments de la configuration figurent aux paragraphes correspondants du présent RTM ONU, comme indiqué dans le tableau 7.1.

Tableau 7.1

**Sous-systèmes et caractéristiques requis pour le montage d'essai de mesure des émissions de freinage, tel que décrit à la figure 7.1**

<i>Élément</i>	<i>Sous-Système</i>
1	Dispositif de climatisation muni d'une ou de plusieurs soufflantes à débit variable et d'un système de contrôle de la température et de l'humidité de l'air, tel que décrit au paragraphe 7.2.1.
2	Filtre de l'air de refroidissement, tel que décrit au paragraphe 7.2.2.1.
3	Capteurs de température et d'humidité de l'air de refroidissement placés en amont du carter du frein, tels que décrits aux paragraphes 7.2.1.1 et 7.2.1.2.
4	Carter de frein tel que décrit au paragraphe 7.4.
5	Dispositif de freinage relié au dynamomètre de freinage, tel que décrit au paragraphe 8.4.1.
6	Dynamomètre de freinage (non représenté, mais seulement indiqué en gris) tel que décrit au paragraphe 7.3.
7	Tunnel de prélèvement tel que décrit au paragraphe 7.5.
8	Plan de prélèvement équipé des sondes de prélèvement correspondantes pour la mesure des émissions de matières particulaires et des émissions en nombre de particules, tel que décrit au paragraphe 7.6.
9	Instruments de mesure de la masse de matières particulaires et de la concentration en nombre de particules, tels que décrits aux paragraphes 12.1 et 12.2.
<b>TPN10, SPN10</b>	Systèmes permettant de contrôler et de mesurer le TPN10 ainsi que le SPN10 et d'émettre les signaux correspondants, tels que décrits au paragraphe 12.2.

<i>Élément</i>	<i>Sous-Système</i>
<b>PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub></b>	Systèmes permettant de contrôler le débit de prélèvement, de prélever les matières particulaires provenant des freins sur des filtres et d'émettre des signaux, tels que décrits au paragraphe 12.1.
<b>10</b>	Débitmètre placé en aval du plan de prélèvement, tel que décrit au paragraphe 7.2.3.
<b>Symbole</b>	Caractéristique
<b>L<sub>1</sub></b>	Longueur minimale du conduit rectiligne en amont de l'entrée du carter du frein, telle que décrite au paragraphe 7.4.2.
<b>L<sub>2</sub></b>	Longueur minimale du conduit rectiligne entre la dernière perturbation en amont du plan de prélèvement et ce plan, telle que décrite au paragraphe 7.6.
<b>L<sub>3</sub></b>	Longueur minimale du conduit rectiligne entre le plan de prélèvement et la perturbation suivante en aval de ce plan, telle que décrite au paragraphe 7.6.
<b>L<sub>4</sub></b>	Longueur minimale du conduit rectiligne entre la dernière perturbation en amont du débitmètre et le débitmètre, telle que décrite au paragraphe 7.2.3.
<b>L<sub>5</sub></b>	Longueur minimale du conduit rectiligne entre le débitmètre et la perturbation suivante en aval du débitmètre, telle que décrite au paragraphe 7.2.3.
<b>S<sub>Q</sub>, S<sub>P</sub>, S<sub>T</sub>, S<sub>RH</sub></b>	Signaux électroniques de sortie pour le débit d'air de refroidissement, la pression, la température et l'humidité, tels que décrits aux paragraphes 7.2.1 et 7.2.3.
<b>d<sub>i</sub></b>	Diamètre intérieur du conduit de référence, égal à celui du tunnel de prélèvement.
<b>H<sub>s</sub>, H<sub>e</sub></b>	Points indiquant le début (H <sub>s</sub> ) et la fin (H <sub>e</sub> ) de la partie horizontale et droite obligatoire de la configuration (dans le sens du flux), tels que décrits au paragraphe 7.4.2.

## **7.2 Dispositif de climatisation et air de refroidissement**

L'air de refroidissement conditionné a) permet de refroidir de manière propre et continue le dispositif de freinage et b) transporte l'aérosol du carter vers le tunnel de prélèvement et les sondes de prélèvement pour la mesure de la masse de matières particulaires et du nombre de particules. L'air de refroidissement doit être dans des conditions stables de température et d'humidité, conformément aux spécifications décrites au paragraphe 7.2.1, propre avec de faibles valeurs de concentration ambiante, conformément aux prescriptions du paragraphe 7.2.2, et à un débit constant qui garantisse des conditions d'essai répétables et reproductibles, conformément aux spécifications décrites au paragraphe 7.2.3.

L'air de refroidissement conditionné est envoyé à l'installation d'essai par le dispositif de climatisation. En règle générale, celui-ci peut comprendre des dispositifs permettant de refroidir et de déshumidifier l'air, des dispositifs de chauffage permettant d'élever la température de l'air et des générateurs de vapeur ou de brouillard d'eau servant à augmenter l'humidité de l'air. Les régulateurs proportionnels intégraux dérivés (PID) en boucle fermée, les alarmes et les capteurs permettant de surveiller l'état de tous les dispositifs et interfaces font partie intégrante du dispositif de climatisation. Le système doit être composé d'une soufflante à débit variable pouvant fournir une large gamme de débits d'air de refroidissement conditionné à l'installation telle qu'elle est configurée. Il est défini par ses débits minimal et maximal de fonctionnement, auxquels s'appliquent les prescriptions suivantes :

- a) Le débit minimal de fonctionnement doit être compris entre 100 et 300 m<sup>3</sup>/h ;
- b) Le débit maximal de fonctionnement doit être au moins égal à cinq fois le débit minimal de fonctionnement ;
- c) Le débit maximal de fonctionnement doit être supérieur d'au moins 1 000 m<sup>3</sup>/h au débit minimal de fonctionnement.

Le système peut également combiner deux soufflantes à débit variable (une pour faire sortir l'air et l'autre pour le faire entrer) afin de créer une légère dépression à l'intérieur du tunnel de prélèvement. La commande du dispositif de climatisation doit pouvoir fournir les interfaces nécessaires à l'opérateur et au dynamomètre.

#### 7.2.1 Conditionnement de l'air de refroidissement

Le laboratoire d'essai doit surveiller et réguler en permanence la température et l'humidité de l'air de refroidissement conditionné. Il doit donc installer des capteurs de température et d'humidité en amont du carter du frein. Le fait de placer les capteurs en amont du carter du frein permet d'éviter que les signaux renvoyés soient influencés par la charge thermique des manœuvres de freinage. La figure 7.1 présente un emplacement indicatif pour les capteurs de température et d'humidité de l'air (élément 3).

L'exactitude du capteur de température doit être de  $\pm 1$  °C et celle du capteur utilisé pour mesurer l'humidité absolue et l'humidité relative de  $\pm 5$  % de la valeur nominale (50 %). Le laboratoire d'essai doit utiliser les signaux émanant de ces capteurs pour évaluer la stabilité de la température et de l'humidité de l'air de refroidissement. Le tableau 7.2 récapitule les prescriptions relatives à la température, à l'humidité et au débit de l'air de refroidissement énoncées.

Tableau 7.2

#### Résumé des prescriptions relatives à la température, à l'humidité et au débit de l'air de refroidissement

<i>Paramètre</i>	<i>Température de l'air de refroidissement</i>	<i>Humidité relative de l'air de refroidissement</i>	<i>Débit de l'air de refroidissement</i>
Valeur nominale	23 °C	50 %	Valeur de consigne (Qset) telle que définie au paragraphe 10
Valeur moyenne : tolérance admissible maximale	$\pm 2$ °C	$\pm 5$ %	$\pm 5$ % de Qset
Valeurs instantanées (1 Hz) : tolérance admissible maximale	$\pm 5$ °C	$\pm 30$ %	$\pm 5$ % de Qset
Valeurs instantanées (1 Hz) : écart admissible au-delà de la tolérance admissible maximale	Non définie	Non définie	$\pm 10$ % de Qset
Valeurs instantanées (1 Hz) : durée maximale de dépassement de la tolérance admissible maximale	10 % de la durée de chaque phase de l'essai	10 % de la durée de chaque phase de l'essai	5 % de la durée de chaque phase de l'essai

##### 7.2.1.1 Température de l'air de refroidissement

La température de l'air de refroidissement au point de mesure doit être constante, conformément aux conditions définies ci-dessous. Le laboratoire d'essai doit respecter les conditions suivantes :

- a) La température de l'air de refroidissement doit être réglée à 23 °C. La température moyenne de l'air de refroidissement ne doit pas s'écarter de plus de  $\pm 2$  °C de la valeur de consigne (nominale). Le laboratoire d'essai doit s'efforcer de maintenir la température aussi proche que possible de la valeur nominale de 23 °C ;
- b) Les prescriptions relatives à la température moyenne de l'air de refroidissement définies à l'alinéa a) du présent paragraphe s'appliquent à toutes les phases de l'essai, à savoir le réglage du débit d'air de refroidissement, la procédure de rodage et la mesure des émissions (les périodes de stabilisation thermique ne sont pas prises en compte) ;
- c) La température moyenne de l'air de refroidissement doit être calculée et consignée à toutes les phases, comme indiqué dans le tableau 13.6 du paragraphe 13.4 ;
- d) La température instantanée de l'air de refroidissement ne doit pas s'écarter de plus de  $\pm 5$  °C de la valeur nominale. À défaut, le laboratoire d'essai doit veiller à ce que les dispositions énoncées à l'alinéa e) du présent paragraphe soient respectées ;
- e) La température instantanée de l'air de refroidissement peut s'écarter de plus de  $\pm 5$  °C de la valeur nominale ( $T < 18$  °C ou  $T > 28$  °C) pendant au maximum 10 % de la durée de l'essai (périodes de stabilisation thermique non comprises), à condition que la température moyenne soit conforme aux prescriptions définies à l'alinéa a) du présent paragraphe :
  - i) Le nombre total de relevés de la température instantanée de l'air de refroidissement (1 Hz) pour lesquels la valeur est inférieure à 18 °C ou supérieure à 28 °C doit être inférieur à 527 pendant la phase de réglage du débit d'air de refroidissement ;
  - ii) Le nombre total de relevés de la température instantanée de l'air de refroidissement (1 Hz) pour lesquels la valeur est inférieure à 18 °C ou supérieure à 28 °C doit être inférieur à 1 583 pour chaque cycle de freinage WLTP de la phase de rodage ;
  - iii) Le nombre total de relevés de la température instantanée de l'air de refroidissement (1 Hz) pour lesquels la valeur est inférieure à 18 °C ou supérieure à 28 °C doit être inférieur à 1 583 pour chaque cycle de freinage WLTP de la phase de mesure des émissions (périodes de stabilisation thermique non comprises) ;
- f) Si la température moyenne ou instantanée de l'air de refroidissement sort des limites spécifiées dans le présent paragraphe, l'essai n'est pas valable.

#### 7.2.1.2 Humidité de l'air de refroidissement

L'humidité relative de l'air de refroidissement doit être constante, conformément aux conditions définies ci-dessous. Le laboratoire d'essai doit respecter les conditions suivantes :

- a) L'humidité relative de l'air de refroidissement doit être réglée à une valeur nominale de 50 %. L'humidité moyenne de l'air de refroidissement ne doit pas s'écarter de plus de  $\pm 5$  % de la valeur nominale. Le laboratoire d'essai doit s'efforcer de maintenir l'humidité relative aussi proche que possible de la valeur cible de 50 % ;
- b) Les prescriptions concernant l'humidité relative de l'air de refroidissement définies à l'alinéa a) du présent paragraphe s'appliquent à toutes les phases de l'essai de mesure des émissions de freinage, à savoir le réglage du débit d'air de refroidissement, la procédure de rodage et la mesure des émissions (périodes de stabilisation thermique non comprises) ;

- c) L'humidité relative moyenne de l'air de refroidissement doit être calculée et consignée à toutes les phases de l'essai, comme indiqué dans le tableau 13.6 du paragraphe 13.4 ;
- d) L'humidité relative instantanée de l'air de refroidissement ne doit pas s'écarter de plus de  $\pm 30\%$  de la valeur nominale. À défaut, le laboratoire d'essai doit veiller à ce que les dispositions énoncées à l'alinéa e) du présent paragraphe soient respectées ;
- e) L'humidité relative instantanée de l'air de refroidissement ne peut s'écarter de plus de  $\pm 30\%$  de la valeur nominale (humidité relative  $< 20\%$  ou humidité relative  $> 80\%$ ) que pendant 10 % au maximum de la durée de l'essai (périodes de stabilisation thermique non comprises), à condition que l'humidité relative moyenne soit conforme aux prescriptions définies à l'alinéa a) du présent paragraphe :
  - i) Le nombre total de relevés de l'humidité relative instantanée de l'air de refroidissement (1 Hz) pour lesquels la valeur est inférieure à 20 % ou supérieure à 80 % doit être inférieur à 527 pendant la phase de réglage du débit d'air de refroidissement ;
  - ii) Le nombre total de relevés de l'humidité relative instantanée de l'air de refroidissement (1 Hz) pour lesquels la valeur est inférieure à 20 % ou supérieure à 80 % doit être inférieur à 1 583 pour chaque cycle de freinage WLTP de la phase de rodage ;
  - iii) Le nombre total de relevés de l'humidité relative instantanée de l'air de refroidissement (1 Hz) pour lesquels la valeur est inférieure à 20 % ou supérieure à 80 % doit être inférieur à 1 583 pour le cycle de freinage WLTP de la phase de mesure des émissions (périodes de stabilisation thermique non comprises) ;
- f) Si l'humidité relative moyenne ou instantanée sort des limites prédéfinies spécifiées dans le présent paragraphe, l'essai n'est pas valable.

Outre les spécifications définies pour l'humidité relative, le laboratoire d'essai doit veiller à ce que l'humidité absolue moyenne de l'air de refroidissement soit maintenue entre 6 et 11 gH<sub>2</sub>O/kg d'air sec pendant toute la durée de l'essai (compte non tenu des périodes de stabilisation thermique observées pendant la phase de mesure des émissions). Si l'humidité absolue moyenne sort des limites spécifiées dans le présent paragraphe, l'essai n'est pas valable.

## 7.2.2 Purification de l'air de refroidissement

### 7.2.2.1 Filtrage de l'air de refroidissement

On doit faire passer l'air de refroidissement entrant dans le système d'essai 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 appartenant au minimum à la classe H13 telle qu'elle est définie par la norme européenne EN 1822. Tout autre type de filtre utilisé pour éliminer les composés organiques volatils (charbon de bois, charbon actif ou équivalent) doit être installé en amont du filtre de la classe H13 (ou équivalent). La figure 7.1 présente un emplacement indicatif du dispositif de filtrage de l'air (élément 2).

### 7.2.2.2 Vérification de la concentration ambiante de particules

La quantité de particules ambiantes dans la configuration générale doit être définie sur la base d'une concentration en nombre de particules. Le laboratoire d'essai doit mesurer les particules ambiantes à l'aide des mêmes instruments que ceux servant à mesurer le nombre de particules émises. Des informations détaillées sur le système de mesure du nombre de particules figurent au paragraphe 12.2. Le laboratoire d'essai doit mesurer et consigner les concentrations ambiantes en TPN10 et en SPN10 à deux niveaux : au niveau du système et au niveau de l'essai de mesure des émissions de freinage.

#### 7.2.2.2.1 Vérification de la concentration ambiante de particules au niveau du système

Le premier niveau concerne la vérification de la concentration ambiante dans le système lors de l'installation du banc d'essai, après toute opération d'entretien importante ou lorsque des signes indiquent un dysfonctionnement du système. Pour une vérification complète des particules ambiantes au niveau du système, le laboratoire d'essai doit procéder ainsi :

- a) Vérifier la concentration ambiante sans que le dispositif de freinage ni aucun de ses composants soient installés dans le carter du frein ;
- b) Vérifier la concentration ambiante en faisant fonctionner les systèmes de mesure du TPN10 et du SPN10 au niveau de réglage minimal étalonné du PCRF ;
- c) Commencer la vérification de la concentration ambiante au moins cinq minutes après que le flux d'air de refroidissement s'est stabilisé aux valeurs moyennes indiquées au paragraphe 7.2.3 concernant la stabilité du flux d'air de refroidissement et à celles indiquées au paragraphe 7.2.1 concernant la température et l'humidité de l'air de refroidissement ;
- d) Vérifier la concentration ambiante à deux niveaux de réglage différents du débit d'air de refroidissement. Appliquer les débits minimal et maximal du système. Le laboratoire d'essai doit prélever des échantillons pour mesurer le TPN10 et le SPN10 lors de la vérification de la concentration ambiante du système. À cette fin, il peut utiliser une seule taille de buse pour différents réglages du débit d'air ;
- e) La procédure de vérification de la concentration ambiante doit durer aussi longtemps qu'il le faut pour permettre à cette concentration de se stabiliser. La concentration ambiante est considérée comme stable lorsque la valeur moyenne du nombre de particules corrigée par le PCRF sur cinq minutes est inférieure au niveau admissible maximal prescrit au paragraphe 7.2.2.2.3.

#### 7.2.2.2.2 Vérification de la concentration ambiante de particules au niveau de l'essai

Le deuxième niveau concerne la vérification de la concentration ambiante avant et après la réalisation d'un essai de mesure des émissions de freinage. Le laboratoire d'essai doit procéder ainsi pour la vérification préalable à l'essai :

- a) Vérifier normalement la concentration ambiante, avant de procéder au rodage, le dispositif de freinage étant monté. Le disque ou le tambour ne doit pas tourner et les plaquettes ou mâchoires de frein ne doivent pas être dérangées. Le frein ne doit pas être actionné pendant la procédure de vérification (pression de freinage nulle) ;
- b) Vérifier la concentration ambiante en définissant le réglage du débit d'air de refroidissement pour l'essai de mesure des émissions de freinage. Les systèmes de mesure du TPN10 et du SPN10 doivent fonctionner au niveau de réglage du PCRF choisi pour la mesure des émissions du frein soumis à l'essai ;
- c) Commencer la vérification de la concentration ambiante au moins cinq minutes après que le flux d'air de refroidissement s'est stabilisé aux valeurs moyennes indiquées au paragraphe 7.2.3 concernant la stabilité du flux d'air de refroidissement et à celles indiquées au paragraphe 7.2.1 concernant la température et l'humidité de l'air de refroidissement ;

- d) La procédure de vérification de la concentration ambiante préalable à l'essai doit durer aussi longtemps qu'il le faut pour permettre à cette concentration de se stabiliser. La concentration ambiante est considérée comme stable lorsque la valeur moyenne du nombre de particules corrigée par le PCRf sur cinq minutes est inférieure au niveau admissible maximal prescrit au paragraphe 7.2.2.2.3.

Le laboratoire d'essai doit procéder ainsi pour la vérification consécutive à l'essai :

- e) Vérifier normalement la concentration ambiante avant la purge, le dispositif de freinage étant monté. Le disque ou le tambour ne doit pas tourner et les plaquettes ou mâchoires de frein ne doivent pas être dérangées. Le frein ne doit pas être actionné pendant la procédure de vérification (pression de freinage nulle) ;
- f) Vérifier la concentration ambiante en suivant le réglage du débit d'air de refroidissement utilisé pour l'essai de mesure des émissions de freinage. Les systèmes de mesure du TPN10 et du SPN10 doivent fonctionner au niveau de réglage du PCRf choisi pour cet essai ;
- g) Commencer la vérification de la concentration ambiante juste après l'essai de mesure des émissions et lorsque le débit d'air de refroidissement s'est stabilisé aux valeurs moyennes indiquées au paragraphe 7.2.3 concernant la stabilité du débit d'air de refroidissement et à celles indiquées au paragraphe 7.2.1 concernant la température et l'humidité de l'air de refroidissement ;
- h) La procédure de vérification de la concentration ambiante consécutive à l'essai doit durer aussi longtemps qu'il le faut pour permettre à cette concentration de se stabiliser. La concentration ambiante est considérée comme stable lorsque la valeur moyenne du nombre de particules corrigée par le PCRf sur cinq minutes est inférieure au niveau admissible maximal prescrit au paragraphe 7.2.2.2.3.

#### 7.2.2.2.3 Calcul et consignation de la concentration ambiante de particules

La concentration ambiante doit être mesurée et consignée sur la base des concentrations en TPN10 et en SPN10 dans des conditions normales. Le laboratoire d'essai doit appliquer la procédure suivante :

- a) Effectuer un contrôle de zéro du compteur de particules (PNC). Appliquer un filtre suffisamment efficace à l'entrée du PNC, conformément aux spécifications du fabricant de l'équipement, et enregistrer la concentration en nombre de particules. La valeur relevée ne doit pas dépasser 0,2 particule par  $\text{cm}^3$  à l'entrée du PNC. Ce filtre une fois déposé, le PNC doit indiquer une augmentation de la concentration et, une fois le filtre remis en place, la concentration doit de nouveau être inférieure ou égale à 0,2 particule par  $\text{cm}^3$ . Le dispositif de mesure du nombre de particules ne doit signaler aucune erreur ;
- b) Mesurer la valeur moyenne des concentrations ambiantes en TPN10 (TPN10<sub>b#</sub>) et en SPN10 (SPN10<sub>b#</sub>) aux niveaux du système et de l'essai conformément aux paragraphes 7.2.2.2.1 et 7.2.2.2.2, et consigner les valeurs de la concentration ambiante normalisée en nombre de particules ( $n/N\text{cm}^3$ ) comme spécifié dans le tableau 13.6 du paragraphe 13.4 ;
- c) La concentration ambiante moyenne sur cinq minutes dans le tunnel ne doit pas dépasser la limite maximale de 20 particules par  $N\text{cm}^3$  pour le TPN10 et le SPN10. La limite de 20 particules par  $N\text{cm}^3$  s'applique à la concentration ambiante au niveau du système et au niveau de l'essai, comme indiqué aux paragraphes 7.2.2.2.1 et 7.2.2.2.2 ;

- d) En cas de non-respect des conditions de contrôle de zéro du PNC énoncées à l'alinéa a) et des limites de concentration ambiante de particules définies à l'alinéa c) du présent paragraphe, l'essai n'est pas valable ;
- e) Le laboratoire d'essai ne doit pas soustraire les valeurs de la concentration ambiante lorsqu'il consigne les valeurs de la concentration en TPN10 et en SPN10 relevées à la phase de mesure des émissions de freinage conformément au paragraphe 12.2.4.

#### 7.2.2.2.4 Calcul et consignation du nombre de particules dans l'air ambiant en fonction de la distance parcourue

Le laboratoire d'essai doit également indiquer le nombre de particules dans l'air ambiant en fonction de la distance parcourue afin de prendre en compte les modifications du réglage du débit d'air de refroidissement lors de l'essai de différents freins. Le nombre de particules dans l'air ambiant par unité de distance parcourue est calculé au moyen des équations 7.1 et 7.2 :

$$\text{TPN10}_{bEF} = 10^6 \times \text{TPN10}_{b\#} \times NQ \div V_{\text{Set}} \quad (\text{Éq. 7.1})$$

$$\text{SPN10}_{bEF} = 10^6 \times \text{SPN10}_{b\#} \times NQ \div V_{\text{Set}} \quad (\text{Éq. 7.2})$$

Où :

$\text{TPN10}_{bEF}$  est le TPN10 dans l'air ambiant à l'intérieur du tunnel de prélèvement, exprimé en nombre de particules par km ;

$\text{SPN10}_{bEF}$  est le SPN10 dans l'air ambiant à l'intérieur du tunnel de prélèvement, exprimé en nombre de particules par km ;

$\text{TPN10}_{b\#}$  est la concentration ambiante normalisée moyenne en TPN10, corrigée par le PCRF, dans le tunnel de prélèvement, exprimée en nombre de particules par  $N\text{cm}^3$  ;

$\text{SPN10}_{b\#}$  est la concentration ambiante normalisée moyenne en SPN10, corrigée par le PCRF, dans le tunnel de prélèvement, exprimée en nombre de particules par  $N\text{cm}^3$  ;

$NQ$  est le débit d'air normalisé moyen dans le tunnel de prélèvement, exprimé en  $N\text{m}^3/\text{h}$  ;

$V_{\text{Set}}$  est la vitesse linéaire nominale moyenne du cycle de freinage WLTP, exprimée en km/h.

- a) Les concentrations ambiantes en nombre de particules ( $\text{TPN10}_{b\#}$  et  $\text{SPN10}_{b\#}$ ) correspondent aux valeurs normalisées moyennes du TPN10 et du SPN10, corrigées par le PCRF, calculées tout au long de la vérification de la concentration ambiante à partir des paramètres donnés dans le fichier axé sur la durée de l'essai ;
- b) Le laboratoire d'essai doit calculer le débit d'air de refroidissement moyen normalisé ( $NQ$ ) pendant la procédure de vérification de la concentration ambiante sur la base du paramètre donné dans le fichier axé sur la durée de l'essai ;
- c) La vitesse linéaire nominale moyenne du cycle de freinage WLTP est de 43,7 km/h ( $V_{\text{set}} = 43,7$  km/h) ;
- d) Le laboratoire d'essai doit calculer et consigner les valeurs de la concentration ambiante de particules par unité de distance parcourue uniquement au niveau de l'essai, avant et après celui-ci, comme spécifié dans le tableau 13.6 du paragraphe 13.4.

### 7.2.3 Débit d'air de refroidissement

Le laboratoire d'essai doit mesurer et consigner le débit d'air de refroidissement pendant toute la durée de la procédure d'essai de mesure des émissions de freinage. La mesure du débit d'air de refroidissement doit satisfaire aux prescriptions ci-après :

- a) La méthode de mesure du débit d'air de refroidissement doit être telle que l'erreur de mesure soit de  $\pm 2$  % de la valeur de consigne au maximum dans toutes les conditions de fonctionnement ;
- b) Le débit d'air de refroidissement doit être mesuré en aval du plan de prélèvement. La figure 7.1 présente un emplacement indicatif du débitmètre (élément 10) ;
- c) Pour une mesure en un seul point, placer le débitmètre au centre du conduit, à une distance d'au moins cinq fois le diamètre du conduit en aval et deux fois le diamètre du conduit en amont de toute perturbation du flux. La zone de mesure du débit peut avoir un diamètre intérieur différent de celui du tunnel de prélèvement. Dans ce cas, le diamètre du conduit est le diamètre intérieur du conduit dans lequel se trouve le débitmètre. L'installation de celui-ci ne doit pas entraîner d'importantes variations de la pression (c'est-à-dire que la pression au niveau du débitmètre ne doit pas s'écarter de plus de  $\pm 1$  kPa de la pression ambiante). Le diamètre intérieur du conduit doit être au moins égal à 35 % du diamètre intérieur du tunnel de prélèvement ;
- d) Pour une mesure en plusieurs points, installer le débitmètre perpendiculairement au sens du flux, à une distance d'au moins cinq fois le diamètre du conduit en aval et deux fois le diamètre du conduit en amont de toute perturbation du flux. Le diamètre du conduit est le diamètre intérieur du conduit dans lequel se trouve le débitmètre. Les prescriptions relatives à l'installation du débitmètre définies au point c) du présent paragraphe s'appliquent lorsque le diamètre intérieur du conduit est différent de celui du tunnel de prélèvement ;
- e) Utiliser un débitmètre étalonné pour indiquer le débit d'air dans des conditions normales. Pour une conversion adaptée aux conditions de fonctionnement, l'exactitude du capteur de température doit être de  $\pm 1$  °C et les mesures de pression doivent avoir une exactitude et une précision de  $\pm 0,4$  kPa ;
- f) Lorsque le débitmètre n'est pas étalonné pour indiquer les valeurs dans des conditions normales, s'assurer qu'il est équipé d'un capteur de température installé immédiatement en amont. Le capteur de température doit satisfaire au critère d'exactitude décrit au point e) du présent paragraphe. Cette mesure doit servir à normaliser les valeurs du débit d'air ;
- g) Lorsque le débitmètre n'est pas étalonné pour indiquer les valeurs dans des conditions normales, s'assurer qu'il tient compte de la mesure de la pression absolue ou de la pression par rapport à la pression atmosphérique relevée en amont. Les mesures de pression doivent satisfaire au critère de précision et d'exactitude décrit au point e) du présent paragraphe. Elles doivent servir à normaliser les valeurs du débit d'air ;
- h) En cas d'utilisation de filtres à air pour protéger le débitmètre contre toute contamination, installer le filtre à une distance d'au moins cinq fois le diamètre du conduit en amont du débitmètre. Contrôler en continu la baisse de pression et, si nécessaire, corriger le débit d'air mesuré en conséquence. Suivre les recommandations du fabricant du débitmètre concernant le type et les spécifications du filtre protecteur.

Le laboratoire d'essai doit veiller à ce que le flux d'air de refroidissement soit constant tout au long de l'essai de mesure des émissions de freinage, comme suit :

- i) La valeur de consigne (nominale) du débit d'air de refroidissement ( $Q_{set}$ ) doit rester inchangée pendant toutes les phases d'un essai de mesure des émissions de freinage. La même valeur de consigne s'applique aux phases de réglage du débit d'air de refroidissement, de rodage et de mesure des émissions (y compris aux périodes de stabilisation thermique). Cela ne s'applique pas aux exécutions non validées de la phase de réglage du refroidissement, pour lesquelles la valeur de consigne du débit d'air de refroidissement peut être différente ;
- j) Pendant la phase de réglage du débit d'air de refroidissement, le débit d'air mesuré moyen doit se situer à  $\pm 5\%$  de la valeur de consigne définie au début de l'essai ;
- k) Pendant la phase de rodage, le débit d'air de refroidissement mesuré moyen doit se situer à  $\pm 5\%$  de la valeur nominale définie au cours de la phase de réglage du débit d'air de refroidissement pour le frein considéré ;
- l) Pendant la phase de mesure des émissions, le débit d'air de refroidissement mesuré moyen doit se situer à  $\pm 5\%$  de la valeur nominale définie lors de la phase de réglage du débit d'air de refroidissement pour le frein considéré ;
- m) Le laboratoire calcule et consigne la moyenne dans le temps du débit d'air de refroidissement mesuré à toutes les phases de l'essai, comme défini dans le tableau 13.6 du paragraphe 13.4 ;
- n) Si le débit d'air de refroidissement nominal ou mesuré moyen ne satisfait pas aux prescriptions énoncées dans le présent paragraphe, l'essai n'est pas valable ;
- o) Le débit d'air de refroidissement instantané peut s'écarter de plus de  $\pm 5\%$  et aller jusqu'à  $\pm 10\%$  de la valeur nominale pour une période dépassant pas  $5\%$  de la durée du cycle, à condition que le débit d'air de refroidissement mesuré moyen satisfasse aux prescriptions énoncées dans le présent paragraphe. Cette disposition s'applique aux phases de réglage du débit d'air de refroidissement et de mesure des émissions :
  - i) Pour la phase de réglage du débit d'air de refroidissement, le débit d'air de refroidissement instantané peut s'écarter de  $\pm 5$  à  $\pm 10\%$  de la valeur de consigne pendant une durée maximale de 264 s ;
  - ii) Pour la phase de mesure des émissions, le débit d'air de refroidissement instantané peut s'écarter de  $\pm 5$  à  $\pm 10\%$  de la valeur de consigne pendant une durée maximale de 792 s (périodes de stabilisation thermique non comprises).
- p) Outre la conformité aux limites moyennes et instantanées définies dans le présent paragraphe, le débit d'air de refroidissement, combiné au débit d'air dans les lignes de prélèvement pour la mesure de la masse de matières particulaires et du nombre de particules, doit satisfaire aux prescriptions isocinétiques énoncées aux paragraphes 12.1.2.3 et 12.2.3.2, respectivement ;
- q) Un contrôle d'étanchéité du système visant les conduits et le carter doit être effectué avant l'essai. Le débit d'air de refroidissement doit être réglé à la valeur définie pour l'essai du frein considéré et mesuré pendant au moins 2 minutes après sa stabilisation. Si le débit mesuré moyen se situe à  $\pm 5\%$  de la valeur de consigne, on procède à l'essai.

Si le débit fluctue au-delà de  $\pm 5\%$  de la valeur de consigne, il faut interrompre les essais, vérifier le débitmètre, repérer les éventuelles sources de fuite, prendre des mesures pour résoudre le problème et poursuivre les essais en effectuant d'abord une vérification concluante de l'étanchéité. D'autres méthodes conformes aux spécifications du fabricant du système peuvent être appliquées pour déterminer le taux de fuite du système. Toutefois, le laboratoire d'essai doit toujours consigner le niveau réel de fluctuation du débit par rapport à la valeur de consigne ;

- r) Le laboratoire d'essai doit indiquer le débit d'air de refroidissement dans le fichier axé sur la durée de l'essai de mesure des émissions de freinage, comme suit :
- i) Indiquer les valeurs réelles et normalisées telles que définies dans le tableau 13.6 du paragraphe 13.4 ;
  - ii) Calculer la vitesse de l'air de refroidissement instantanée correspondante au niveau du tunnel de prélèvement en utilisant le débit d'air mesuré et le diamètre intérieur du tunnel de prélèvement sur la base de l'équation 7.3 ;
  - iii) Indiquer la vitesse de l'air de refroidissement calculée, telle que définie dans le tableau 13.6 du paragraphe 13.4.

$$U = (4 \times 10^3 \times Q) / (\pi \times d_i^2) \quad (\text{Éq. 7.3})$$

Où :

$U$  est la vitesse de l'air de refroidissement, en km/h, telle que décrite dans le tableau 13.2 ;

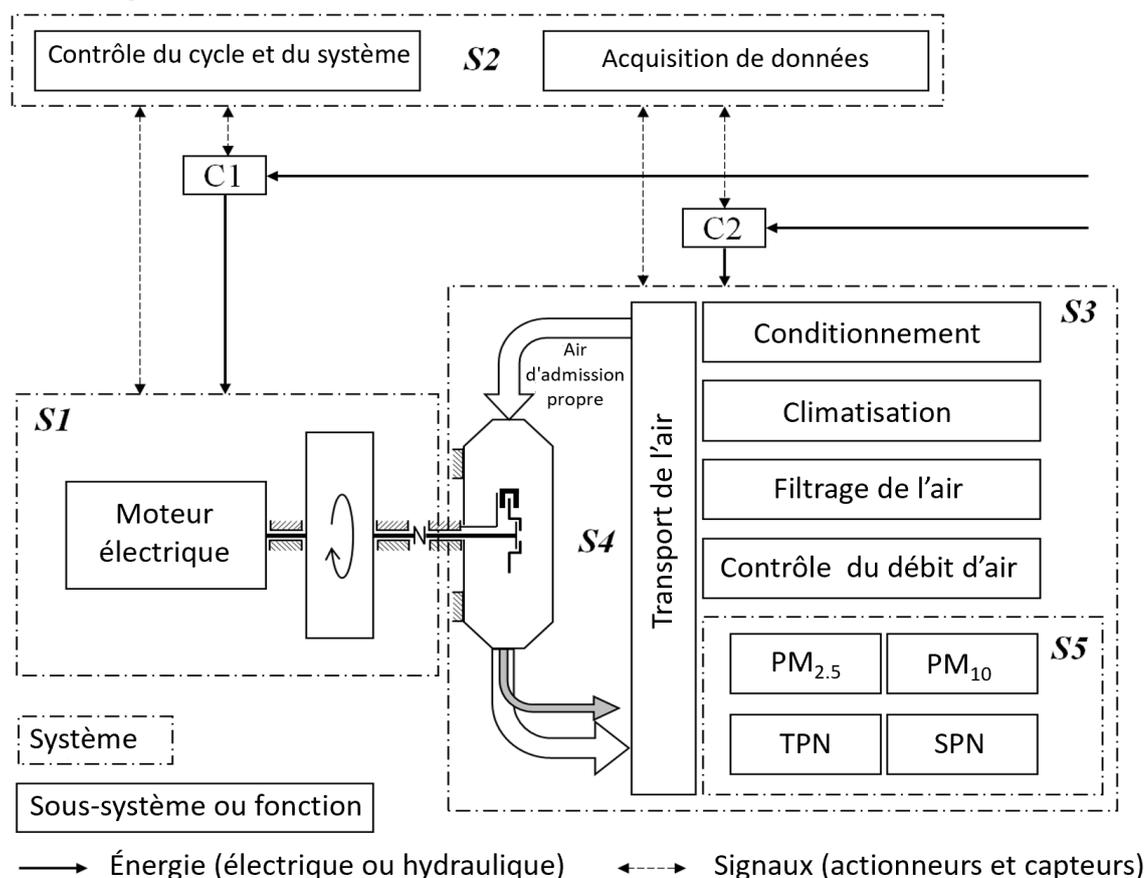
$Q$  est le débit d'air de refroidissement mesuré, en m<sup>3</sup>/h, tel que décrit dans le tableau 13.2 ;

$d_i$  est le diamètre intérieur du tunnel de prélèvement, en mm, tel que décrit dans le tableau 7.1.

### 7.3 Dynamomètre de freinage et systèmes d'automatisation

Le dynamomètre de freinage est un système technique qui fournit l'énergie cinétique contrôlée au frein soumis à l'essai. Il sert principalement à transformer l'énergie cinétique de rotation en énergie thermique (fig. 7.2 – S1). La figure 7.2 présente un schéma du système d'essai incorporant le dynamomètre de freinage et montre les interactions avec les sous-systèmes au minimum nécessaires à la réalisation d'un essai de mesure des émissions de freinage conformément au présent RTM ONU.

Figure 7.2

**Dynamomètre de freinage et systèmes d'automatisation dans l'ensemble de la configuration d'essai**


*Note* : S1 : dynamomètre de freinage, S2 : système d'automatisation, de contrôle et d'acquisition de données, S3 : dispositif de climatisation, S4 : carter du frein et plan de prélèvement, S5 : système de mesure des émissions. C1 et C2 : système de contrôle et de surveillance de l'énergie du laboratoire d'essai. La flèche grise représente l'échantillon d'aérosol provenant du frein soumis à l'essai.

Le dynamomètre de freinage doit comporter au moins les éléments suivants :

- Un moteur électrique à vitesse variable permettant d'augmenter la vitesse de rotation ou de la maintenir à un niveau constant. Ce moteur module également l'inertie d'essai dans des conditions réelles de conduite et simule le freinage sans friction ;
- Une servocommande (hydraulique ou électrique) servant à actionner le frein soumis à l'essai ;
- Un dispositif mécanique destiné à monter le frein mis à l'essai, à permettre la libre rotation du disque ou du tambour et à absorber les forces de réaction du freinage ;
- Une structure rigide sur laquelle tous les sous-systèmes obligatoires seront montés. Cette structure doit pouvoir absorber les forces et le couple que produit le frein soumis à l'essai ;
- Des capteurs et dispositifs permettant de collecter des données et de suivre le fonctionnement du système d'essai.

Le système d'automatisation, de contrôle et d'acquisition de données fait partie intégrante du système d'essai (fig. 7.2 – S2). Il contrôle en permanence le régime du moteur, le fonctionnement des différents systèmes et les interactions entre ces systèmes (fig. 7.2 – S3, S4, S5). Les sous-systèmes S3, S4 et S5 sont décrits en détail aux paragraphes 7.2, 7.4-7.5 et 12.1-12.2, respectivement.

Les différents éléments et sous-systèmes de la figure 7.2 sont présentés à titre indicatif. La stricte conformité à la figure n'est donc pas exigée.

Le système d'automatisation, de contrôle et d'acquisition de données remplit toutes les fonctions permettant d'effectuer l'essai de mesure des émissions de freinage. Il accélère le frein pendant les phases d'accélération, maintient une vitesse constante pendant les phases de marche à vitesse constante et module le couple de frottement pendant les phases de décélération afin de réduire l'énergie cinétique des masses en rotation. En outre, il fournit une interface à l'opérateur, stocke les données de l'essai et gère les interfaces avec les autres systèmes du laboratoire d'essai. Le système d'automatisation doit pouvoir actionner un dispositif de régulation active du couple agissant sur le moteur électrique pour augmenter ou diminuer l'inertie d'essai effective totale pendant les phases de décélération. Le moteur électrique doit également pouvoir absorber une partie de l'énergie cinétique correspondant à la résistance à l'avancement sur route et au freinage sans friction du groupe motopropulseur du véhicule. Le logiciel qui exploite le système d'essai doit pouvoir assurer au moins les fonctions suivantes :

- f) Exécuter le cycle de conduite automatiquement en faisant fonctionner tous les processus en boucle fermée (principalement pour les commandes de frein, le traitement de l'air de refroidissement et les instruments de mesure des émissions) ;
- g) Prélever et enregistrer en permanence des données provenant de tous les capteurs pertinents afin de produire les données de sortie définies au paragraphe 13 du présent RTM ONU ;
- h) Surveiller les signaux, les messages, les alarmes ou les arrêts d'urgence provenant de l'opérateur et des différents systèmes connectés au système d'essai.

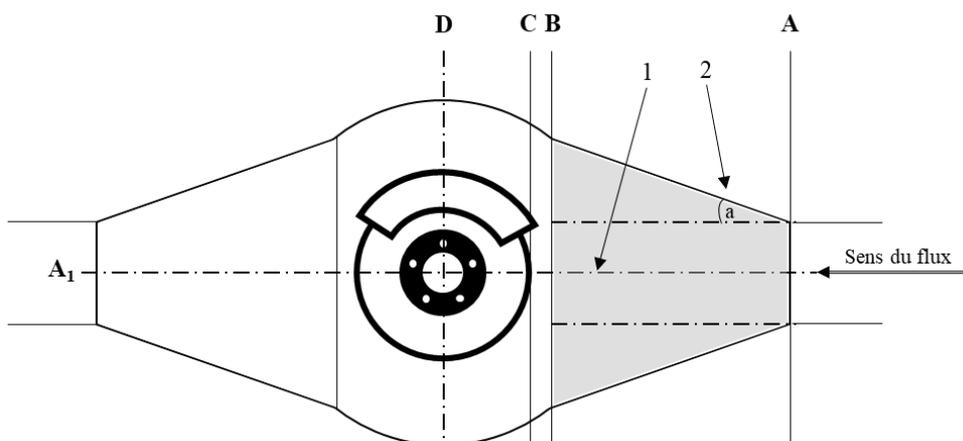
## 7.4 Conception du carter du frein

Le carter du frein est la chambre d'essai dans laquelle le dispositif de freinage est installé lors des essais de mesure des émissions de freinage. Il s'agit d'une chambre étanche qui empêche l'air non traité d'entrer et de contaminer l'air circulant autour du dispositif de freinage. Le carter du frein dirige de l'air conditionné uniforme pour refroidir le frein et transporter l'aérosol dans le tunnel de prélèvement. Les prescriptions relatives à la conception du carter du frein visent à établir des directives générales pour garantir la comparabilité des systèmes en ce qui concerne l'efficacité du refroidissement du frein et du transport des particules. La figure 7.1 présente un emplacement indicatif du carter du frein (élément 4).

### 7.4.1 Éléments généraux

Le carter du frein est représenté à titre indicatif dans la figure 7.3. Il est défini par un plan horizontal et quatre plans verticaux. Le plan  $A_1$  représente le niveau horizontal aligné avec l'axe de rotation du frein et l'axe des conduits d'entrée et de sortie. Le plan A représente le plan vertical aligné avec l'entrée du carter. Le plan B représente le plan vertical à la fin de la transition entre le conduit d'entrée et la partie centrale du carter. Le plan C est défini par le plus grand dispositif de freinage utilisé sur les véhicules relevant du champ d'application du présent RTM ONU ou par tout frein de dimensions analogues (c'est-à-dire d'un diamètre de 450 mm). Le plan D représente le plan vertical aligné avec l'axe de rotation du frein.

Figure 7.3

**Représentation schématique indicative du carter du frein**

Le volume de transition d'entrée (fig. 7.3 – 1), défini comme étant la partie du carter située entre les plans A et B, est représenté par la couleur grise. L'angle de transition « a » (fig. 7.3 – 2) représente la fluidité de l'évolution de la zone de transition dans le carter. Dans la figure 7.3, l'air de refroidissement circule de droite à gauche.

#### 7.4.2 Spécifications de conception

Les spécifications générales ci-après concernant la conception du carter du frein et la vérification de la qualité du mélange et de l'uniformité du flux à l'intérieur du carter doivent être satisfaites :

- a) Le carter du frein doit avoir deux parties coniques ou trapézoïdales recoupant un cylindre de telle sorte que l'intersection entre leur axe longitudinal et l'axe de rotation du frein coïncide avec le centre de ce cylindre ;
- b) La transition entre le plan A et le plan B doit être progressive et continue, sans variation brusque. Ces prescriptions s'appliquent au plan vertical, le long de l'axe du conduit, et au plan horizontal  $A_1$  le long de la section transversale du carter (cylindre d'intersection) ;
- c) Les parties transversales d'entrée et de sortie doivent être conçues de sorte que les angles de transition soient faibles ( $15^\circ \leq a \leq 30^\circ$ ) afin d'éviter des variations brusques de forme ou de taille ;
- d) Les points de transition entre les segments ne doivent pas présenter d'imperfections ni de caractéristiques susceptibles de retenir des particules émanant du frein qui pourraient être mises en suspension dans l'air plus tard au cours de l'essai ;
- e) Si des fixations sont appliquées aux points de transition, elles ne doivent pas faire saillie dans la zone du carter ;
- f) L'air de refroidissement doit entrer dans le carter et en sortir uniquement dans le sens horizontal (c'est-à-dire que l'axe central du carter défini par le plan  $A_1$  doit être aligné avec le sens du flux d'air). Le tunnel doit être horizontal et rectiligne sur une longueur au moins égale à deux fois le diamètre du conduit ( $2 d_i$ ) en amont de l'entrée du carter. Le conduit du tunnel doit aussi être horizontal à la sortie du carter, au moins jusqu'à une distance égale à deux fois le diamètre de conduit ( $2 d_i$ ) en aval du plan de prélèvement, comme indiqué au paragraphe 7.5 ;

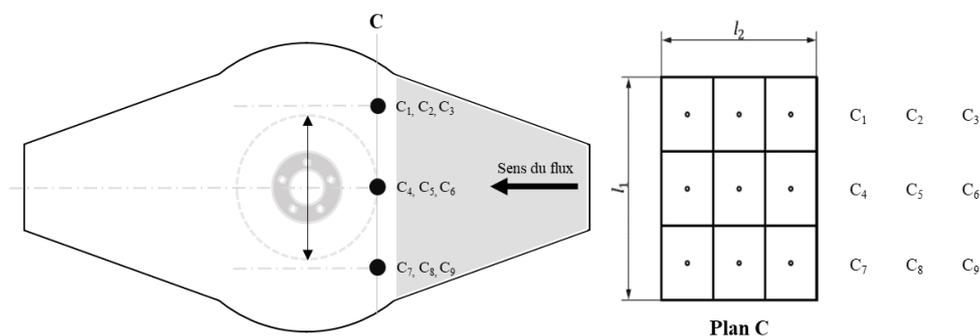
- g) Les surfaces du carter du frein qui entrent en contact avec l'aérosol doivent être sans soudure. De l'acier inoxydable poli par électrolyse (ou un matériau équivalent) doit être utilisé afin d'obtenir une surface aussi propre et lisse que possible ainsi qu'une meilleure résistance à la corrosion ;
- h) Tous les matériaux (y compris les joints) doivent être choisis de manière à assurer une protection suffisante contre les matières utilisées (par exemple, le liquide de frein) pendant l'installation. Tous les interstices et interfaces du carter doivent être scellés de manière étanche à l'air au moyen de joints d'étanchéité ou d'éléments équivalents ;
- i) Le débit d'air à l'entrée du carter doit rester turbulent, le nombre de Reynolds devant être d'au moins 4 000 pour tous les paramètres d'essai correspondants pour que le mélange soit suffisant. Le nombre de Reynolds ( $R_e$ ) pour un essai de mesure des émissions de freinage donné doit être calculé au moyen de l'équation 7.4 ;

$$R_e = (U \times d_i) / (\nu \times 3,6 \times 1000) \quad (\text{Éq. 7.4})$$

Où :

- $R_e$  est le nombre de Reynolds pour l'essai de mesure des émissions de freinage donné (sans unité) ;
- $U$  est la vitesse moyenne de l'air de refroidissement, en km/h, telle que décrite au tableau 13.2 ;
- $d_i$  est le diamètre du tunnel de prélèvement, en mm, tel que décrit au tableau 7.1 ;
- $\nu$  est la viscosité cinématique de l'air (utiliser  $1,48 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$  comme valeur par défaut).
- j) Le plan C est tangent à un disque arbitraire de 450 mm de diamètre. La partie transversale à l'entrée du carter doit être conçue de manière telle que la vitesse de l'air au plan C reste inférieure à la tolérance admissible maximale pour l'uniformité de la vitesse, définie au point l) du présent paragraphe. Au besoin, des redresseurs de flux ou des plaques de diffusion doivent être utilisés du côté de l'entrée, en amont du plan B, afin de garantir le niveau le plus élevé possible d'uniformité du flux au plan C ;
- k) La vitesse de l'air doit être calculée en neuf points du plan C, tels que définis à la figure 7.4. On divise le plan C en neuf zones égales en traçant des lignes parallèles aux côtés du plan ( $l_1$  représente la hauteur du plan C et  $l_2$  sa profondeur axiale). Le point C5 est le centre du plan C. Les huit autres points doivent être répartis de manière égale autour du point C5 et placés au centre des carrés formés par les lignes imaginaires entre le point C5 et les parois du carter sur le plan C, comme le montre la figure 7.4 ;

Figure 7.4  
Points de référence pour la vérification de la vitesse de l'air



*Note* : Côté gauche : vérification de la qualité du mélange et de l'uniformité du flux au moyen du plan C pour un disque de 450 mm de diamètre extérieur. Côté droit : répartition des points de mesure sur le plan C (vue dans le sens du flux).

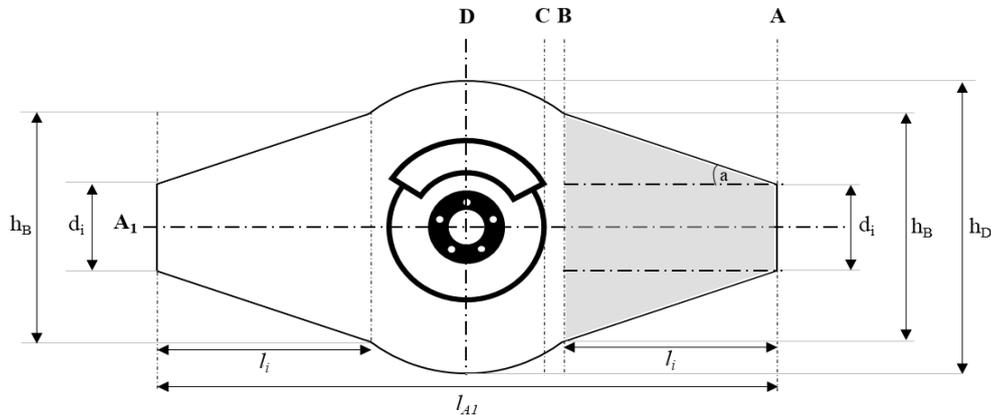
- l) La vitesse de l'air doit être mesurée aux neuf points du plan C sans qu'un dispositif de frein ou support de frein soit installé. Tous les conduits d'air de refroidissement utilisés pour l'essai de mesure des émissions de freinage doivent rester raccordés au carter pendant la durée de ces mesures. Les mesures sont effectuées aux débits minimal et maximal de fonctionnement du système d'essai. On laisse le débit se stabiliser pendant au moins deux minutes avant d'effectuer chaque mesure. Le débit d'air est considéré comme stabilisé lorsque le débit moyen mesuré dans le tunnel de prélèvement se situe à  $\pm 5\%$  de la valeur de consigne. La vitesse doit être mesurée pendant au moins deux minutes après la stabilisation. La période de mesure doit être suffisamment longue pour permettre de détecter toute instabilité dans la courbe de vitesse de l'air susceptible de fausser les valeurs de cette vitesse. La vitesse de l'air à chaque point ne doit pas s'écarter de plus de  $\pm 35\%$  de la moyenne arithmétique de toutes les mesures effectuées pour un débit donné.

Le nettoyage et l'entretien du carter du frein doivent être conformes aux spécifications du fabricant concernant la fréquence et les moyens à utiliser. Avant de commencer un essai de mesure des émissions de freinage, le laboratoire d'essai doit s'assurer que le carter est propre.

#### 7.4.3 Dimensions

Le laboratoire d'essai doit apporter tout le soin qui s'impose au choix du carter du frein pour faire en sorte qu'il soit adapté au plus grand dispositif de freinage utilisé sur les véhicules relevant du champ d'application du présent RTM ONU. Il pourrait notamment ajouter des éléments supplémentaires destinés à réduire les émissions de particules (par exemple, les filtres du frein), à condition que leurs dimensions correspondent à celles de la roue sur laquelle le frein est monté. Il doit en outre vérifier que le carter choisi est compatible avec la vitesse, l'inertie d'essai du frein et le couple de freinage prévus pendant l'essai. Des carters de frein surdimensionnés peuvent créer des zones de basse pression, réduire la vitesse de l'air permettant d'atteindre les températures cibles du frein et allonger le temps de transport des particules. La figure 7.5 présente un schéma indicatif des principales dimensions du carter.

**Figure 7.5**  
**Représentation schématique indicative du carter du frein**  
**et de ses principales dimensions**



Les spécifications minimales concernant les dimensions du carter du frein sont décrites ci-dessous. Outre les spécifications relatives aux dimensions décrites dans le présent paragraphe, le laboratoire d'essai doit s'assurer que les dimensions choisies permettent d'obtenir un modèle satisfaisant à toutes les prescriptions définies au paragraphe 7.4.2.

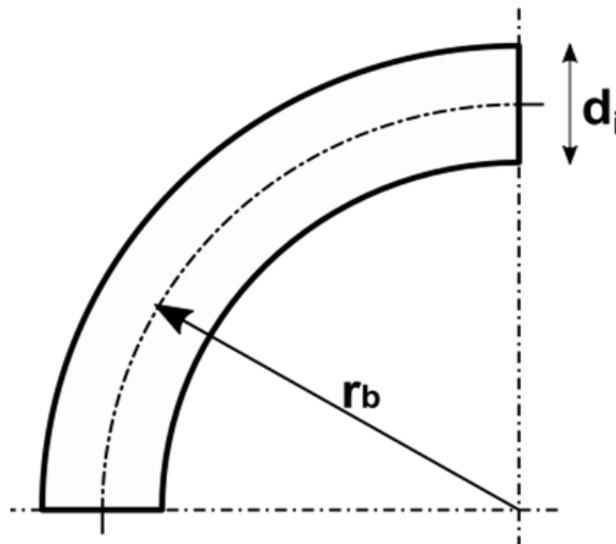
- Concevoir le carter du frein de manière qu'il soit disposé symétriquement par rapport au plan A<sub>1</sub>. La longueur du plan A<sub>1</sub> ( $l_{A1}$ ) représente la plus grande dimension (en longueur) du carter dans le sens du flux. Elle doit être comprise entre 1 200 mm et 1 400 mm ( $1\,200\text{ mm} \leq l_{A1} \leq 1\,400\text{ mm}$ );
- Concevoir le carter du frein de manière qu'il soit disposé symétriquement par rapport au plan D. La longueur du plan D ( $h_D$ ) représente la plus grande dimension (en hauteur) du carter perpendiculairement au sens du flux. La hauteur du plan D doit être comprise entre 600 mm et 750 mm ( $600\text{ mm} \leq h_D \leq 750\text{ mm}$ );
- La distance entre le plan C et le plan D est égale au rayon du plus grand frein disponible sur le marché pour les véhicules visés par le présent RTM ONU. L'emplacement du plan C dans la figure 7.5 est indiqué à titre d'illustration et ne correspond à aucune spécification dimensionnelle réelle;
- Définir la hauteur du plan B ( $h_B$ ) de manière que le rapport  $h_B/h_D$  soit toujours supérieur à 60 % ( $h_B/h_D > 60\%$ ). La profondeur de la transition entre la section transversale et le plan B doit être égale à la profondeur axiale du carter telle que définie au point g) du présent paragraphe;
- Définir la longueur ( $l_i$ ) et la hauteur ( $h_B$ ) du passage vers la sortie de manière qu'elles correspondent à la longueur ( $l_i$ ) et à la hauteur ( $h_B$ ) du passage depuis l'entrée;
- Les diamètres de l'entrée et de la sortie ( $d_i$ ) doivent être égaux au diamètre du conduit dans le tunnel de prélèvement, comme indiqué au paragraphe 7.5;
- La profondeur axiale maximale du carter du frein au plan D (parallèle à l'axe de rotation du frein) doit être comprise entre 400 mm et 500 mm.

## 7.5 Conception du tunnel de prélèvement

Le tunnel de prélèvement est défini comme étant la partie située entre la sortie du carter du frein et l'entrée des sondes de prélèvement. La figure 7.1 présente l'emplacement indicatif du tunnel de prélèvement dans la configuration générale (élément 7). Le tunnel de prélèvement peut être conçu de deux manières : sans coude et avec un coude. Le laboratoire d'essai doit veiller à ce que la conception du tunnel de prélèvement satisfasse aux prescriptions suivantes :

- a) L'air de refroidissement doit circuler dans des conduits circulaires ne présentant aucune variation dans la section transversale entre la sortie du carter et le plan de prélèvement ;
- b) De l'acier inoxydable poli par électrolyse (ou un matériau équivalent) doit être utilisé sur les surfaces du tunnel qui entrent en contact avec l'aérosol ;
- c) Aucun passage entre des secteurs adjacents ne doit présenter d'imperfections ou de caractéristiques susceptibles de retenir des matières particulaires provenant du frein. Lorsque cela n'est pas possible, il faut veiller à ce que les passages soient conçus de manière à réduire au minimum l'accumulation de matières particulaires ;
- d) Les conduits doivent avoir un diamètre intérieur constant  $d_i$  compris entre 175 mm et 225 mm ( $175 \text{ mm} \leq d_i \leq 225 \text{ mm}$ ). Ce diamètre  $d_i$  est défini comme indiqué à la figure 7.6 ;
- e) Le tunnel de prélèvement (soit la partie en aval du carter du frein et en amont du plan de prélèvement) peut présenter au maximum un coude de  $90^\circ$  ou moins à condition que les spécifications définies aux alinéas f) et g) soient respectées ;
- f) Si le tunnel de prélèvement est coudé, le rayon de courbure  $r_b$  doit être au moins égal à deux fois le diamètre intérieur du conduit ( $2 d_i$ ). Le rayon de courbure est défini comme indiqué à la figure 7.6 ;

Figure 7.6

**Définition du diamètre ( $d_i$ ) et du rayon de courbure ( $r_b$ ) du conduit**

- g) Si le tunnel de prélèvement est coudé, un conduit rectiligne d'une longueur d'au moins six fois le diamètre du conduit ( $6 d_i$ ) doit séparer le coude du plan de prélèvement. En outre, un conduit rectiligne d'une longueur d'au moins deux fois le diamètre du conduit ( $2 d_i$ ) doit séparer le plan de prélèvement de toute perturbation du flux (par exemple, un second coude dans l'installation) ;
- h) Si le tunnel de prélèvement n'est pas coudé, un conduit rectiligne d'une longueur d'au moins six fois le diamètre de conduit ( $6 d_i$ ) doit séparer la sortie du carter du plan de prélèvement. En outre, un conduit rectiligne d'une longueur d'au moins deux fois le diamètre de conduit ( $2 d_i$ ) doit séparer le plan de prélèvement de toute perturbation du flux (par exemple, un coude dans l'installation ou un filtre permettant d'empêcher la contamination du débitmètre) ;

- i) Les dispositions relatives aux conduits énoncées aux alinéas a), c) et d) du présent paragraphe s'appliquent au moins au conduit du tunnel sur une distance comprise entre deux fois le diamètre intérieur du conduit ( $2 d_i$ ) en amont de l'entrée du carter et deux fois le diamètre intérieur du conduit ( $2 d_i$ ) en aval du plan de prélèvement.

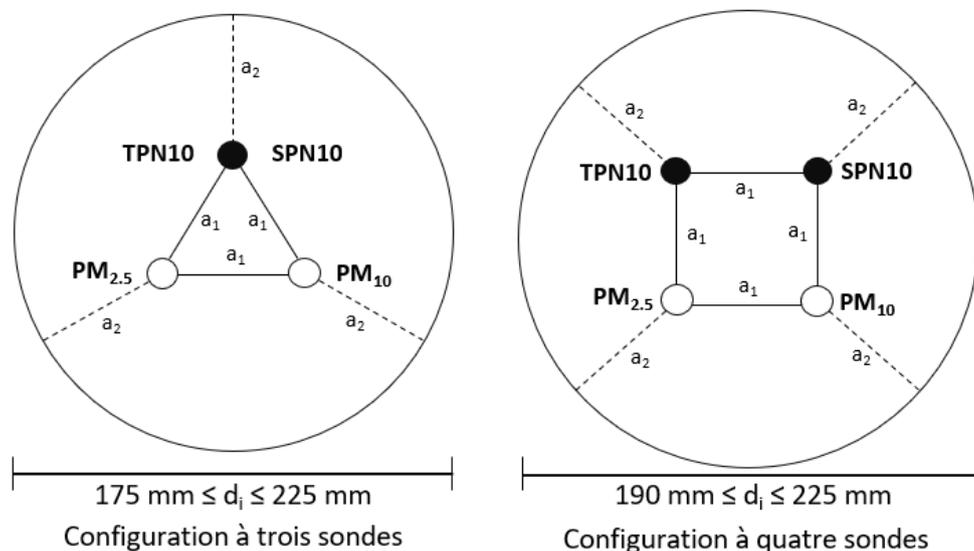
## 7.6 Plan de prélèvement

Le plan de prélèvement est le plan vertical du tunnel de prélèvement où se trouve l'entrée des sondes de prélèvement. Deux configurations sont possibles, à savoir une configuration à trois sondes et une configuration à quatre sondes. La figure 7.1 présente l'emplacement indicatif du plan de prélèvement dans la configuration générale (élément 8). Les dispositions suivantes s'appliquent au plan de prélèvement :

- a) Le prélèvement pour la mesure des émissions de matières particulaires et des émissions en nombre de particules est effectué dans la même partie transversale du tunnel de prélèvement (voir les paragraphes 12.1.1.1 et 12.2.1.1 pour la mesure des émissions de matières particulaires et des émissions en nombre de particules, respectivement) ;
- b) Une configuration à trois sondes ou à quatre sondes est choisie en fonction du diamètre du conduit tel que défini aux alinéas e) et f) du présent paragraphe. La figure 7.7 indique le positionnement correct des sondes de prélèvement pour la mesure des émissions de matières particulaires et des émissions en nombre de particules selon que la configuration comporte trois ou quatre sondes ;

Figure 7.7

### Représentation graphique de l'espacement des sondes dans le tunnel



*Note* : Vue de la partie verticale dans le sens du flux dans le tunnel de prélèvement qui définit le plan de prélèvement. Les points blancs représentent les sondes de prélèvement pour la mesure des émissions de matières particulaires ( $PM_{2,5}/PM_{10}$ ). Les points noirs représentent les sondes de prélèvement pour la mesure des émissions en nombre de particules (TPN10/SPN10).

- c) Les sondes de prélèvement doivent être également espacées autour de l'axe longitudinal central du tunnel de prélèvement, avec une distance minimale de 47,5 mm entre elles (fig. 7.7 –  $a_1 \geq 47,5$  mm). La distance est mesurée sur la base du diamètre extérieur des sondes de prélèvement ;

- d) Les sondes de prélèvement doivent être placées à une distance radiale minimale de 47,5 mm de la paroi du tunnel (distance sonde-conduit) (fig. 7.7 –  $a_2 \geq 47,5$  mm). La distance sonde-conduit est mesurée sur la base du diamètre extérieur des sondes de prélèvement ;
- e) Dans le cas de la configuration à trois sondes de prélèvement, le diamètre du conduit doit être d'au moins 175 mm. L'utilisation de cette configuration est obligatoire lorsque le diamètre du conduit est inférieur à 190 mm ( $175 \text{ mm} \leq d_i < 190 \text{ mm}$ ). La configuration à trois sondes peut également être utilisée lorsque le diamètre de conduit est supérieur à 190 mm ;
- f) La configuration à quatre sondes de prélèvement nécessite un diamètre de conduit d'au moins 190 mm. Son utilisation n'est autorisée que lorsque le diamètre du conduit est supérieur ou égal à 190 mm ( $190 \text{ mm} \leq d_i \leq 225 \text{ mm}$ ).

## 8. Prescriptions relatives à la préparation de l'essai

### 8.1 Paramètres d'entrée

#### 8.1.1 Freinage exclusivement à friction

Le laboratoire d'essai doit disposer des paramètres ci-après relatifs au frein, et au véhicule sur lequel le frein soumis à l'essai est monté, pour effectuer les essais de mesure des émissions de freinage exclusivement à friction conformément au présent RTM ONU.

Tableau 8.1

#### Paramètres d'essai requis pour le freinage exclusivement à friction

<i>N°</i>	<i>Paramètres d'entrée</i>	<i>Brève description</i>	<i>Symbole</i>	<i>Unité</i>
1	Marque et modèle du véhicule	Marque et modèle du véhicule sur lequel le frein soumis à l'essai est monté		–
2	Essieu du véhicule	Essieu (avant ou arrière) du véhicule sur lequel le frein soumis à l'essai est monté	FA ou RA	–
3	Emplacement de montage du frein sur le véhicule	Emplacement du frein soumis à l'essai sur le véhicule (à droite ou à gauche)	RHC ou LHC	–
4	Masse d'essai du véhicule	Masse du véhicule à simuler sur le dynamomètre de freinage, telle que définie à l'alinéa a) du présent paragraphe	$M_{\text{veh}}$	kg
5	Répartition de la force de freinage	Rapport entre la force de freinage de chaque essieu et la force de freinage totale sur le véhicule, tel que décrit à l'alinéa b) du présent paragraphe	FAF ou RAF	%
6	Modèle de support	Support du dispositif de freinage tel que décrit au paragraphe 8.4.1	L0-U ou L0-P	–
7	Numéro de référence du disque ou du tambour	Code apposé par le fabricant du frein sur le disque ou le tambour		–
8	Numéro de référence du matériau de friction	Code apposé par le fabricant du matériau de friction sur les plaquettes ou mâchoires de frein		–
9	Charge nominale de la roue	Charge au niveau du frein soumis à l'essai (avant ou arrière) avant la prise en compte de la résistance à l'avancement sur route du véhicule ou de tout autre type de perte, telle que définie à l'alinéa c) du présent paragraphe	$W_{L_{n-f}}$ ou $W_{L_{n-r}}$	kg

<i>N°</i>	<i>Paramètres d'entrée</i>	<i>Brève description</i>	<i>Symbole</i>	<i>Unité</i>
10	Charge d'essai de la roue (ou charge appliquée à la roue)	Charge au niveau du frein soumis à l'essai (avant ou arrière) compte tenu de la résistance à l'avancement du véhicule ou de tout autre type de perte, telle que définie à l'alinéa d) du présent paragraphe	$WL_{t-f}$ ou $WL_{t-r}$	kg
11	Rayon de roulement dynamique du pneumatique	Rayon du pneumatique qui équivaut au nombre de tours par unité de distance parcourue, tel que publié par le fabricant pour la taille de pneumatique donnée	$r_R$	mm
12	Rayon effectif du frein	Distance entre le centre du frein et le centre théorique du matériau de friction, telle que définie à l'alinéa e) du présent paragraphe	$r_{eff}$	mm
13	Inertie nominale du frein	Charge de la roue, pour un rayon de giration égal au rayon de roulement dynamique du pneumatique, qui produit sur le frein de service la même énergie cinétique que dans le véhicule réel, telle que définie à l'alinéa f) du présent paragraphe	$I_n$	kg·m <sup>2</sup>
14	Inertie d'essai du frein (ou inertie appliquée au frein)	Inertie nominale du frein après soustraction des forces de décélération induites par la résistance à l'avancement sur route du véhicule ou tout autre type de perte, telle que définie à l'alinéa g) du présent paragraphe	$I_t$	kg·m <sup>2</sup>
15	Diamètre extérieur maximal du disque ou tambour	Le plus grand diamètre du disque ou du tambour soumis à l'essai	OD	mm
16	Masse du disque	Masse du disque avant l'essai, utilisée pour l'affectation du frein soumis à l'essai à un groupe fondé sur le rapport entre la charge nominale de la roue avant et la masse du disque, tel que décrit au paragraphe 10	DM	kg
17	Nombre de pistons par côté	Nombre de pistons sur un côté de l'étrier de frein		n
18	Diamètre moyen (ou hydraulique) du piston	Diamètre du piston du frein soumis à l'essai, tel que défini à l'alinéa h) du présent paragraphe		mm
19	Couple de serrage du boulon de l'étrier du disque (le cas échéant)	Couple de serrage suggéré pour les boulons, s'il est spécifié par le fabricant du frein		N·m
20	Efficacité de l'étrier ou du tambour de frein (le cas échéant)	Efficacité permettant de tenir compte des pertes par frottement, de la course du piston, etc. si elle est spécifiée par le fabricant du frein. Sinon, utiliser 100 %	$\eta$	%
21	Pression-seuil	Pression minimale permettant de surmonter la résistance interne avant l'obtention du couple de freinage	$p_{threshold}$	kPa
22	Limite de voile ou d'excentricité de la piste	Déplacement maximal autorisé pour le disque ou le tambour le long de son axe/rayon lorsqu'il est installé sur le support de frein	BRO	$\mu$ m

Les considérations ci-après doivent être prises en compte lors du calcul de certains des paramètres d'essai requis indiqués dans le tableau 8.1 :

- a) La masse d'essai du véhicule ( $M_{veh}$ ), qui est égale à la masse en ordre de marche plus la masse de l'équipement optionnel d'un véhicule donné (kg) sur lequel le frein soumis à l'essai est monté et :
- i) 37,5 kg, ce qui correspond à une masse supplémentaire de 0,5 passager pour les véhicules de la catégorie 1-1 ;
  - ii) 25 kg plus 28 % de la charge maximale pour les véhicules de la catégorie 2 dont la masse totale en charge est inférieure à 3 500 kg ;
- b) La répartition de la force de freinage (FAF ou RAF), qui représente le rapport entre la force de freinage de chaque essieu et la force de freinage totale sur le véhicule. FAF représente la part de la force de freinage appliquée à l'essieu avant. RAF représente la part de la force de freinage appliquée à l'essieu arrière. La répartition de la force de freinage est exprimée en pourcentage. Pour chaque véhicule, cette répartition (FAF ou RAF) est indiquée par le constructeur. La répartition de la force de freinage fondée sur la méthode par défaut du Règlement ONU n° 90 pour les décélérations inférieures à 0,65 g ne doit être appliquée que lorsque la valeur précise indiquée par le constructeur du véhicule n'est pas disponible. Elle correspond à :
- i) 77 % pour l'essieu avant et 32 % pour l'essieu arrière dans le cas des véhicules de la catégorie 1-1 ;
  - ii) 66 % pour l'essieu avant et 39 % pour l'essieu arrière dans le cas des véhicules de la catégorie 2 dont la masse totale en charge est inférieure à 3 500 kg ;
- c) La charge nominale par roue ( $WL_n$ ), qui représente la charge sur le frein soumis à l'essai (à l'avant ou à l'arrière) avant la prise en compte de la résistance à l'avancement sur route du véhicule ou de tout autre type de perte. Elle est fonction de la masse d'essai du véhicule et de la répartition de la force de freinage et on l'obtient au moyen des équations 8.1a et 8.1b. Elle sert à calculer la charge d'essai de la roue et à classer le frein soumis à l'essai dans un groupe fondé sur le rapport entre la charge nominale de la roue avant et la masse du disque ( $WL_{n-f}/DM$ ) lors du réglage des paramètres de refroidissement, comme spécifié au paragraphe 10.

$$WL_{n-f} = 0,5 \times M_{veh} \times FAF \quad (\text{Éq. 8.1a})$$

$$WL_{n-r} = 0,5 \times M_{veh} \times RAF \quad (\text{Éq. 8.1b})$$

Où :

$WL_{n-f}$  est la charge nominale de la roue avant, en kg, telle que décrite dans le tableau 8.1 ;

$WL_{n-r}$  est la charge nominale de la roue arrière, en kg, telle que décrite dans le tableau 8.1 ;

$M_{veh}$  est la masse d'essai du véhicule, en kg, telle que décrite dans le tableau 8.1 ;

FAF est la part de la force de freinage appliquée à l'essieu avant, telle que décrite dans le tableau 8.1 ;

RAF est la part de la force de freinage appliquée à l'essieu arrière, telle que décrite dans le tableau 8.1.

- d) La charge d'essai de la roue (ou charge appliquée à la roue) ( $WL_t$ ), qui représente la charge au niveau du frein soumis à l'essai (avant ou arrière) compte tenu de la résistance à l'avancement sur route du véhicule ou de tout autre type de perte. Elle est fonction de la charge nominale de la roue et on l'obtient au moyen des équations 8.2a et 8.2b.  $WL_t$  est réduite de 13 % par rapport à  $WL_n$  afin de tenir compte de la résistance à l'avancement sur route du véhicule dans des conditions réelles de fonctionnement.  $WL_t$  est appliquée pendant toute la durée de l'essai de mesure des émissions de freinage, c'est-à-dire pendant les phases de réglage du débit d'air de refroidissement, de rodage et de mesure des émissions.

$$WL_{t-f} = 0,87 \times WL_{n-f} \quad (\text{Éq. 8.2a})$$

$$WL_{t-r} = 0,87 \times WL_{n-r} \quad (\text{Éq. 8.2b})$$

- e) Le rayon effectif du frein ( $r_{\text{eff}}$ ), qui est défini comme étant la distance entre le centre du frein (disque ou tambour) et le centre théorique du matériau de friction, décrivant un cercle au centre de la surface de contact entre le disque et les plaquettes ou entre le tambour et les mâchoires. Pour les freins à disque, on prend le rayon effectif indiqué par le fabricant. Pour un frein à tambour, le rayon effectif est égal à la moitié du diamètre intérieur du tambour ;
- f) L'inertie nominale du frein ( $I_n$ ), soit la charge de la roue, pour un rayon de giration égal au rayon de roulement dynamique du pneumatique, qui produit sur le frein de service la même énergie cinétique que dans le véhicule. Elle est fonction de la charge nominale de la roue et du rayon de roulement dynamique du pneumatique et on l'obtient au moyen de l'équation 8.3 :

$$I_n = WL_n \times r_R^2 \quad (\text{Éq. 8.3})$$

Où :

$I_n$  est l'inertie nominale du frein, en  $\text{kg m}^2$ , telle que décrite dans le tableau 8.1 ;

$WL_n$  est la charge nominale de la roue, en kg, telle que décrite dans le tableau 8.1 ;

$r_R^2$  est le rayon de roulement dynamique du pneumatique, en m, tel que décrit dans le tableau 8.1.

- g) L'inertie d'essai du frein (ou inertie appliquée au frein) ( $I_t$ ), qui représente l'inertie nominale du frein après soustraction des forces de décélération générées par la résistance à l'avancement sur route du véhicule ou tout autre type de perte. Elle constitue la principale source d'énergie cinétique lors du freinage. Elle est fonction de l'inertie nominale du frein et on l'obtient au moyen de l'équation 8.4. L'inertie d'essai est réduite de 13 % par rapport à l'inertie nominale afin de tenir compte des pertes dues à la résistance à l'avancement sur route du véhicule dans des conditions de conduite réelles. L'inertie d'essai du frein s'applique à l'ensemble de l'essai de mesure des émissions de freinage, c'est-à-dire aux phases de réglage du débit d'air de refroidissement, de rodage et de mesure des émissions ;

$$I_t = 0,87 \times I_n \quad (\text{Éq. 8.4})$$

- h) Pour les freins à tambour, le diamètre moyen (ou hydraulique) du piston ( $d_{\text{piston}}$ ) est le diamètre du piston du cylindre de roue. Pour les freins à disque, il représente le diamètre équivalent du piston du frein soumis à l'essai. Si l'étrier de frein contient plusieurs (n) pistons, le laboratoire d'essai doit déterminer le diamètre hydraulique du piston en utilisant les diamètres équivalents des différents pistons agissant sur un côté de l'étrier à l'aide de l'équation 8.5 :

$$d_{\text{piston}} = \sqrt{d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2} \quad (\text{Éq. 8.5})$$

### 8.1.2 Freinage sans friction

Le laboratoire d'essai doit disposer des paramètres ci-après relatifs au frein, et au véhicule de base de la famille d'émissions de freinage, pour effectuer les essais de mesure des émissions de freinage sans friction conformément au présent RTM ONU.

Tableau 8.2

#### Paramètres d'essai requis pour le freinage sans friction

N°	Paramètres d'entrée	Brève description	Symbole	Unité
1	Marque, modèle et type du véhicule	Marque, modèle et type du véhicule de base de la famille d'émissions de freinage (c'est-à-dire VEP, VEH-RE, VEH-NRE de catégorie 1, VEH-NRE de catégorie 2 et véhicules équipés uniquement de moteurs à combustion interne) sur lequel le frein soumis à l'essai est monté		–
2	Essieu du véhicule	Essieu (avant ou arrière) du véhicule de base de la famille d'émissions de freinage sur lequel le frein soumis à l'essai est monté	FA ou RA	–
3	Emplacement de montage du frein sur le véhicule	Emplacement du frein soumis à l'essai sur le véhicule de base de la famille d'émissions de freinage (à droite ou à gauche)	RHC ou LHC	–
4	Masse d'essai du véhicule	Masse du véhicule de base de la famille d'émissions de freinage à simuler sur le dynamomètre de freinage, telle que définie à l'alinéa a) du présent paragraphe	$M_{\text{veh}}$	kg
5	Répartition de la force de freinage	Rapport entre la force de freinage de chaque essieu et la force de freinage totale sur le véhicule de base de la famille d'émissions de freinage, tel que décrit à l'alinéa b) du présent paragraphe	FAF ou RAF	%
6	Modèle de support	Support du dispositif de freinage tel que décrit au paragraphe 8.4.1	L0-U ou L0-P	–
7	Numéro de référence du disque ou du tambour	Code apposé par le fabricant du frein sur le disque ou le tambour		–
8	Numéro de référence du matériau de friction	Code apposé par le fabricant du matériau de friction sur les plaquettes ou mâchoires de frein		–
9	Charge nominale de la roue	Charge au niveau du frein soumis à l'essai (avant ou arrière) avant la prise en compte de la résistance à l'avancement sur route du véhicule ou de tout autre type de perte, telle que définie à l'alinéa c) du présent paragraphe	$WL_{n-f}$ ou $WL_{n-r}$	kg

<i>N°</i>	<i>Paramètres d'entrée</i>	<i>Brève description</i>	<i>Symbole</i>	<i>Unité</i>
10	Charge d'essai de la roue (ou charge appliquée à la roue)	Charge au niveau du frein soumis à l'essai (avant ou arrière) compte tenu de la résistance à l'avancement du véhicule ou de tout autre type de perte, telle que définie à l'alinéa d) du présent paragraphe	WL <sub>t-r</sub> ou WL <sub>t-r</sub>	kg
11	Rayon de roulement dynamique du pneumatique	Rayon du pneumatique qui équivaut au nombre de tours par unité de distance parcourue, tel que publié par le fabricant pour la taille de pneumatique donnée	r <sub>R</sub>	mm
12	Rayon effectif du frein	Distance entre le centre du frein et le centre théorique du matériau de friction, telle que définie à l'alinéa e) du présent paragraphe	r <sub>eff</sub>	mm
13	Inertie nominale du frein	Charge de la roue, pour un rayon de giration égal au rayon de roulement dynamique du pneumatique, qui produit sur le frein de service la même énergie cinétique que dans le véhicule de base de la famille d'émissions de freinage en conditions réelles, telle que définie à l'alinéa f) du présent paragraphe	I <sub>n</sub>	kg·m <sup>2</sup>
14	Inertie d'essai du frein (ou inertie appliquée au frein)	Inertie nominale du frein après soustraction des forces de décélération induites par la résistance à l'avancement sur route du véhicule ou tout autre type de perte, telle que définie à l'alinéa g) du présent paragraphe	I <sub>t</sub>	kg·m <sup>2</sup>
15	Diamètre extérieur maximal du disque ou tambour	Le plus grand diamètre du disque ou du tambour soumis à l'essai	OD	mm
16	Masse du disque	Masse du disque avant l'essai, utilisée pour l'affectation du frein soumis à l'essai à un groupe fondé sur le rapport entre la charge nominale de la roue avant et la masse du disque, tel que décrit au paragraphe 10	DM	kg
17	Nombre de pistons par côté	Nombre de pistons sur un côté de l'étrier de frein		n
18	Diamètre moyen (ou hydraulique) du piston	Diamètre du piston du frein soumis à l'essai, tel que défini à l'alinéa h) du paragraphe 8.4.1		mm
19	Couple de serrage du boulon de l'étrier du disque (le cas échéant)	Couple de serrage suggéré pour les boulons, s'il est spécifié par le fabricant du frein		N·m
20	Efficacité de l'étrier ou du tambour de frein (le cas échéant)	Efficacité permettant de tenir compte des pertes par frottement, de la course du piston, etc. si elle est spécifiée par le fabricant du frein. Sinon, utiliser 100 %	η	%
21	Pression-seuil	Pression minimale permettant de surmonter la résistance interne avant l'obtention du couple de freinage	P <sub>threshold</sub>	kPa
22	Limite de voile ou d'excentricité de la piste	Déplacement maximal autorisé pour le disque ou le tambour le long de son axe ou rayon lorsqu'il est installé sur le support de frein	BRO	μm

Les considérations ci-après doivent être prises en compte lors du calcul de certains des paramètres d'essai requis indiqués dans le tableau 8.2 :

- a) La masse d'essai du véhicule ( $M_{veh}$ ), qui est égale à la masse en ordre de marche du véhicule de base de la famille d'émissions de freinage, plus la masse de l'équipement optionnel d'un véhicule donné (kg) sur lequel le frein soumis à l'essai est monté et :
  - i) 37,5 kg, ce qui correspond à une masse supplémentaire de 0,5 passager pour les véhicules de la catégorie 1-1 ;
  - ii) 25 kg plus 28 % de la charge maximale pour les véhicules de la catégorie 2 dont la masse totale en charge est inférieure à 3 500 kg ;
- b) La répartition de la force de freinage (FAF ou RAF), qui représente le rapport entre la force de freinage de chaque essieu et la force de freinage totale sur le véhicule de base de la famille d'émissions de freinage. Les dispositions de l'alinéa b) du paragraphe 8.1.1 relatives à la répartition de la force de freinage s'appliquent ;
- c) La charge nominale par roue ( $WL_n$ ), qui représente la charge sur le frein soumis à l'essai (à l'avant ou à l'arrière) avant la prise en compte de la résistance à l'avancement sur route du véhicule ou de tout autre type de perte. Elle est fonction de la masse d'essai du véhicule de base de la famille d'émissions de freinage et de la répartition de la force de freinage et on l'obtient au moyen des équations 8.1a et 8.1b ;
- d) La charge d'essai de la roue (ou charge appliquée à la roue) ( $WL_r$ ), qui représente la charge au niveau du frein soumis à l'essai (avant ou arrière) compte tenu de la résistance à l'avancement sur route du véhicule ou de tout autre type de perte. Elle est fonction de la charge nominale de la roue et on l'obtient au moyen des équations 8.2a et 8.2b en utilisant les paramètres spécifiques au véhicule de base de la famille d'émissions de freinage ;
- e) Le rayon effectif du frein ( $r_{eff}$ ), qui est défini comme étant la distance entre le centre du frein (disque ou tambour) et le centre théorique du matériau de friction. Les dispositions relatives au rayon effectif  $r_{eff}$ , énoncées au paragraphe 8.1.1, s'appliquent ;
- f) L'inertie nominale du frein ( $I_n$ ), soit la charge de la roue, pour un rayon de giration égal au rayon de roulement dynamique du pneumatique, qui produit sur le frein de service la même énergie cinétique que dans le véhicule de base de la famille d'émissions de freinage en conditions réelles. Elle est calculée au moyen de l'équation 8.3 ;
- g) L'inertie d'essai du frein (ou inertie appliquée au frein) ( $I_r$ ), qui représente l'inertie nominale du frein après soustraction des forces de décélération générées par la résistance à l'avancement sur route du véhicule ou tout autre type de perte. Elle est calculée au moyen de l'équation 8.4 ;
- h) Le diamètre moyen (ou hydraulique) du piston ( $d_{piston}$ ), tel que défini à l'alinéa h) du paragraphe 8.1.1.

## 8.2 Préparation de la configuration d'essai

### 8.2.1 Freinage exclusivement à friction et freinage sans friction

Avant de commencer un essai de mesure des émissions de freinage, le laboratoire d'essai doit effectuer les tâches suivantes :

- a) Vérifier si l'ensemble des documents relatifs à l'essai, les informations sur le frein et le programme de contrôle sont disponibles, si le dynamomètre a les capacités requises et si les conditions d'essai sont réunies ;

- b) Mettre à jour ou téléverser le programme de contrôle, les paramètres et conditions d'essai et les informations sur le frein dans le système de contrôle du dynamomètre de freinage ;
- c) Installer le dispositif de freinage sur l'appareillage d'essai en reliant la contre-pointe à l'arbre principal du dynamomètre au moyen des adaptateurs, conformément aux spécifications décrites au paragraphe 8.4.1 ;
- d) Installer les plaquettes ou les mâchoires de frein et procéder à une purge complète du frein afin d'éliminer les bulles d'air des conduites de freinage allant du maître-cylindre jusqu'au frein ;
- e) Effectuer une inspection visuelle du frein soumis à l'essai, du support du frein, des fils du thermocouple et des conduites de freinage hydrauliques pour garantir un bon acheminement et des raccordements corrects ;
- f) Mesurer le voile ou l'excentricité de la piste (BRO) en plaçant la pointe du comparateur à cadran à 10 mm vers l'extérieur de l'axe longitudinal de la surface extérieure du disque (freins à disque) ou en plaçant le comparateur radialement sur l'axe longitudinal de la surface intérieure du tambour (freins à tambour). Les plaquettes ou les mâchoires de frein ne doivent pas être montées pendant cette mesure. Vérifier que le voile ou l'excentricité de la piste est inférieur(e) à 50 µm en faisant tourner manuellement le disque ou le tambour installé sur le dynamomètre. Si le voile ou l'excentricité de la piste dépasse 50 µm, il faut ajuster la fixation du frein sur le support ou inspecter les pièces du frein pour réduire le voile ou l'excentricité à une valeur inférieure à 50 µm. Si, avant le début de l'essai, le voile ou l'excentricité continue de dépasser la limite définie au présent paragraphe, l'essai n'est pas valable ;
- g) S'assurer que tous les instruments sont disponibles conformément à la procédure normalisée d'utilisation et de nettoyage définie par leurs fabricants. S'assurer que tous les filtres sont disponibles conformément à la procédure normalisée de conditionnement, de manipulation et de stockage définie par leur fabricant ;
- h) Effectuer des freinages statiques à des pressions comprises entre 3 et 30 bar afin de vérifier la courbe de déplacement de liquide pour le contrôle de la purge et l'inspection visuelle de toute fuite de liquide à l'intérieur du carter ;
- i) Fermer le carter du frein, mettre en marche le système de conditionnement ambiant et vérifier le bon fonctionnement du système de contrôle de l'air de refroidissement, conformément aux spécifications définies au paragraphe 7.2 ;
- j) Effectuer des accélérations pour atteindre différentes vitesses linéaires (5 km/h, 50 km/h et 135 km/h) et enregistrer le couple résiduel pendant l'accélération jusqu'à la vitesse de consigne et après avoir roulé aux vitesses cibles pendant 10 s (à une pression de freinage nulle). Un niveau d'accélération de 1 m/s<sup>2</sup> pour 5 km/h et de 2 m/s<sup>2</sup> pour les deux autres vitesses cibles est appliqué. Vérifier que le couple de rotation reste compris entre 0 et 20 N m (compte non tenu du couple absorbé par le dynamomètre). Si le couple de rotation dépasse ces valeurs, répéter la procédure après avoir vérifié à nouveau le voile ou l'excentricité de la piste, le jeu de fonctionnement (y compris le câblage des thermocouples) et la purge des freins, dans cet ordre. Si le couple de rotation du frein soumis à l'essai dépasse 20 N m, l'essai n'est pas valable ;

- k) Répéter dix fois le premier freinage du cycle de freinage WLTP pour vérifier la collecte des données, les paramètres d'essai, l'inertie d'essai du frein et le fonctionnement général du système ;
- l) Lorsque le débit d'air de refroidissement pour l'essieu et le type de frein soumis à l'essai n'est pas connu, le régler à une valeur connue utilisée pour des freins analogues, comme décrit au paragraphe 10.2.4. Vérifier que le débit d'air de refroidissement choisi est conforme aux spécifications définies au paragraphe 10. Si tel n'est pas le cas, ajuster sa valeur en suivant les instructions du paragraphe 10.2.4 jusqu'à ce que la valeur nominale soit définie ;
- m) Vérifier que les niveaux d'émissions ambiantes avant essai se situent dans les limites acceptables définies au paragraphe 7.2.2.2 en utilisant le débit d'air de refroidissement nominal ;
- n) Vérifier que tous les instruments et dispositifs de mesure des émissions de freinage sont activés et fonctionnent sans erreur ni avertissement ;
- o) Si aucun problème ne se pose, poursuivre l'essai avec les phases de rodage et de mesure des émissions en suivant les procédures respectivement définies aux paragraphes 11 et 12.

Les tâches susmentionnées s'appliquent lorsque le laboratoire d'essai effectue toutes les phases de l'essai de mesure des émissions de freinage avec le même dispositif de freinage. Lorsque le laboratoire d'essai effectue la phase de réglage du débit d'air de refroidissement avec un dispositif de freinage différent de celui utilisé pour les autres phases de l'essai, toutes les tâches susmentionnées, à l'exception de celles décrites aux alinéas g), m), n) et o), s'appliquent à cette phase et toutes les tâches du présent paragraphe, à l'exception de celle décrite à l'alinéa l), s'appliquent aux phases de rodage et de mesure des émissions.

### 8.3 Mesure de la température des freins

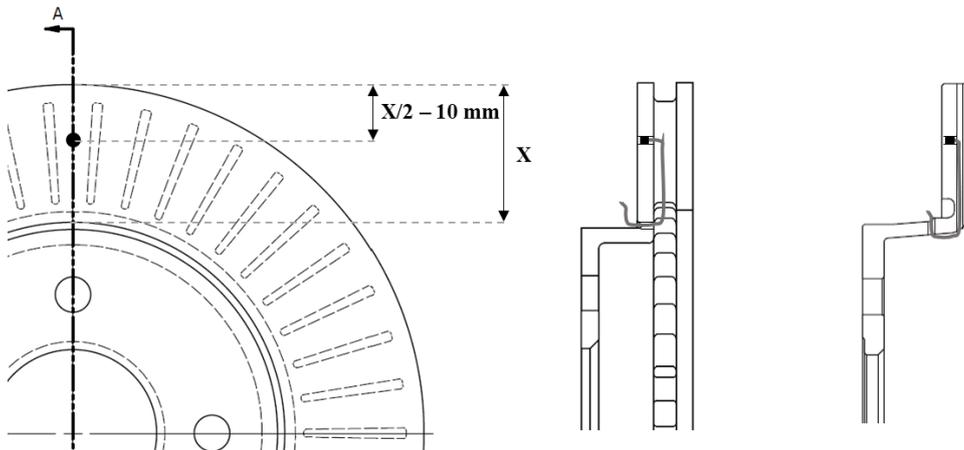
Le laboratoire d'essai doit utiliser des thermocouples encastrés pour mesurer la température du disque ou du tambour de frein. Les spécifications suivantes s'appliquent :

- a) Utiliser des capteurs de température disponibles sur le marché, contenant des conducteurs en alliage nickel-chrome (chromel) et en alliage nickel-aluminium (alumel) (thermocouples de type K) ;
- b) Utiliser des thermocouples encastrés dont la plage de température de mesure est comprise entre 0 °C et un minimum de 800 °C et dont l'erreur maximale admise (tolérance) est de  $\pm 2,2$  °C ou  $\pm 0,75$  % de la valeur mesurée ;
- c) Utiliser des thermocouples encastrés munis d'une pointe solide déjà installée pour les encastrer sur les organes de freinage ;

En outre, les dispositions ci-après s'appliquent au placement des thermocouples encastrés sur les organes de freinage :

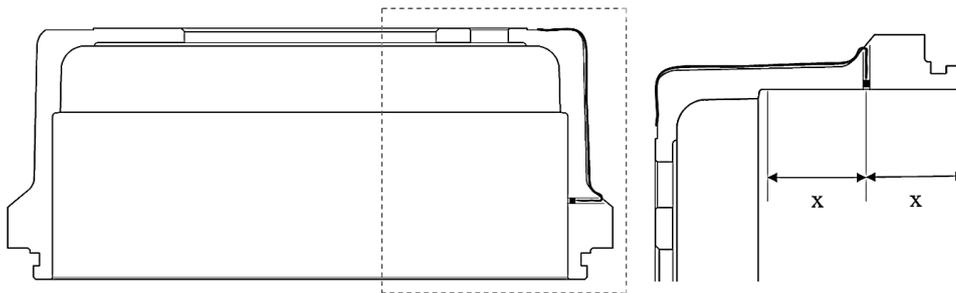
- d) Dans le cas des freins à disque, placer le thermocouple dans la surface de frottement de la plaque extérieure – radialement à 10 mm vers l'extérieur du centre de la piste de frottement – de manière qu'il soit encastré à  $(0,5 \pm 0,1)$  mm de profondeur sous la surface du disque. Sur les disques ventilés, le thermocouple doit être centré entre deux ailettes de la plaque du disque. La figure 8.1 illustre l'installation correcte de thermocouples encastrés sur les disques de frein. Le symbole « X » indique le rayon de la surface de contact du disque et des plaquettes ;

Figure 8.1  
Schéma d'installation de thermocouples encastrés sur les disques de frein



- e) Dans le cas des freins à tambour, placer le thermocouple au centre de la piste de frottement, en laissant un intervalle de  $(0,5 \pm 0,1)$  mm par rapport à la surface intérieure du tambour de frein. La figure 8.2 illustre l'installation correcte de thermocouples encastrés sur les tambours de frein ;

Figure 8.2  
Schéma d'installation de thermocouples encastrés sur les tambours de frein



- f) Lors des essais de mesure des particules produites par les freins réalisés dans le cadre du présent RTM ONU, il est fortement déconseillé d'installer des thermocouples encastrés ou d'autres types de thermocouples pour mesurer la température des plaquettes ou des mâchoires de frein.

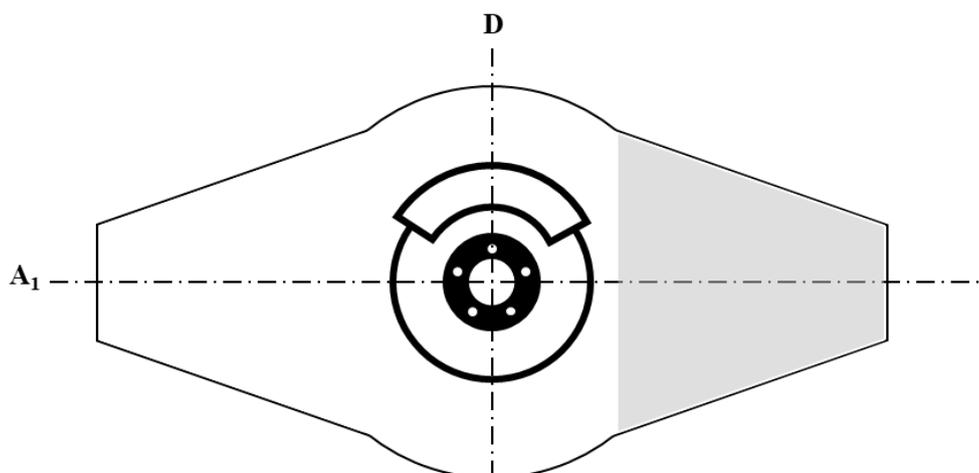
La température du frein doit être indiquée dans le fichier axé sur la durée de l'essai comme décrit dans le tableau 13.6 du paragraphe 13.4. Le laboratoire d'essai doit utiliser les relevés des thermocouples pour indiquer la température du frein pendant toutes les phases de l'essai. Il doit par exemple utiliser les relevés de température des thermocouples encastrés figurant dans le fichier axé sur la durée de l'essai ( $T_{\text{brake}}$ ) pour vérifier la bonne application de la température initiale lors des différents trajets du cycle de freinage WLTP, conformément aux spécifications décrites au paragraphe 9.2.

## 8.4 Positionnement du frein

### 8.4.1 Dispositif de freinage

La position de montage du dispositif de freinage permet de définir à la fois l'axe de rotation de celui-ci et l'emplacement des plans  $A_1$  et D du carter. La position de montage correcte est illustrée à la figure 8.3, les plans  $A_1$  et D coupant perpendiculairement l'axe de rotation.

Figure 8.3  
Position de montage du dispositif de freinage et de l'étrier



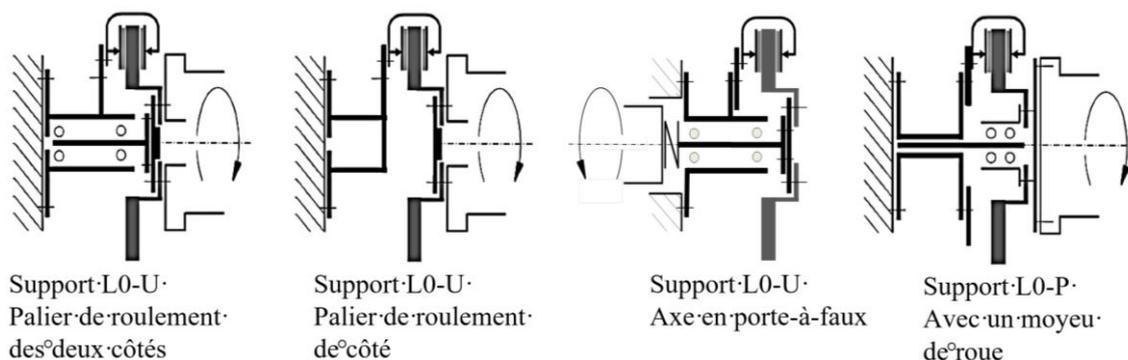
Le laboratoire d'essai doit utiliser un support approprié pour monter le dispositif de freinage en reliant la contre-pointe (côté non rotatif) à l'arbre du dynamomètre de freinage (côté rotatif). Le support de frein du dynamomètre doit comprendre au minimum les sous-systèmes suivants :

- Pièces de montage servant à fixer l'appareillage d'essai du frein à la contre-pointe (non rotative) ;
- Éléments structurels permettant de transférer le couple et les forces de freinage à la contre-pointe ;
- Pièces de montage destinées à tenir l'étrier de frein ou l'ensemble de la plaque de support pour les freins à tambour ;
- Éléments rotatifs sur lesquels est monté le disque ou le tambour de frein ;
- Éléments rotatifs qui relient l'arbre du dynamomètre de freinage au disque ou au tambour de frein.

Le support du dispositif de freinage doit permettre au frein de faire des rotations à 360° avec un frottement faible et sans présenter de vibrations ou d'oscillations pendant l'essai. Le laboratoire d'essai doit monter le dispositif de freinage sur le dynamomètre au moyen d'un support de frein de type universel (L0-U) ou de type poteau (L0-P).

Le support L0-U permet de fixer directement le dispositif de freinage sur l'arbre de transmission du dynamomètre sans moyeu de roue. Le support L0-P permet l'installation du roulement spécifique au véhicule. Les figures 8.4 et 8.5 présentent quelques exemples de schémas de modèles de supports pour les freins à disque et à tambour, respectivement.

Figure 8.4  
Exemple de modèles de support autorisés pour les freins à disque



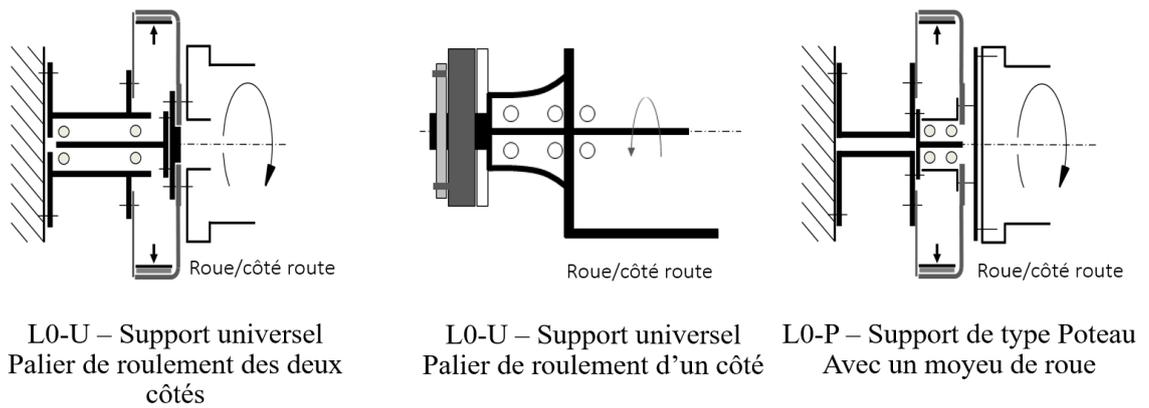
Support L0-U  
Palier de roulement  
des deux côtés

Support L0-U  
Palier de roulement  
de côté

Support L0-U  
Axe en porte-à-faux

Support L0-P  
Avec un moyeu  
de roue

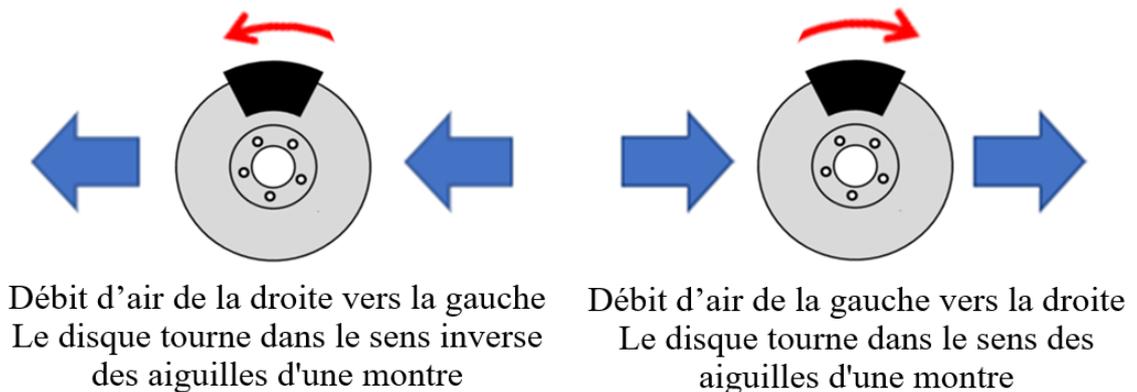
Figure 8.5  
Exemple de modèles de support autorisés pour les freins à tambour



Toute variante de ces supports (un palier de roulement d'un côté, à droite ou à gauche, ou des deux côtés) peut être appliquée à condition qu'un support de type L0 soit utilisé comme référence (c'est-à-dire une base cylindrique et symétrique sans autres extensions ou saillies que celles nécessaires pour monter l'étrier). Par exemple, la figure 8.4 présente trois versions différentes d'un support L0-U : avec un palier de roulement des deux côtés, un palier de roulement d'un côté et un axe en porte-à-faux. Les systèmes de montage de freins uniques pour les technologies de freinage incompatibles avec le L0-U ou le L0-P peuvent déroger à cette prescription. En pareil cas, le laboratoire d'essai doit présenter les documents permettant de démontrer que leur utilisation est nécessaire.

Le laboratoire d'essai doit installer le frein (disque de frein et étrier ou tambour) dans une configuration telle que la rotation ait toujours lieu dans le sens de l'évacuation lors de la marche avant, comme le montre la figure 8.6.

Figure 8.6  
Représentation schématique de la rotation du disque vue du côté de la roue (côté route)



Lorsque l'air de refroidissement circule de la droite vers la gauche (fig. 8.6, côté gauche), le disque doit tourner dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. Lorsque l'air de refroidissement circule de la gauche vers la droite (fig. 8.6, côté droit), le disque doit tourner dans le sens des aiguilles d'une montre. Tout autre sens de rotation est interdit et invalidera l'essai.

#### 8.4.2. Orientation de l'étrier

Le laboratoire d'essai doit placer l'étrier de manière à réduire au minimum les éventuelles interférences avec l'air de refroidissement entrant. L'étrier doit être installé au-dessus du disque, le centre de l'étrier étant placé à 12 heures, comme le montre la figure 8.6, quelle que soit la position de montage sur le véhicule. Toute autre orientation de l'étrier (par exemple, position de montage

sur le véhicule) ou configuration est interdite et invalide l'essai. Pour la réalisation d'un essai de mesure des émissions de freinage, le frein de stationnement doit être démonté. Une autre solution consiste à choisir pour l'essai un étrier sans frein de stationnement.

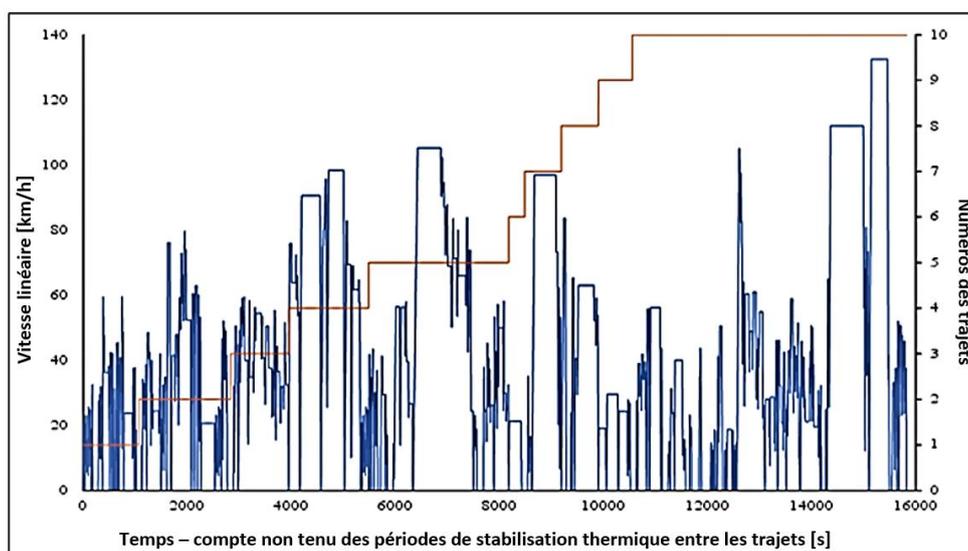
## 9. Cycle de freinage WLTP

### 9.1 Renseignements d'ordre général

Le cycle d'essai de tous les types de freins est le cycle de freinage WLTP, en fonction du temps. Ce cycle requiert un contrôle continu de la vitesse linéaire équivalente sur le dynamomètre de freinage. La figure 9.1 illustre la courbe de vitesse résolue dans le temps du cycle de freinage WLTP.

Figure 9.1

**Vitesse du véhicule résolue dans le temps pour le cycle de freinage WLTP et correspondance avec les trajets**



En résumé, le cycle de freinage WLTP se caractérise par :

- Dix (10) trajets individuels (trajets n<sup>os</sup> 1 à 10) représentant différentes conditions de conduite et de freinage. Ces trajets sont séparés par des périodes de refroidissement. Les numéros des trajets sont indiqués sur l'axe des ordonnées du côté droit de la figure 9.1 ;
- 15 826 s de contrôle actif de la vitesse, compte non tenu des temps de refroidissement entre les différents trajets du cycle. La courbe de vitesse du cycle de freinage WLTP figure à l'annexe A ;
- 303 décélérations de freinage. L'annexe B contient une description des principales caractéristiques de chaque décélération de freinage ;
- Une distance totale de 192 km parcourue à une vitesse moyenne de 43,7 km/h avec une vitesse maximale de 132,5 km/h ;
- Un taux de décélération de freinage moyen de 0,97 m/s<sup>2</sup> et un taux de décélération de freinage maximal de 2,18 m/s<sup>2</sup> ;
- Une durée moyenne de décélération de freinage de 5,7 s et une durée maximale de décélération de freinage de 15 s.

## 9.2 Exécution du cycle de freinage WLTP

### 9.2.1 Phase de réglage du refroidissement

Le réglage du débit d'air de refroidissement pour l'essai de différents freins doit être effectué sur le trajet n° 10 du cycle de freinage WLTP, comme décrit au paragraphe 10 du présent RTM ONU. Les dispositions particulières relatives à la température du frein au début du trajet n° 10 s'appliquent à la phase de réglage du débit d'air de refroidissement. Le laboratoire d'essai doit suivre les étapes suivantes :

- a) Régler le débit d'air de refroidissement à la valeur nominale déterminée au paragraphe 10 ;
- b) Porter le frein à  $(40 \pm 1)$  °C par une séquence de manœuvres de freinage 1 à 7 du trajet n° 10 (manœuvres de freinage n<sup>os</sup> 190 à 196, si l'on considère l'ensemble du cycle de freinage WLTP), suivie d'une phase de refroidissement jusqu'à  $(40 \pm 1)$  °C ;
- c) Si la séquence décrite à l'alinéa b) ne permet pas d'atteindre la température cible, sélectionner l'une des manœuvres de freinage n<sup>os</sup> 1 à 7 du trajet n° 10 et la répéter jusqu'à ce que la température du frein atteigne  $(40 \pm 1)$  °C ;
- d) Commencer le trajet n° 10 du cycle de freinage WLTP à une température du frein de  $(40 \pm 1)$  °C ;
- e) Effectuer le trajet n° 10 du cycle sans interruption. Les mesures à prendre en cas d'interruption sont décrites au paragraphe 9.3.1.

En cas de non-respect des dispositions relatives à la température du frein, le réglage du débit d'air de refroidissement n'est pas valable. Le laboratoire d'essai doit alors répéter la phase de réglage du refroidissement en appliquant un débit d'air de refroidissement différent. Pour ce faire, il est permis d'utiliser les mêmes pièces de frein.

### 9.2.2 Phase de rodage

La procédure de rodage consiste à exécuter cinq fois de suite le cycle de freinage WLTP, comme décrit au paragraphe 11 du présent RTM ONU. Pour que chaque cycle de freinage WLTP soit correctement exécuté, il faut effectuer les 10 trajets de manière consécutive. Les dispositions particulières relatives à la température du frein au début de chaque cycle de freinage WLTP s'appliquent à la procédure de rodage. Le laboratoire d'essai doit suivre les étapes suivantes :

- a) Régler le débit d'air de refroidissement à la valeur nominale pour le frein soumis à l'essai selon la procédure décrite au paragraphe 10 ;
- b) Commencer le premier cycle de freinage WLTP à une température du frein de  $(23 \pm 5)$  °C ;
- c) Ne pas observer de période de stabilisation thermique entre les différents trajets d'un cycle de freinage WLTP lors de la procédure de rodage ;
- d) Observer des périodes de stabilisation thermique entre les cinq cycles de freinage WLTP. Commencer chacun des quatre cycles suivant le premier lorsque la température du frein passe à 40 °C ;
- e) Si la température du frein à la fin d'un cycle est comprise entre 30 °C et 40 °C, commencer immédiatement le cycle suivant sans aucune intervention visant à mettre le frein en température ;
- f) Si la température du frein à la fin d'un cycle est inférieure à 30 °C, interrompre la procédure de rodage et rechercher les anomalies dans la réalisation de l'essai ou procéder à nouveau au réglage du débit d'air de refroidissement. Après avoir résolu le problème, recommencer la phase de rodage depuis le début ;

- g) Exécuter les cinq cycles de freinage WLTP de manière consécutive et sans interruption. Les mesures à prendre en cas d'interruption sont décrites au paragraphe 9.3.2.

La température minimale de 30 °C indiquée dans le présent paragraphe s'applique à tous les freins soumis à l'essai. En cas de non-respect des dispositions relatives à la température du frein, le rodage n'est pas valable et le laboratoire d'essai doit l'effectuer à nouveau. Le cas échéant, un nouveau jeu de pièces de frein doit être utilisé.

### 9.2.3 Phase de mesure des émissions

Pour exécuter correctement le cycle de freinage WLTP, il faut effectuer les 10 trajets de manière consécutive. Lors de la phase de mesure des émissions, il est obligatoire d'intercaler des périodes de stabilisation thermique entre les différents trajets du cycle de freinage WLTP. Les dispositions particulières relatives à la température du frein au début de chaque trajet du cycle de freinage WLTP s'appliquent à la mesure des émissions. Le laboratoire d'essai doit suivre les étapes suivantes :

- a) Régler le débit d'air de refroidissement à la valeur nominale pour le frein soumis à l'essai, selon la procédure décrite au paragraphe 10 ;
- b) Commencer le trajet n° 1 du cycle de freinage WLTP à une température du frein de  $(23 \pm 5)$  °C, sans effectuer d'arrêt ou de décélération de mise en température ;
- c) Observer des périodes de stabilisation thermique entre les 10 trajets du cycle de freinage WLTP. Commencer chacun des trajets n° 2 à 10 dès que la température du frein passe à 40 °C ;
- d) Pour les trajets n° 2 à 10, si la température du frein à la fin du trajet précédent est comprise entre 30 °C et 40 °C, commencer immédiatement le trajet suivant sans aucune intervention visant à mettre le disque de frein en température ;
- e) Pour les trajets n° 2 à 10, si la température du frein à la fin du trajet précédent est inférieure à 30 °C, interrompre la mesure des émissions et rechercher les anomalies dans la réalisation de l'essai ou procéder à nouveau au réglage du débit d'air de refroidissement. Après avoir résolu le problème, recommencer depuis le début de la phase de rodage en utilisant un nouveau jeu de pièces de frein ;
- f) Exécuter le cycle de freinage WLTP sans interruption. Les mesures à prendre en cas d'interruption sont décrites au paragraphe 9.3.3.

La température minimale de 30 °C prescrite dans le présent paragraphe s'applique à tous les freins. En cas de non-respect des dispositions relatives à la température du frein, l'essai de mesure des émissions n'est pas valable.

## 9.3 Interruptions du cycle de freinage WLTP

### 9.3.1 Phase de réglage du refroidissement

Si l'essai est interrompu (ou en cas de défaillance du dynamomètre) pendant la phase de réglage du refroidissement, le laboratoire doit interrompre l'essai et reprendre cette phase depuis le début. Dans ce cas, après avoir procédé à un examen des données et à une inspection visuelle sans déranger le dispositif de freinage, il doit utiliser le même dispositif de freinage pour l'exécution suivante du trajet n° 10 et mener à terme la phase de réglage du refroidissement. Si l'inspection met en évidence des facteurs susceptibles de compromettre l'essai (composants mal fixés, fuite de liquide de frein, erreur de montage, vibrations excessives, etc.), il doit monter un nouveau dispositif de freinage et répéter la procédure conformément aux spécifications décrites au paragraphe 8.2.1.

### 9.3.2 Phase de rodage

Si l'essai est interrompu (ou en cas de défaillance du dynamomètre) pendant la phase de rodage, le laboratoire d'essai doit poursuivre le rodage à partir du point d'interruption, compte tenu de la dernière heure système enregistrée sur le fichier axé sur la durée de l'essai avec des valeurs non nulles pour les paramètres de freinage. Il ne doit pas réaliser d'arrêts ou de décélérations de mise en température pour atteindre 30 °C si la température réelle du frein est inférieure à cette valeur. Il ne doit pas non plus démonter les pièces du dispositif. Si les pièces du frein sont démontées après le début de la phase de rodage, elles ne conviennent plus pour l'achèvement du rodage et la mesure des émissions qui s'ensuit. En pareil cas, le laboratoire d'essai doit les remplacer par de nouvelles pièces et reprendre la procédure de rodage depuis le début.

### 9.3.3 Phase de mesure des émissions

Si l'essai est interrompu (ou en cas de défaillance du dynamomètre) pendant une ou plusieurs périodes de stabilisation thermique entre deux trajets consécutifs, le laboratoire doit poursuivre l'essai sans démonter les pièces ni réaliser d'arrêts ou de décélérations de mise en température, à condition que l'interruption ne dure pas plus d'une heure. En pareil cas, il doit désactiver les pompes de prélèvement de particules et le système d'alimentation en air de refroidissement au moment de l'interruption (les commandes automatiques sont vivement recommandées à cet effet) et les réactiver une fois que l'essai a repris et que le flux d'air de refroidissement est stabilisé conformément aux spécifications décrites au paragraphe 7.2.3.

Si l'essai est interrompu au cours de l'un des trajets n<sup>os</sup> 1 à 10, le laboratoire d'essai doit arrêter la mesure des émissions, remplacer les filtres de PM<sub>2,5</sub> et de PM<sub>10</sub> utilisés par de nouveaux filtres et recommencer la mesure à partir du trajet n<sup>o</sup> 1, la température initiale du frein étant de (23 ± 5) °C, sans démonter les pièces.

## 9.4 Contrôles de qualité du cycle de freinage WLTP

On doit procéder aux contrôles de qualité ci-après afin de vérifier que le cycle de freinage WLTP a été correctement réalisé. Pour être valable, un essai d'émissions doit satisfaire à tous les critères décrits ci-dessous.

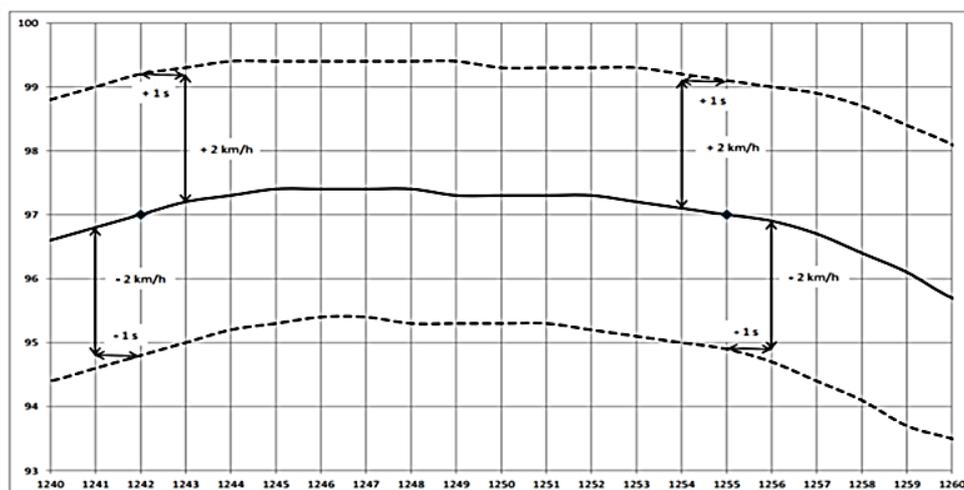
### 9.4.1 Contrôle des écarts de vitesse

Il est nécessaire de contrôler les écarts de vitesse afin de s'assurer que la courbe de vitesse du cycle de freinage WLTP a été strictement respectée sur le dynamomètre de freinage. Il y a écart de vitesse dès lors que la vitesse réelle du dynamomètre s'écarte des limites de tolérance de la courbe de vitesse définies par la vitesse prescrite (nominale) :

- a) Limite de tolérance supérieure : 2,0 km/h au-dessus de la courbe de vitesse linéaire à ±1,0 s de l'instant donné ;
- b) Limite de tolérance inférieure : 2,0 km/h au-dessous de la courbe de vitesse linéaire à ±1,0 s de l'instant donné ;

La figure 9.2 représente les limites supérieure et inférieure de tolérance de vitesse telles qu'elles sont appliquées dans le cadre du cycle de freinage WLTP.

Figure 9.2

**Limites de tolérance pour les écarts de vitesse lors du cycle de freinage WLTP**

- c) Lors de la phase de réglage du refroidissement, le nombre d'écarts de vitesse ne doit pas dépasser 158 par trajet n° 10 complet du cycle de freinage WLTP, soit 3 % de la durée du trajet ;
- d) Lors de la phase de rodage, le nombre d'écarts de vitesse ne doit pas dépasser 475 par cycle de freinage WLTP, soit 3 % de la durée du cycle. Cette limite s'applique aux cinq cycles de freinage WLTP ;
- e) Lors de la phase de mesure des émissions, le nombre d'écarts de vitesse ne doit pas dépasser 475 par cycle de freinage WLTP, soit 3 % de la durée du cycle. Les périodes de stabilisation thermique ne sont pas prises en compte dans le calcul ;
- f) Calculer et consigner le nombre d'écarts de vitesse pour toutes les phases, comme défini dans le tableau 13.6 du paragraphe 13.4. Le dénombrement des écarts de vitesse concerne tous les types de manœuvres (levée de frein, accélération, marche à vitesse constante et décélération), mais il ne tient pas compte des périodes de stabilisation thermique ;
- g) Si le trajet n° 10 du cycle de freinage WLTP n'est pas effectué pendant la phase de réglage du refroidissement ou si le cycle de freinage WLTP n'est pas entièrement réalisé pendant les phases de rodage et de mesure des émissions dans le respect des limites de tolérance de vitesse définies dans le présent paragraphe, l'essai de mesure des émissions de freinage n'est pas valable.

#### 9.4.2 Nombre de décélérations

Ce contrôle de qualité porte sur le nombre de freinages réalisés. Il faut s'assurer que les 303 manœuvres de freinages du cycle de freinage WLTP ont été effectuées pendant la phase de mesure des émissions. Ce critère n'est pas respecté lorsque le nombre réel de manœuvres de freinage n'est pas égal à la valeur nominale (303).

Le laboratoire d'essai doit vérifier le nombre de manœuvres de freinages tel que défini dans le tableau 13.6 du paragraphe 13.4. Les paramètres « durée de l'arrêt » et « taux de décélération – distance moyenne » doivent être vérifiés par recoupement et on doit s'assurer qu'ils comprennent tous deux 303 valeurs numériques non nulles correspondant aux 303 manœuvres de freinage du cycle de freinage WLTP.

Ce contrôle de qualité ne s'applique qu'à la phase de mesure des émissions. Si les 303 manœuvres de freinage du cycle de freinage WLTP ne sont pas effectuées au cours de la phase de mesure des émissions comme défini dans le présent paragraphe, l'essai n'est pas valable.

#### 9.4.3 Dissipation de l'énergie cinétique

On doit contrôler la dissipation de l'énergie cinétique afin de garantir l'application de la bonne quantité de travail de frottement spécifique ( $W_{fr}$ ) lors du cycle de freinage WLTP. Ce contrôle permet également de vérifier que les autres paramètres d'entrée (l'inertie d'essai du frein, par exemple) ont été calculés et appliqués correctement. Il s'applique à tous les freins équipant les véhicules visés par le présent RTM ONU. Les paramètres du véhicule de base de la famille d'émissions de freinage doivent être utilisés pour les calculs lors des essais de freinage sans friction.

Il y a écart par rapport aux niveaux de dissipation de l'énergie cinétique lorsque la somme du travail de frottement spécifique calculé pour toutes les manœuvres de freinage au cours du trajet n° 10 du cycle de freinage WLTP (pour la phase de réglage du refroidissement) et pour l'ensemble du cycle de freinage WLTP (pour les phases de rodage ou de mesure des émissions) sort des limites de tolérance définies :

- a) Limite de tolérance supérieure du travail de frottement spécifique pour le trajet n° 10 : 278 J/kg au-dessus de la valeur nominale de travail de frottement spécifique, égale à 5 555 J/kg (soit 5 833 J/kg) ;
- b) Limite de tolérance inférieure du travail de frottement spécifique pour le trajet n° 10 : 278 J/kg au-dessous de la valeur nominale du travail de frottement spécifique, égale à 5 555 J/kg (soit 5 277 J/kg) ;
- c) Limite de tolérance supérieure du travail de frottement spécifique pour le cycle de freinage WLTP : 799 J/kg au-dessus de la valeur nominale du travail de frottement spécifique, égale à 15 983 J/kg (soit 16 782 J/kg) ;
- d) Limite de tolérance inférieure du travail de frottement spécifique pour le cycle de freinage WLTP : 799 J/kg au-dessous de la valeur nominale du travail de frottement spécifique, égale à 15 983 J/kg (soit 15 184 J/kg) ;
- e) Lors de la phase de réglage du refroidissement, la valeur du travail de frottement spécifique calculée sur le trajet n° 10 doit être comprise entre 5 277 J/kg et 5 833 J/kg, soit  $\pm 5$  % de la valeur nominale ;
- f) Lors de la phase de rodage, la valeur du travail de frottement spécifique calculée au cours du cycle de freinage WLTP doit être comprise entre 15 184 J/kg et 16 782 J/kg, soit  $\pm 5$  % de la valeur nominale. Cette limite s'applique aux cinq cycles de freinage WLTP à effectuer ;
- g) Lors de la phase de mesure des émissions, la valeur du travail de frottement spécifique calculée au cours du cycle de freinage WLTP doit être comprise entre 15 184 J/kg et 16 782 J/kg, soit  $\pm 5$  % de la valeur nominale. Les périodes de stabilisation thermique ne sont pas prises en compte dans le calcul ;
- h) Le laboratoire d'essai doit calculer le travail de frottement spécifique en appliquant les intégrales du couple et de la vitesse angulaire en fonction du temps pour chaque manœuvre de freinage à l'aide du fichier soumis axé sur les manœuvres de l'essai de mesure des émissions de freinage, comme défini dans le tableau 13.6 du paragraphe 13.4. Le calcul doit également tenir compte de la charge d'essai de la roue ( $W_{Lr}$ ) et se fait au moyen de l'équation 9.1 :

$$W_f = (2 \times \pi/60) \times f \times \tau_{\text{brake}} \times t_{\text{brake}}/WL_t \quad (\text{Éq. 9.1})$$

Où :

- $W_f$  est la valeur du travail de frottement spécifique en J/kg ;
- $f$  est la vitesse de rotation, en tr/min, telle que décrite dans le tableau 13.1 ;
- $\tau_{\text{brake}}$  est le couple de freinage, en Nm, tel que décrit dans le tableau 13.1 ;
- $t_{\text{brake}}$  est la durée d'arrêt, en secondes, telle que décrite dans le tableau 13.1 ;
- $WL_t$  est la charge d'essai (ou appliquée) de la roue, en kg, telle que décrite dans le tableau 8.1.

- i) L'équation 9.1 permet d'obtenir le travail de frottement spécifique pour chacune des 114 et 303 manœuvres de freinage du trajet n° 10 et du cycle de freinage WLTP, respectivement. Le laboratoire d'essai doit calculer le travail de frottement spécifique total en faisant la somme des valeurs du travail de frottement spécifique calculées pour les différentes manœuvres de freinage. Le travail de frottement spécifique total doit être comparé à la valeur (nominale) du travail de frottement spécifique prescrite, telle que décrite aux alinéas a) à c) du présent paragraphe ;
- j) Si, pour l'une quelconque des phases de l'essai de mesure des émissions de freinage, le travail de frottement spécifique total n'est pas compris entre les limites de tolérance définies dans le présent paragraphe, l'essai n'est pas valable.

## 10. Réglage du débit d'air de refroidissement

Des systèmes d'essai différents peuvent présenter des combinaisons différentes en ce qui concerne la conception et les dimensions du carter du frein, les niveaux de débit d'air ou de vitesse de l'air, ainsi que la configuration et la géométrie du système de conduits. Le présent paragraphe définit la méthode de réglage de la vitesse du flux d'air permettant d'obtenir des régimes thermiques du frein comparables dans tous les laboratoires d'essai.

### 10.1 Description de la méthode

#### 10.1.1 Définition des groupes de dispositifs de freinage et des paramètres de vérification

Pour déterminer le débit d'air de refroidissement approprié pour le frein soumis à l'essai, le laboratoire d'essai doit d'abord affecter le frein à un groupe fondé sur le rapport entre la charge nominale de la roue avant ( $WL_{n-f}$ ) et la masse du disque ou du tambour (si un tambour est utilisé comme frein avant) (DM) (rapport  $WL_{n-f}/DM$ ).

On calcule le rapport  $WL_{n-f}/DM$  en divisant  $WL_{n-f}$  (en kg) par la masse du disque ou du tambour (si un tambour est utilisé comme frein avant) avant l'essai (en kg). Le laboratoire d'essai doit déterminer  $WL_{n-f}$  conformément aux spécifications énoncées à l'alinéa c) du paragraphe 8.1.1 pour le freinage exclusivement à friction et à celles énoncées à l'alinéa c) du paragraphe 8.1.2 pour le freinage sans friction.

Quatre groupes différents sont définis sur la base du rapport  $WL_{n-f}/DM$  : le groupe 1 ( $WL_{n-f}/DM \leq 45$ ), le groupe 2 ( $45 < WL_{n-f}/DM \leq 65$ ), le groupe 3 ( $65 < WL_{n-f}/DM \leq 85$ ) et le groupe 4 ( $WL_{n-f}/DM > 85$ ).

Le laboratoire d'essai doit appliquer la charge d'essai de la roue ( $WL_t$ ), telle que décrite à l'alinéa d) du paragraphe 8.1.1 pour le freinage exclusivement à friction et à l'alinéa d) du paragraphe 8.1.2 pour le freinage sans friction, et non la charge nominale de la roue ( $WL_n$ ) pour toutes les phases de l'essai de mesure des émissions de freinage.

Trois paramètres de vérification ont été définis pour le réglage du débit d'air de refroidissement du frein soumis à l'essai. Les valeurs cibles et les limites de tolérance admises pour ces paramètres diffèrent d'un groupe fondé sur le rapport  $WL_{n-f}/DM$  à l'autre. Le laboratoire d'essai doit utiliser les paramètres ci-après comme référence pour évaluer les résultats du réglage du débit d'air de refroidissement :

- Température moyenne du frein pendant le trajet n° 10 du cycle de freinage WLTP (ABT) ;
- Température initiale moyenne du frein lors de six manœuvres de freinage sélectionnées pendant le trajet n° 10 du cycle de freinage WLTP (IBT) ;
- Température finale moyenne du frein lors de six manœuvres de freinage sélectionnées pendant le trajet n° 10 du cycle de freinage WLTP (FBT).

Les manœuvres de freinage visées aux alinéas b) et c) du présent paragraphe sont les manœuvres de freinage n°s 46, 101, 102, 103, 104 et 106 du trajet n° 10, décrites en détail dans le tableau 10.1. Si l'on considère l'ensemble du cycle de freinage WLTP, les numéros de séquence correspondant aux manœuvres de freinage sont les suivants : 235, 290, 291, 292, 293 et 295.

Tableau 10.1

**Manœuvres de freinage sélectionnées du trajet n° 10 du cycle de freinage WLTP**

Paramètre	Unité	Décélération n°					
		46	101	102	103	104	106
Début	s	2 088	4 438	4 459	4 494	4 522	4 903
Fin	s	2 092	4 447	4 467	4 503	4 529	4 918
Durée du freinage	s	4,0	9,0	8,0	9,0	7,0	15,0
Vitesse initiale	km/h	97,4	112,0	68,2	80,9	73,4	132,5
Vitesse finale	km/h	82,7	56,1	12,0	35,3	39,3	34,0

## 10.1.2 Paramètres de vérification et limites de tolérance pour la température du frein

Les valeurs cibles pour les trois paramètres de vérification et les limites de tolérance correspondantes sont indiquées dans le tableau 10.2.

Tableau 10.2

**Paramètres par défaut et limites de tolérance pour la température des freins pendant le trajet n° 10 du cycle de freinage WLTP**

Groupe	ABT [ $A_1$ ]	IBT [ $A_2$ ] ± Tolérance	FBT [ $A_3$ ] ± Tolérance
$WL_{n-f}/DM \leq 45$	≥ 50 °C	65 ± 25 °C	95 ± 35 °C
45 $WL_{n-f}/DM \leq 65$	≥ 55 °C	75 ± 25 °C	115 ± 35 °C
65 $WL_{n-f}/DM \leq 85$	≥ 60 °C	85 ± 25 °C	130 ± 35 °C
$WL_{n-f}/DM > 85$	≥ 65 °C	95 ± 25 °C	150 ± 35 °C

- Les valeurs cibles et les limites de tolérance correspondantes pour les trois paramètres de vérification s'appliquent à tous les types de freins avant montés sur tous les types de véhicules visés par le présent RTM ONU ;

- b) Pour les freins à disque arrière, le débit d'air de refroidissement nominal (ou de consigne) défini pour le frein avant correspondant (données d'un même véhicule) doit être appliqué. Dans ce cas, l'affectation du frein à un groupe  $WL_{n-f}/DM$  tel que décrit au paragraphe 10.1.1 doit reposer sur les données relatives au frein avant ;
- c) Pour les freins à tambour arrière, le débit d'air de refroidissement nominal (ou de consigne) défini pour le frein avant correspondant (données d'un même véhicule) doit être appliqué. Dans ce cas, l'affectation du frein à un groupe  $WL_{n-f}/DM$  tel que décrit au paragraphe 10.1.1 doit reposer sur les données relatives au frein avant.

### 10.1.3 Traitement des paramètres de vérification et critères d'acceptation

Une fois que le frein est affecté à un groupe  $WL_{n-f}/DM$  conformément au paragraphe 10.1.1, le laboratoire d'essai doit effectuer le trajet n° 10 du cycle de freinage WLTP avec de nouvelles pièces de frein afin d'obtenir les valeurs des paramètres de vérification permettant de renseigner les cellules du tableau 10.3. Le laboratoire d'essai doit appliquer la charge  $WL_{t-f}$ , telle que définie à l'alinéa d) du paragraphe 8.1.1 pour le freinage exclusivement à friction et à l'alinéa d) du paragraphe 8.1.2 pour le freinage sans friction, pour régler le débit d'air de refroidissement conformément au paragraphe 10.1.4. Les valeurs mesurées des paramètres de vérification doivent être calculées à l'aide des fichiers du procès-verbal d'essai produits, comme suit :

- a) Température moyenne du frein pendant le trajet n° 10 du cycle de freinage WLTP (ABT) :
  - i) La valeur cible ( $A_1$ ), qui dépend du groupe  $WL_{n-f}/DM$ , est définie dans le tableau 10.2 ;
  - ii) La valeur mesurée ( $B_1$ ) est calculée à partir du fichier axé sur la durée de l'essai de mesure des émissions de freinage, comme défini dans le tableau 13.6 du paragraphe 13.4 ;
  - iii) La valeur  $B_1$  est égale à la moyenne de toutes les données de température du frein portant sur l'ensemble de la durée du trajet n° 10 (5 272 s) ;
- b) Température initiale moyenne du frein lors des manœuvres de freinage sélectionnées pendant le trajet n° 10 du cycle de freinage WLTP (IBT) :
  - i) La valeur cible ( $A_2$ ) et les limites de tolérance, qui dépendent du groupe  $WL_{n-f}/DM$ , sont définies dans le tableau 10.2 ;
  - ii) La valeur mesurée ( $B_2$ ) est calculée à partir du fichier axé sur les manœuvres de l'essai de mesure des émissions de freinage, comme défini dans le tableau 13.6 du paragraphe 13.4 ;
  - iii) La valeur  $B_2$  est égale à la moyenne des valeurs individuelles de la température initiale du frein enregistrées pour chacune des six manœuvres de freinage décrites dans le tableau 10.1. Le laboratoire d'essai doit calculer  $B_2$  au moyen de l'équation 10.1.

$$B_2 = (Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 + Y_6)/6 \quad (\text{Éq. 10.1})$$

Où :

$B_2$  est la moyenne des valeurs de la température initiale du frein lors des manœuvres de freinage sélectionnées pendant le trajet n° 10 du cycle de freinage WLTP, en °C ;

$Y_1$  est la température initiale du frein lors de la manœuvre de freinage n° 46 du trajet n° 10 du cycle de freinage WLTP, en °C ;

- $Y_2$  est la température initiale du frein lors de la manœuvre de freinage n° 101 du trajet n° 10 du cycle de freinage WLTP, en °C ;
- $Y_3$  est la température initiale du frein lors de la manœuvre de freinage n° 102 du trajet n° 10 du cycle de freinage WLTP, en °C ;
- $Y_4$  est la température initiale du frein lors de la manœuvre de freinage n° 103 du trajet n° 10 du cycle de freinage WLTP, en °C ;
- $Y_5$  est la température initiale du frein lors de la manœuvre de freinage n° 104 du trajet n° 10 du cycle de freinage WLTP, en °C ;
- $Y_6$  est la température initiale du frein lors de la manœuvre de freinage n° 106 du trajet n° 10 du cycle de freinage WLTP, en °C.

c) Température finale moyenne du frein lors des manœuvres de freinage sélectionnées sur le trajet n° 10 du cycle de freinage WLTP (FBT) :

- i) La valeur cible ( $A_3$ ) et les limites de tolérance, qui dépendent du groupe  $WL_{n-f}/DM$ , sont définies dans le tableau 10.2 ;
- ii) La valeur mesurée ( $B_3$ ) est calculée à partir du fichier axé sur les manœuvres de l'essai de mesure des émissions de freinage, comme défini dans le tableau 13.6 du paragraphe 13.4 ;
- iii) La valeur  $B_3$  est égale à la moyenne des valeurs de la température finale du frein enregistrées pour chacune des six manœuvres de freinage décrites dans le tableau 10.1. Le laboratoire d'essai doit calculer  $B_3$  au moyen de l'équation 10.2 ;

$$B_3 = (Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5 + Z_6)/6 \quad (\text{Éq. 10.2})$$

Où :

- $B_3$  est la moyenne des valeurs de la température finale du frein lors des manœuvres de freinage sélectionnées pendant le trajet n° 10 du cycle de freinage WLTP, en °C ;
- $Z_1$  est la température finale du frein lors de la manœuvre de freinage n° 46 du trajet n° 10 du cycle de freinage WLTP, en °C ;
- $Z_2$  est la température finale du frein lors de la manœuvre de freinage n° 101 du trajet n° 10 du cycle de freinage WLTP, en °C ;
- $Z_3$  est la température finale du frein lors de la manœuvre de freinage n° 102 du trajet n° 10 du cycle de freinage WLTP, en °C ;
- $Z_4$  est la température finale du frein lors de la manœuvre de freinage n° 103 du trajet n° 10 du cycle de freinage WLTP, en °C ;
- $Z_5$  est la température finale du frein lors de la manœuvre de freinage n° 104 du trajet n° 10 du cycle de freinage WLTP, en °C ;
- $Z_6$  est la température finale du frein lors de la manœuvre de freinage n° 106 du trajet n° 10 du cycle de freinage WLTP, en °C.

Après avoir procédé à l'essai de réglage du refroidissement au débit sélectionné, le laboratoire d'essai doit comparer les valeurs de température enregistrées pour les paramètres de vérification avec les valeurs cibles correspondantes définies dans le tableau 10.2. La différence entre les valeurs cibles et les résultats de l'essai pour les paramètres de vérification de la température est calculée au moyen des équations 10.3, 10.4 et 10.5 :

$$C_1 = B_1 - A_1 \quad (\text{Éq. 10.3})$$

Où :

$C_1$  est la différence entre les températures moyennes mesurée et cible du frein au cours du trajet n° 10 du cycle de freinage WLTP, en °C ;

$B_1$  est la température moyenne mesurée du frein sur le trajet n° 10 du cycle de freinage WLTP, en °C ;

$A_1$  est la température moyenne cible du frein sur le trajet n° 10 du cycle de freinage WLTP, en °C, telle que définie dans le tableau 10.2.

$$C_2 = |B_2 - A_2| \quad (\text{Éq. 10.4})$$

Où :

$C_2$  est la différence, en valeur absolue, entre les températures initiales moyennes mesurée et cible du frein lors des manœuvres de freinage sélectionnées, en °C ;

$B_2$  est la température initiale moyenne mesurée du frein lors des manœuvres de freinage sélectionnées pendant le trajet n° 10 du cycle de freinage WLTP, en °C ;

$A_2$  est la température initiale moyenne cible du frein lors des manœuvres de freinage sélectionnées pendant le trajet n° 10, en °C, telle que définie dans le tableau 10.2.

$$C_3 = |B_3 - A_3| \quad (\text{Éq. 10.5})$$

Où :

$C_3$  est la différence, en valeur absolue, entre les températures finales moyennes mesurée et cible du frein lors des manœuvres de freinage sélectionnées, en °C ;

$B_3$  est la température finale moyenne mesurée du frein lors des manœuvres de freinage sélectionnées pendant le trajet n° 10 du cycle de freinage WLTP, en °C ;

$A_3$  est la température finale moyenne cible du frein lors des manœuvres de freinage sélectionnées pendant le trajet n° 10, en °C, telle que définie dans le tableau 10.2.

Le laboratoire d'essai doit comparer les résultats obtenus avec les critères d'acceptation indiqués dans le tableau 10.3.

Tableau 10.3  
**Calcul des paramètres de vérification de la température du frein [°C]  
 et critères d'acceptation pendant le trajet n° 10**

<i>Numéro de la manœuvre de freinage lors du trajet n° 10</i>	<i>Paramètre</i>	<i>Température cible</i>	<i>Température pendant l'essai de réglage du refroidissement</i>	<i>Différence</i>	<i>Critères d'acceptation</i>
–	<i>Température moyenne du frein</i>	$A_1$	$B_1$	$C_1$ selon l'équation 10.3	$C_1 \geq 0$ °C
–	<i>Température initiale moyenne du frein</i>	$A_2$	$B_2$ selon l'équation 10.1	$C_2$ selon l'équation 10.4	$C_2 \leq 25$ °C
46			$Y_1$		
101			$Y_2$		
102			$Y_3$		
103			$Y_4$		
104			$Y_5$		
106			$Y_6$	s.o.	s.o.
–	<i>Température finale moyenne du frein</i>	$A_3$	$B_3$ selon l'équation 10.2	$C_3$ selon l'équation 10.5	$C_3 \leq 35$ °C
46			$Z_1$		
101			$Z_2$		
102			$Z_3$		
103			$Z_4$		
104			$Z_5$		
106			$Z_6$	s.o.	s.o.

- d) Les trois critères doivent être respectés pour que la phase de réglage du débit d'air de refroidissement soit menée à bien. Si l'essai de réglage du refroidissement ne satisfait pas à tous les paramètres du tableau 10.2, le laboratoire d'essai doit répéter la procédure en ajustant le débit en conséquence ;
- e) Si aucun débit d'air de refroidissement ne permet de satisfaire aux trois paramètres spécifiés dans le tableau 10.2, le laboratoire d'essai doit choisir un débit permettant de satisfaire aux critères d'acceptation pour au moins deux paramètres dont la température moyenne du frein pendant le trajet n° 10 (ABT). En pareil cas, si la température mesurée du frein pour le paramètre qui fait défaut (IBT ou FBT) est inférieure à la valeur minimale indiquée dans le tableau 10.2, le laboratoire d'essai doit démontrer qu'un essai a été réalisé au débit minimal de fonctionnement du système. Si cette température est supérieure à la valeur maximale spécifiée dans le tableau 10.2, il doit démontrer qu'un essai a été réalisé au débit maximal de fonctionnement du système.

Les fichiers correspondants, axés sur les manœuvres et sur la durée des essais non concluants de réglage du débit d'air de refroidissement, doivent être inclus dans les résultats ;

- f) Si, lorsqu'il applique le débit maximal de fonctionnement du système, les températures initiale et finale du frein sont toutes deux supérieures aux valeurs maximales spécifiées dans le tableau 10.2, le laboratoire d'essai doit passer aux phases de rodage et de mesure des émissions en appliquant ce débit. Les données consignées doivent alors comprendre les températures moyenne, initiale et finale du frein obtenues à partir de la phase de réglage du refroidissement réalisée au débit maximal de fonctionnement. Les fichiers correspondants, axés sur les manœuvres et sur la durée de l'essai, doivent être inclus dans les résultats. Si, lorsqu'il applique le débit minimal de fonctionnement du système, les températures initiale et finale du frein sont toutes deux inférieures aux valeurs minimales spécifiées dans le tableau 10.2, le laboratoire d'essai doit passer aux phases de rodage et de mesure des émissions en appliquant ce débit. Les données consignées doivent alors comprendre les températures moyenne, initiale et finale du frein obtenues à partir de la phase de réglage du débit d'air de refroidissement réalisée au débit minimal de fonctionnement. Les fichiers correspondants, axés sur les manœuvres et sur la durée de l'essai, doivent être inclus dans les résultats ;
- g) Si, lorsque le débit minimal de fonctionnement du système est appliqué, les trois paramètres de vérification de la température sont inférieurs aux valeurs minimales spécifiées dans le tableau 10.2, le réglage du débit d'air de refroidissement est considéré comme non valable.

#### 10.1.4 Essai sur le dynamomètre de freinage pour le réglage du débit d'air de refroidissement

Le laboratoire d'essai doit suivre les étapes ci-après pour régler le débit d'air de refroidissement lorsqu'un frein est mis à l'essai sur un dynamomètre donné pour la première fois.

- a) Suivre les spécifications relatives à la préparation de la configuration d'essai décrites au paragraphe 8.2.1 ;
- b) Régler le débit d'air de refroidissement à une valeur connue utilisée pour des freins analogues. En l'absence de référence utile, utiliser un débit d'air égal à 50 % de la capacité maximale de la configuration d'essai pour commencer ;
- c) Effectuer une fois le trajet n° 10 du cycle de freinage WLTP à partir d'une température du frein de 40 °C. Porter le frein à 40 °C en suivant les instructions figurant au paragraphe 9.2.1 ;
- d) Faire les calculs conformément au paragraphe 10.1.3 et évaluer les résultats et les écarts pour les paramètres cibles ;
- e) Si l'essai satisfait à tous les paramètres du tableau 10.2, achever le processus et établir le procès-verbal d'essai conformément aux spécifications décrites au paragraphe 13. Dans ce cas, le débit d'air de refroidissement utilisé à l'alinéa b) est défini comme le débit d'air nominal pour le frein considéré ( $Q_{set}$ ) ;
- f) Dans le cas des freins avant, passer aux phases suivantes de l'essai de mesure des émissions de freinage en veillant à appliquer les mêmes réglages du dynamomètre que dans la phase de réglage du débit d'air de refroidissement. Le même jeu de freins doit être utilisé pour l'essai de mesure des émissions de freinage ;

- g) Dans le cas des freins arrière, passer aux phases suivantes de l'essai en veillant à régler correctement le dynamomètre pour l'essieu arrière. Le débit d'air de refroidissement doit être identique à la valeur déterminée pour le frein de l'essieu avant du véhicule correspondant ;
- h) Si l'essai ne satisfait pas à tous les paramètres du tableau 10.2, prendre les précautions techniques nécessaires pour déterminer un nouveau débit d'air de refroidissement et répéter le processus à partir de l'étape a). Pour ce faire, il est possible d'utiliser le même jeu de freins ;
- i) Indiquer le nombre d'exécutions de la procédure de réglage du débit d'air de refroidissement pour le frein considéré, comme spécifié dans le tableau 13.6 du paragraphe 13.4.

## 11. Phase de rodage

Il est nécessaire de suivre la procédure de rodage afin de conditionner convenablement le dispositif de freinage et d'en stabiliser le comportement en matière d'émissions avant de procéder à la mesure des émissions. Le rodage doit être effectué soit avec les pièces de frein utilisées lors de la phase de réglage du refroidissement, soit avec des pièces de frein entièrement nouvelles.

### 11.1 Freins avant

Le laboratoire d'essai doit effectuer le rodage de tous les types de freins montés sur l'essieu avant des véhicules visés par le présent RTM ONU, conformément aux spécifications suivantes :

- a) Régler le débit d'air de refroidissement en fonction du réglage des paramètres de refroidissement du frein soumis à l'essai, comme indiqué au paragraphe 10.1 ;
- b) Définir tous les paramètres d'essai pertinents et tous les réglages du dynamomètre (charge d'essai de la roue, inertie de l'essai du frein, etc.) de la même manière que dans les phases de réglage du refroidissement et de mesure des émissions ;
- c) Réaliser cinq fois le cycle de freinage WLTP pour que le frein avant soumis à l'essai soit complètement rodé ;
- d) S'assurer que les cinq cycles de freinage WLTP sont réalisés de manière consécutive et sans interruption. Si l'essai est interrompu pendant la phase de rodage, le laboratoire d'essai doit suivre les instructions définies au paragraphe 9.3.2 ;
- e) Effectuer chaque cycle de freinage WLTP sans observer de période de stabilisation thermique entre les différents trajets du cycle. Les périodes de stabilisation thermique ne s'appliquent qu'entre les cinq cycles de freinage WLTP (c'est-à-dire entre le trajet n° 10 d'un cycle de freinage WLTP donné et le trajet n° 1 du cycle suivant) ;
- f) Commencer le premier cycle de freinage WLTP de la phase de rodage à une température du frein de  $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$ . Commencer les quatre répétitions du cycle conformément aux dispositions relatives à la température décrites au paragraphe 9.2.2 ;
- g) Effectuer le rodage sur le même dynamomètre que pour la phase de mesure des émissions. Ne pas démonter les pièces du frein entre les deux phases de l'essai afin d'éviter de modifier les points de contact. Si les pièces du frein sont démontées après le début de la procédure de rodage, elles ne conviennent plus pour le rodage et la mesure des émissions. En pareil cas, le laboratoire d'essai doit les remplacer par de nouvelles pièces et reprendre la procédure de rodage depuis le début.

En cas de non-respect de l'une des dispositions du présent paragraphe, la procédure de rodage n'est pas valable. Il est alors impossible de passer à la phase de mesure des émissions. Le laboratoire d'essai doit reprendre la procédure de rodage depuis le début en utilisant de nouvelles pièces de frein.

## 11.2 Freins arrière

Le laboratoire d'essai doit effectuer le rodage de tous les types de freins montés sur l'essieu arrière des véhicules visés par le présent RTM ONU, conformément aux spécifications suivantes :

- a) Régler le débit d'air de refroidissement en fonction du réglage des paramètres de refroidissement du frein avant correspondant, tels qu'indiqués au paragraphe 10.1.2 ;
- b) Définir tous les paramètres d'essai pertinents et tous les réglages du dynamomètre (charge d'essai de la roue, inertie d'essai du frein, etc.) pour l'essieu arrière et les utiliser également dans la phase de mesure des émissions ;
- c) Réaliser cinq fois le cycle de freinage WLTP pour que le frein arrière soumis à l'essai soit complètement rodé ;
- d) S'assurer que les cinq cycles de freinage WLTP soient réalisés de manière consécutive et sans interruption. Si l'essai est interrompu pendant la phase de rodage, le laboratoire d'essai doit suivre les instructions définies au paragraphe 9.3.2 ;
- e) Effectuer chaque cycle de freinage WLTP sans observer de période de stabilisation thermique entre les différents trajets du cycle. Les périodes de stabilisation thermique ne s'appliquent qu'entre les cinq cycles de freinage WLTP (c'est-à-dire entre le trajet n° 10 d'un cycle de freinage WLTP donné et le trajet n° 1 du cycle suivant) ;
- f) Commencer le premier cycle de freinage WLTP de la phase de rodage à une température du frein de  $(23 \pm 5)$  °C. Commencer les quatre répétitions du cycle conformément aux dispositions relatives à la température décrites au paragraphe 9.2.2 ;
- g) Effectuer le rodage sur le même dynamomètre que pour la phase de mesure des émissions. Ne pas démonter les pièces du frein entre les deux phases de l'essai afin d'éviter de modifier les points de contact. Si les pièces du frein sont démontées après le début de la procédure de rodage, elles ne conviennent plus pour le rodage et la mesure des émissions. En pareil cas, le laboratoire d'essai doit les remplacer par de nouvelles pièces et reprendre la procédure de rodage depuis le début.

En cas de non-respect de l'une des dispositions du présent paragraphe, la procédure de rodage n'est pas valable. Il est alors impossible de passer à la phase de mesure des émissions. Le laboratoire d'essai doit reprendre la procédure de rodage depuis le début en utilisant de nouvelles pièces de frein.

## 12. Phase de mesure des émissions

### 12.1 Mesure de la masse de matières particulaires

Le présent paragraphe définit les spécifications relatives à la mesure des émissions de matières particulaires lors d'un essai de mesure des émissions de freinage. Le système de prélèvement de matières particulaires permet de quantifier la masse de matières particulaires produite par le frein pendant l'essai. Les émissions de matières particulaires et les paramètres de l'essai permettent d'obtenir les coefficients d'émission du frein soumis à l'essai, exprimés en masse par unité de distance parcourue. Le système d'essai doit

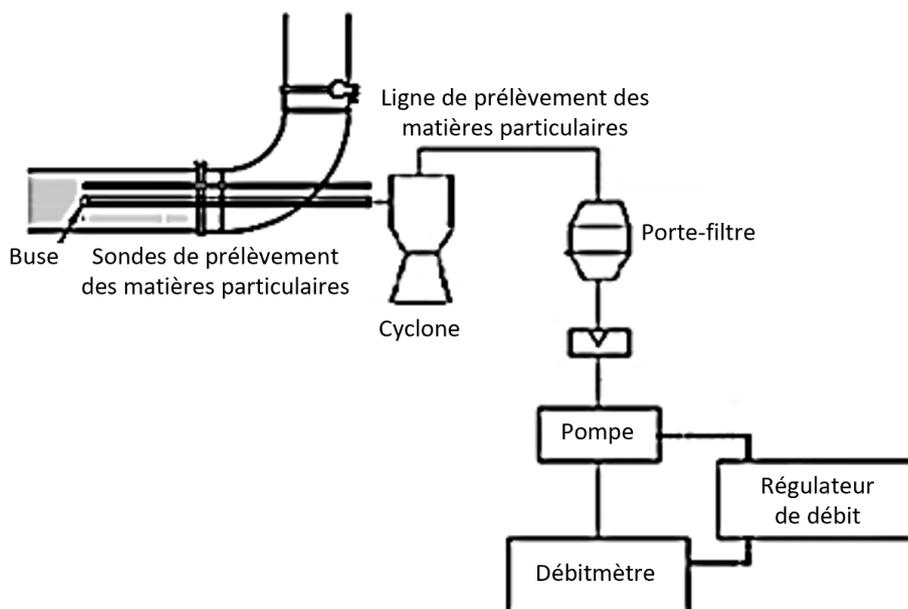
mesurer les émissions de  $PM_{10}$  et de  $PM_{2,5}$  par gravimétrie en utilisant des systèmes de prélèvement distincts pour chaque diamètre de coupure ( $2,5 \mu m$  et  $10 \mu m$ ). Chaque système de prélèvement de matières particulaires doit comprendre les éléments suivants :

- a) Une sonde de prélèvement des matières particulaires, située dans le tunnel. Les spécifications relatives à la conception de ces sondes sont décrites au paragraphe 12.1.1.2 ;
- b) Une buse de prélèvement appropriée, installée à l'extrémité de la sonde de prélèvement des matières particulaires. Les spécifications relatives à la conception de ces buses sont décrites au paragraphe 12.1.1.3 ;
- c) Un cyclone, utilisé comme dispositif de séparation des matières particulaires. Les spécifications relatives au cyclone sont décrites au paragraphe 12.1.2.1 ;
- d) Une ligne de prélèvement de particules, permettant de transférer l'aérosol du dispositif de séparation des matières particulaires vers le porte-filtre. Les spécifications relatives à la conception de la ligne de prélèvement sont décrites au paragraphe 12.1.2.2 ;
- e) Un filtre, placé dans le porte-filtre, permettant de recueillir les matières particulaires. Les spécifications relatives au porte-filtre sont décrites au paragraphe 12.1.3.1 ;
- f) Une ou plusieurs pompes dotées de moyens de contrôle du débit en temps réel et les capteurs correspondants. Les spécifications relatives au débit de prélèvement sont décrites au paragraphe 12.1.2.3.

Dans l'ensemble, le dispositif (pièces individuelles et raccords) doit être fait de matériaux électriquement conducteurs qui ne réagissent pas avec les particules de freinage et mis à la terre afin d'éviter les effets électriques ou électrostatiques. La figure 12.1 présente un exemple de configuration du dispositif de prélèvement des matières particulaires. L'emplacement et les dimensions des différents éléments sont indiqués à titre d'illustration. La stricte conformité à la figure n'est donc pas exigée.

Figure 12.1

**Exemple de configuration du dispositif de prélèvement des matières particulaires**



## 12.1.1 Extraction des matières particulaires

## 12.1.1.1 Plan de prélèvement

Le plan de prélèvement doit être conçu conformément aux spécifications énoncées au paragraphe 7.6. Les dispositions supplémentaires suivantes s'appliquent au plan de prélèvement pour l'installation des sondes de prélèvement des matières particulaires :

- a) Deux sondes de prélèvement doivent être utilisées avec les buses de prélèvement correspondantes pour la mesure des émissions de matières particulaires, une pour les  $PM_{2,5}$  et une autre pour les  $PM_{10}$ . Dans la figure 7.7, les points blancs représentent les sondes de prélèvement pour la mesure des émissions de matières particulaires (configurations à trois et à quatre sondes) ;
- b) Dans la configuration à trois sondes, les deux sondes de prélèvement pour la mesure des émissions de matières particulaires ( $PM_{2,5}$  et  $PM_{10}$ ) doivent être placées sur le même plan horizontal dans la partie inférieure du tunnel, comme indiqué à la figure 7.7 (côté gauche) ;
- c) Dans la configuration à quatre sondes, les deux sondes de prélèvement pour la mesure des émissions de matières particulaires ( $PM_{2,5}$  et  $PM_{10}$ ) doivent être placées sur le même plan horizontal dans la partie inférieure du tunnel, comme indiqué à la figure 7.7 (côté droit) ;
- d) Aucun diviseur de flux ne doit être utilisé pour la mesure des émissions de matières particulaires dans le cadre du système de prélèvement et de mesure.

## 12.1.1.2 Sondes de prélèvement pour la mesure des émissions de matières particulaires

Des sondes de prélèvement appropriées doivent être utilisées pour transporter l'aérosol du tunnel vers le dispositif de séparation. Ces sondes doivent satisfaire aux prescriptions de conception suivantes :

- a) Elles doivent être conçues de manière à réduire au minimum les pertes de particules entre la pointe de la buse et le dispositif de séparation ;
- b) Elles doivent être faites de matériaux électriquement conducteurs qui ne réagissent pas avec les particules de freinage. Elles doivent être mises à la terre afin d'éviter les effets électriques ou électrostatiques. Utiliser des sondes en acier inoxydable poli par électrolyse (ou par un autre processus permettant un rendu équivalent) à l'intérieur afin que la surface soit la plus propre et la plus lisse possible ;
- c) Elles doivent avoir un diamètre intérieur constant ( $d_p$ ) compris entre 10 mm et 18 mm garantissant un flux laminaire ( $10 \text{ mm} \leq d_p \leq 18 \text{ mm}$ ) ;
- d) Elles doivent être conçues de manière à être les plus courtes possibles pour réduire au minimum les pertes et la contamination éventuelle des tubes. La longueur totale des sondes, de la pointe de la buse de prélèvement jusqu'à l'entrée du dispositif de séparation des matières particulaires, ne doit pas dépasser 1 m ;
- e) Elles peuvent présenter au maximum un coude de  $90^\circ$  à condition que les spécifications relatives à la conception du coude définies à l'alinéa f) du présent paragraphe soient respectées ;
- f) Si elles présentent un coude, le rayon de courbure  $r_b$  de celui-ci doit être au moins égal à quatre fois leur diamètre intérieur ( $4 \cdot d_p$ ).

Les parois internes des sondes de prélèvement doivent être inspectées et nettoyées fréquemment conformément aux spécifications du fabricant en ce qui concerne la méthode et la fréquence. En l'absence de telles spécifications, nettoyer les sondes au moins une fois tous les deux mois d'utilisation active.

### 12.1.1.3 Buses de prélèvement pour la mesure des émissions de matières particulaires

Des buses permettant un prélèvement isocinétique des  $PM_{10}$  et des  $PM_{2,5}$  doivent être utilisées. Ces buses doivent satisfaire aux prescriptions suivantes :

- a) Elles doivent être compatibles avec les sondes de prélèvement pour la mesure des émissions de matières particulaires utilisées par le laboratoire d'essai dans le cadre de l'essai de mesure des émissions de freinage ;
- b) Elles doivent être en acier inoxydable poli par électrolyse (ou par un autre processus permettant un rendu équivalent) à l'intérieur afin que leur surface soit aussi propre et lisse que possible ;
- c) Des buses permettant d'obtenir un rapport isocinétique ( $IR$ ) de 1,0 doivent être utilisées, conformément aux spécifications décrites au paragraphe 12.1.2.4. Le rapport isocinétique moyen dans un essai de mesure des émissions de freinage doit être compris entre 0,90 et 1,15 ( $0,90 \leq IR \leq 1,15$ ) ;
- d) La taille des buses doit être choisie en fonction du débit de prélèvement appliqué et leur diamètre intérieur ( $d_n$ ) doit être d'au moins 4 mm ;
- e) Les buses doivent avoir un diamètre intérieur constant sur une longueur d'au moins une fois le diamètre intérieur ou 10 mm à partir de la pointe de la buse, la valeur la plus élevée étant retenue ;
- f) La paroi des buses doit être mince à l'extrémité pour réduire au minimum la distorsion du flux. Le rapport entre le diamètre extérieur et le diamètre intérieur de ces buses doit être inférieur à 1,1 à la pointe de celles-ci ;
- g) Toute variation de l'alésage des buses doit être fuselée avec un angle conique inférieur à  $30^\circ$  ;
- h) Les buses doivent être placées de manière que leur axe soit parallèle à celui du tunnel de prélèvement, l'angle d'aspiration devant rester inférieur ou égal à  $15^\circ$ .

Le laboratoire d'essai doit nettoyer les buses avant chaque essai de mesure des émissions de freinage conformément aux spécifications définies par leur fabricant en ce qui concerne les moyens de nettoyage.

### 12.1.2 Prélèvement des matières particulaires

#### 12.1.2.1 Dispositif de séparation des matières particulaires

Des séparateurs cycloniques simples suivis de porte-filtre gravimétriques sont utilisés pour le prélèvement des échantillons de  $PM_{10}$  et de  $PM_{2,5}$ . Le laboratoire d'essai doit choisir des séparateurs cycloniques conformément aux dispositions ci-après :

- a) Des séparateurs cycloniques disponibles sur le marché avec des tailles de coupure de  $10 \mu m$  et de  $2,5 \mu m$  doivent être utilisés pour le prélèvement des échantillons de  $PM_{10}$  et de  $PM_{2,5}$ , respectivement ;
- b) Les cyclones de  $PM_{10}$  et de  $PM_{2,5}$  doivent satisfaire aux spécifications relatives à l'efficacité de séparation définies dans les tableaux 12.1 et 12.2, respectivement ;
- c) Les séparateurs cycloniques doivent être placés à la sortie de la sonde de prélèvement. Le séparateur cyclonique doit être relié directement à la sortie de la sonde de prélèvement à l'aide de raccords appropriés en acier inoxydable conducteur. Aucun type de tube de prélèvement ne doit être utilisé entre la sonde et le séparateur cyclonique.

Le laboratoire d'essai doit fréquemment inspecter et nettoyer les parois internes des cyclones conformément aux spécifications du fabricant en ce qui concerne la méthode et la fréquence de nettoyage.

Tableau 12.1

**Spécifications relatives à l'efficacité de séparation des séparateurs cycloniques pour les PM<sub>10</sub>**

<i>PM<sub>10</sub></i>	4 $\mu\text{m}$	8 $\mu\text{m}$	12,5 $\mu\text{m}$	20 $\mu\text{m}$
Efficacité de séparation	< 20 %	< 50 %	> 60 %	> 90 %

Tableau 12.2

**Spécifications relatives à l'efficacité de séparation des séparateurs cycloniques pour les PM<sub>2,5</sub>**

<i>PM<sub>2,5</sub></i>	1,5 $\mu\text{m}$	2 $\mu\text{m}$	3 $\mu\text{m}$	4 $\mu\text{m}$
Efficacité de séparation	< 20 %	< 50 %	> 60 %	> 90 %

12.1.2.2 Ligne de prélèvement des matières particulaires

Le laboratoire d'essai veille à ce que la conception de la ligne de prélèvement qui sert à transférer l'aérosol du séparateur cyclonique vers le porte-filtre soit conforme aux spécifications décrites ci-dessous :

- La ligne de prélèvement doit être conçue de manière à réduire au minimum les pertes dues au transport des particules entre la sortie du séparateur cyclonique et l'entrée du porte-filtre ;
- La ligne de prélèvement doit être en acier inoxydable conducteur et doit être utilisée avec les raccords appropriés. Il est également possible d'utiliser des lignes de prélèvement en polytétrafluoroéthylène (PTFE) flexibles et antistatiques ;
- La ligne de prélèvement doit avoir un diamètre intérieur constant ( $d_s$ ) compris entre 10 mm et 20 mm ( $10 \text{ mm} \leq d_s \leq 20 \text{ mm}$ ) ;
- La longueur totale de la ligne de prélèvement entre la sortie du séparateur cyclonique et l'extrémité du porte-filtre ne doit pas dépasser 1 m ;
- La partie du système de prélèvement de matières particulaires située à l'extérieur du tunnel (celle qui comprend le séparateur cyclonique et la ligne de prélèvement des matières particulaires) doit être conçue de manière à éviter toute condensation d'eau. La température à l'intérieur de la ligne de prélèvement doit demeurer supérieure à 15 °C ;
- La ligne de prélèvement peut présenter un coude à condition que le rayon de courbure  $r_b$  soit au moins égal à 25 fois son diamètre intérieur ( $25 d_s$ ).

12.1.2.3 Débit de prélèvement des matières particulaires

Le laboratoire d'essai doit appliquer les dispositions ci-après concernant la régulation et la mesure du débit de prélèvement :

- L'erreur maximale tolérée de la méthode de mesure du débit du système de prélèvement (QPM<sub>2,5</sub> et QPM<sub>10</sub>) est de  $\pm 2,5$  % de la valeur indiquée ou de  $\pm 1,5$  % de la pleine échelle, la valeur la plus faible étant retenue, dans toutes les conditions de fonctionnement ;
- Un débitmètre étalonné pour indiquer le débit d'air dans des conditions normales doit être utilisé. Pour une conversion adaptée aux conditions de fonctionnement, l'exactitude du capteur de température doit être de  $\pm 1,0$  °C et l'exactitude et la précision des mesures de pression doivent être de  $\pm 1,0$  kPa ;

- c) Les valeurs de consigne (nominales) des débits volumiques de prélèvement ( $QPM_{2,5-set}$  et  $QPM_{10-set}$ ) doivent être constantes pendant la phase de mesure des émissions du frein soumis à l'essai ;
- d) Le débit volumique moyen de prélèvement doit se situer à  $\pm 2\%$  de la valeur de consigne pour l'essai de mesure des émissions de freinage. Un dispositif doté d'une fonction de contrôle du débit (orifice à régime critique, détendeur, régulateur à réaction, etc.) doit être utilisé pour assurer un débit stable au niveau du filtre ;
- e) L'écart entre le débit volumique de prélèvement mesuré moyen et la valeur de consigne pour les  $PM_{10}$  et les  $PM_{2,5}$  doit être calculé à partir des données disponibles pour les paramètres répertoriés, tels que définis dans le tableau 13.6 du paragraphe 13.4, et consigné dans le fichier axé sur la durée de l'essai ;
- f) Le débit de prélèvement doit être réglé de manière que le rapport isocinétique soit aussi proche que possible de 1,0. Le rapport isocinétique moyen pendant la phase de mesure des émissions d'un frein donné doit être compris entre 0,90 et 1,15 (par. 12.1.2.4). Calculer et consigner le rapport isocinétique moyen pour les  $PM_{2,5}$  et les  $PM_{10}$  selon la procédure décrite au paragraphe 12.1.2.4 ;
- g) On doit procéder à des vérifications pour déceler d'éventuelles fuites en scellant la buse et en mettant en marche le dispositif d'aspiration. Le débit ne doit pas dépasser 2 % du débit normal à la dépression maximale atteinte lors du prélèvement. Effectuer le contrôle d'étanchéité lors de l'installation du système et après chaque entretien ou mise à niveau conformément aux spécifications du fabricant ;
- h) Si le débit volumique de prélèvement ou les prescriptions isocinétiques énoncées dans le présent paragraphe ne sont pas respectés, l'essai n'est pas valable ;
- i) Le dispositif de prélèvement de matières particulaires doit fonctionner de manière continue pendant la phase de mesure des émissions de freinage, y compris les périodes de stabilisation thermique entre les différents trajets du cycle de freinage WLTP, au cours desquelles il ne faut ni interrompre le prélèvement des matières particulaires ni contourner la ligne de prélèvement principale. Le dispositif de prélèvement de matières particulaires doit fonctionner pendant au moins 10 s après la fin de la phase de mesure des émissions de freinage.

#### 12.1.2.4 Rapport isocinétique

Le prélèvement est dit isocinétique lorsque la vitesse de l'air est la même dans le tunnel de prélèvement et dans la buse de prélèvement. La vitesse de l'air est calculée à partir des valeurs du débit d'air dans le tunnel et dans la buse, compte tenu de leurs diamètres intérieurs ( $d_i$  et  $d_n$ , respectivement). Les équations 12.1 et 12.2 permettent de calculer la vitesse de l'air dans le tunnel de prélèvement et dans la buse de prélèvement :

$$U = (4 \times 1000 \times Q) / (\pi \times d_i^2) \quad (\text{Éq. 12.1})$$

$$U_S = (4 \times 1000 \times Q_S) / (\pi \times d_n^2) \quad (\text{Éq. 12.2})$$

Où :

$U$  est la vitesse moyenne de l'air dans le tunnel, en km/h, telle que décrite dans le tableau 13.2 ;

$U_S$  est la vitesse moyenne de l'air de prélèvement entrant dans la buse, en km/h ;

- $Q$  est le débit d'air moyen dans le tunnel, en  $m^3/h$ , tel que décrit dans le tableau 13.2 ;
- $Q_S$  est le débit d'air moyen dans la buse de prélèvement, en  $m^3/h$  ;
- $d_n$  est le diamètre intérieur à la pointe de la buse, en mm ;
- $d_i$  est le diamètre intérieur du tunnel de prélèvement, en mm, tel que décrit dans le tableau 7.1.

Le rapport isocinétique est défini comme le rapport entre la vitesse de l'air dans la buse de prélèvement et celle dans le tunnel de prélèvement. L'équation 12.3 permet de calculer le rapport isocinétique en combinant les équations 12.1 et 12.2. Les valeurs du débit d'air dans le tunnel de prélèvement et dans la buse s'entendent aux mêmes conditions de température et de pression. Il faut donc utiliser des valeurs normalisées afin de garantir la comparabilité entre les différents laboratoires d'essai :

$$IR = (NQ_S/d_n^2)/(NQ/d_i^2) \quad (\text{Éq. 12.3})$$

Où :

- $IR$  est le rapport isocinétique ;
- $NQ_S$  est le débit d'air moyen normalisé dans la buse de prélèvement, en  $Nm^3/h$  ;
- $NQ$  est le débit d'air moyen normalisé dans le tunnel de prélèvement, en  $Nm^3/h$ , tel que décrit dans le tableau 13.2 ;
- $d_n$  est le diamètre intérieur à la pointe de la buse, en mm ;
- $d_i$  est le diamètre intérieur du tunnel de prélèvement, en mm, tel que décrit dans le tableau 7.1.

Après conversion des unités de mesure du débit de prélèvement de [ $Nm^3/h$ ] en [ $l/min$ ] et celles du diamètre intérieur de [ $m$ ] en [ $mm$ ] aux fins de la conformité avec les unités conventionnelles, l'équation 12.3 devient l'équation 12.4.

$$IR = 0,06 \times (NQ_S/d_n^2)/(NQ/d_i^2) \quad (\text{Éq. 12.4})$$

Où :

- $IR$  est le rapport isocinétique ;
- $NQ_S$  est le débit d'air moyen normalisé dans la buse de prélèvement, en  $l/min$  ;
- $NQ$  est le débit d'air moyen normalisé dans le tunnel de prélèvement, en  $Nm^3/h$ , tel que décrit dans le tableau 13.2 ;
- $d_n$  est le diamètre intérieur à la pointe de la buse, en mm ;
- $d_i$  est le diamètre intérieur du tunnel de prélèvement, en mm, tel que décrit dans le tableau 7.1.

Le laboratoire d'essai doit calculer le rapport isocinétique moyen pendant la phase de mesure des émissions d'un essai de mesure des émissions de freinage pour, d'un côté, les  $PM_{2,5}$  et, de l'autre, les  $PM_{10}$ , au moyen de l'équation 12.4 :

- Utiliser les valeurs correspondantes pour les diamètres intérieurs isocinétiques des buses pour le prélèvement des  $PM_{2,5}$  ( $d_{n-PM_{2,5}}$ ) et des  $PM_{10}$  ( $d_{n-PM_{10}}$ ) ;
- Utiliser les données relatives au débit moyen normalisé dans le tunnel ( $NQ$ ) et aux débits de prélèvement moyens normalisés ( $NQ_{PM_{2,5}}$  et  $NQ_{PM_{10}}$ ) dans le fichier axé sur la durée de l'essai ;
- Consigner les valeurs calculées comme indiqué dans le tableau 13.6 du paragraphe 13.4.

## 12.1.3 Supports de prélèvement

## 12.1.3.1 Porte-filtre

Les échantillons de matières particulaires sont prélevés sur des filtres simples de 47 mm par essai, montés sur un porte-filtre adapté. Le porte-filtre doit être placé aussi près que possible de la sortie du séparateur cyclonique. Le laboratoire d'essai doit respecter les spécifications décrites ci-dessous concernant le porte-filtre :

- a) Le porte-filtre doit être fait d'un matériau inerte et non corrosif, tel que l'acier inoxydable ou l'aluminium anodisé ;
- b) Le porte-filtre doit être compatible avec des filtres circulaires. Le diamètre de la surface exposée traversée par l'échantillon d'air (surface utile du filtre) doit être compris entre 34 et 44 mm ;
- c) Le porte-filtre doit permettre une répartition régulière du flux sur toute la surface utile du filtre ;
- d) La configuration du porte-filtre doit être conçue de manière à éviter toute condensation d'eau. La température au niveau du porte-filtre doit être conforme à la spécification relative à l'ensemble de la ligne de prélèvement définie au paragraphe 12.1.2.2 et rester supérieure à 15 °C pendant toute la durée de l'essai de mesure des émissions de freinage.

## 12.1.3.2 Filtres de collecte

Des filtres en fibre de verre revêtus de fluorocarbure ou des filtres à membrane à base de fluorocarbure doivent être utilisés pour la mesure des PM<sub>10</sub> et des PM<sub>2,5</sub>. Pour tous les types de filtres, le coefficient de rétention de particules de 0,3 µm de dioctyl phthalate di-octylphthalate (DOP) ou de polyalphaoléfine (PAO) CS 68649-12-7 ou CS 68037-01-4 doit être d'au moins 99 % à une vitesse nominale d'entrée dans le filtre d'au moins 5,33 cm/s mesurée conformément à l'une des normes ci-après :

- a) U.S.A. Department of Defense Test Method Standard, MIL-STD-282 method 102.8: DOP-Smoke Penetration of Aerosol-Filter Element ;
- b) U.S.A. Department of Defense Test Method Standard, MIL-STD-282 method 502.1.1: DOP-Smoke Penetration of Gas-Mask Canisters ;
- c) Institute of Environmental Sciences and Technology, IEST-RP-CC021: Testing HEPA and ULPA Filter Media.

La conformité aux prescriptions d'efficacité concernant les supports de prélèvement décrites dans le présent paragraphe doit être certifiée par le fournisseur du filtre.

## 12.1.4 Procédure de pesage

Seul le filtre doit être pesé ; aucune autre partie de l'équipement de mesure ne doit l'être. Le laboratoire d'essai doit garantir que les différentes étapes de la procédure de pesage sont suivies conformément aux prescriptions suivantes :

- a) Chambre de pesage – L'atmosphère de la chambre doit être exempte de tout contaminant ambiant (tel que poussière, aérosol ou matériau semi-volatile) susceptible de contaminer les filtres à particules. Régler les conditions ambiantes de la chambre de pesage à  $(22 \pm 2)$  °C et à  $(45 \pm 8)$  % d'humidité relative. Veiller à ce que le flux de l'échange d'air n'influe pas sur la stabilité de la balance ;
- b) Balance – Utiliser la même balance de précision pour le pesage avant et après prélèvement dans le cadre d'un essai de mesure des émissions de freinage donné. Isoler la balance des vibrations, des forces électrostatiques et des courants d'air. La placer dans un environnement contrôlé – la chambre de pesage – conformément aux spécifications

décrites à l'alinéa a) du présent paragraphe. La résolution de la balance doit être d'au moins 1 µg. Utiliser des poids de tarage certifiés pour vérifier la stabilité et le bon fonctionnement de la balance de précision. La balance de précision doit satisfaire aux prescriptions relatives à l'étalonnage décrites au paragraphe 14.4 ;

- c) Effets de l'électricité statique – Annuler les effets de l'électricité statique soit en plaçant la balance sur un tapis antistatique pour la mettre à la terre et en neutralisant les filtres de collecte de particules avant le pesage au moyen d'un neutraliseur au polonium ou par un autre moyen également efficace, soit en procédant par égalisation de la charge statique ;
- d) Conditionnement et pesage avant prélèvement – Conditionner et stabiliser les filtres à  $(22 \pm 2)$  °C et à  $(45 \pm 8)$  % d'humidité relative pendant au moins deux heures avant de les peser. Peser le filtre à la fin de la période de stabilisation selon la procédure décrite à l'alinéa g) du présent paragraphe et consigner la pesée sur toutes les fiches d'essai pertinentes. Pendant l'opération de pesage, aucun écart par rapport aux conditions prescrites dans le présent paragraphe n'est admis. Stocker le filtre dans une boîte de Petri fermée (ou un dispositif équivalent) ou dans un porte-filtre scellé jusqu'à l'essai. Placer le filtre dans le porte-filtre dans l'heure qui suit son retrait de la chambre de pesage. Utiliser la boîte de Petri fermée (ou le dispositif équivalent) ou le porte-filtre scellé pour transférer le filtre sur l'appareillage d'essai, ou alors monter le filtre dans le porte-filtre se trouvant déjà dans la chambre de pesage ;
- e) Conditionnement et pesage après prélèvement – Placer les filtres dans la chambre de conditionnement dans les huit heures suivant la fin de l'essai. Transférer le filtre vers la chambre de conditionnement à l'aide d'une boîte de Petri fermée (ou d'un dispositif équivalent) ou d'un porte-filtre scellé, ou encore sans le retirer de son porte-filtre, en veillant à ce que les porte-filtre ne soient pas inclinés pendant le transfert. Conditionner et stabiliser les filtres à  $(22 \pm 2)$  °C et à  $(45 \pm 8)$  % d'humidité relative pendant au moins deux heures. Peser le filtre à la fin de la période de stabilisation selon la procédure décrite à l'alinéa g) du présent paragraphe et consigner la pesée sur toutes les fiches d'essai pertinentes. Pendant l'opération de pesage, aucun écart par rapport aux conditions prescrites dans le présent paragraphe n'est admis. Stocker le filtre dans une boîte de Petri fermée (ou un dispositif équivalent) ou dans un porte-filtre scellé ;
- f) Pesage des filtres de référence – Utiliser des filtres de référence pour valider le pesage des matières particulaires. Choisir au moins deux filtres en fibre de verre revêtus de fluorocarbène ou filtres à membrane à base de fluorocarbène correspondant à chaque milieu filtrant échantillonné. Peser les filtres de référence au début et à la fin d'une session de pesage (avant le pesage préalable au prélèvement et après le pesage consécutif au prélèvement) et consigner les pesées dans le fichier sur les mesures de masse. La différence moyenne entre la masse mesurée initiale et la masse mesurée finale du filtre de référence doit demeurer dans une fourchette de  $\pm 10$  µg. En outre, la différence moyenne entre les filtres de référence et leur moyenne mobile (1 jour au minimum – 15 jours au maximum) ne doit pas s'écarter de plus de  $\pm 10$  µg. Remplacer les filtres de référence au maximum tous les 30 jours et de telle manière qu'aucun filtre de collecte ne soit pesé sans être comparé à un filtre de référence présent dans la chambre de pesage depuis au moins un jour ;

- g) Pesage du filtre de collecte – Suivre la procédure décrite ci-dessous pour peser le filtre avant et après le prélèvement :
- i) Peser le filtre deux fois et consigner les pesées dans le fichier sur les mesures de masse ;
  - ii) Si la différence entre les première et deuxième mesures est inférieure ou égale à 30 µg, utiliser la moyenne arithmétique pour indiquer la  $Pe_{(Uncorrected)}$  et calculer la  $Pe_{(Corrected)}$  conformément à l’alinéa h) du présent paragraphe ;
  - iii) Si la différence entre les première et deuxième mesures est supérieure à 30 µg, effectuer deux pesages supplémentaires et consigner les pesées dans le fichier de mesure de la masse ;
  - iv) Lorsque la différence entre les valeurs minimale et maximale des quatre pesées est inférieure ou égale à 38 µg, utiliser la moyenne arithmétique de ces quatre pesées pour indiquer la  $Pe_{(Uncorrected)}$  et calculer la  $Pe_{(Corrected)}$  conformément à l’alinéa h) du présent paragraphe ;
  - v) Lorsque la différence entre les valeurs minimale et maximale des quatre pesées est supérieure à 38 µg et inférieure ou égale à 42 µg, utiliser la médiane de ces quatre pesées pour indiquer la  $Pe_{(Uncorrected)}$  et calculer la  $Pe_{(Corrected)}$  conformément à l’alinéa h) du présent paragraphe. La valeur médiane est la moyenne arithmétique des deuxième et troisième des quatre valeurs classées par ordre croissant ;
  - vi) Lorsque la différence entre les valeurs minimale et maximale des quatre pesées est supérieure à 42 µg, invalider la session de pesage et mettre le filtre en quarantaine dans la chambre de conditionnement. Le laboratoire d’essai peut décider d’enlever le filtre et de le remplacer par un nouveau filtre pour une session de pesage préalable au prélèvement, ou d’éliminer le filtre et de répéter l’essai de mesure des émissions de freinage pour une session de pesage consécutive au prélèvement ;
  - vii) Après au moins 24 heures, sortir le filtre de la quarantaine et le peser deux fois conformément aux alinéas i) et ii) du présent paragraphe ;
  - viii) Si la différence entre les première et deuxième nouvelles mesures est supérieure à 30 µg, enlever le filtre et invalider la session de pesage. Utiliser un nouveau filtre pour une session de pesage préalable au prélèvement ou éliminer le filtre et répéter l’essai de mesure des émissions de freinage pour une session de pesage consécutive au prélèvement ;
- h) Correction de la flottabilité – Corriger les pesées du filtre de collecte des particules et du filtre de référence en fonction de leur flottabilité dans l’air. La correction de flottabilité est fonction des masses volumiques respectives du filtre, de l’air et des poids de tarage de la balance, et ne tient pas compte de la flottabilité des matières particulaires elles-mêmes ;

Utiliser les valeurs suivantes pour la masse volumique du matériau du filtre ( $p_f$ ) lorsque celle-ci n’est pas connue : a) filtre en fibre de verre revêtu de fluorocarbure : 2 300 kg/m<sup>3</sup> ; b) filtre à membrane à base de fluorocarbure : 2 144 kg/m<sup>3</sup>.

Utiliser une masse volumique ( $p_w$ ) de 8 000 kg/m<sup>3</sup> pour les poids de tarage en acier inoxydable ou la masse volumique connue pour les autres matériaux de poids de tarage. Appliquer la Recommandation internationale OIML R 111-1 Édition 2004(F) (ou son équivalent) de l’Organisation internationale de métrologie légale sur les masses étalons.

Utiliser la mesure de la masse moyenne du filtre non corrigée pour calculer la mesure de la masse moyenne du filtre corrigée en fonction de la flottabilité pour les filtres à PM<sub>2,5</sub> et à PM<sub>10</sub> (avant et après prélèvement) à l'aide de l'équation 12.5. Consigner les mesures corrigées dans le fichier sur les mesures de masse :

$$Pe_{(\text{Corrected})} = Pe_{(\text{Uncorrected})} \times [1 - (p_a/p_w)]/[1 - (p_a/p_f)] \quad (\text{Éq. 12.5})$$

Où :

- $Pe_{(\text{Corrected})}$  est la masse corrigée de chaque filtre, en mg ;
- $Pe_{(\text{Uncorrected})}$  est la masse non corrigée de chaque filtre, en mg, telle que décrite dans le tableau 12.4 ;
- $p_a$  est la masse volumique de l'air dans la chambre de pesage, obtenue selon l'équation 12.6, en kg/m<sup>3</sup> ;
- $p_w$  est la masse volumique des poids de tarage de la balance, telle que décrite au paragraphe e) ;
- $p_f$  est la masse volumique du filtre de collecte (non utilisé), telle que décrite au paragraphe e).

Utiliser les conditions régnant dans la chambre au moment du pesage pour calculer la masse volumique de l'air, à l'aide de l'équation 12.6.

$$p_a = (p_b \times M_{\text{mix}})/(R \times T_a) \quad (\text{Éq. 12.6})$$

Où :

- $p_a$  est la masse volumique de l'air dans la chambre de pesage, en kg/m<sup>3</sup> ;
- $p_b$  est la pression atmosphérique dans la chambre de pesage, en kPa ;
- $M_{\text{mix}}$  est la masse molaire de l'air dans la chambre de pesage, 28,836 g mol<sup>-1</sup> ;
- $R$  est la constante de masse molaire, 8,3144 J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup> ;
- $T_a$  est la température de l'air ambiant dans la chambre de pesage, en K.
- i) Charge du filtre – Soustraire la masse moyenne du filtre mesurée avant le prélèvement de sa masse mesurée après le prélèvement. Utiliser les mesures de la masse moyenne du filtre corrigée en fonction de la flottabilité, calculées à l'alinéa h) du présent paragraphe. Calculer les charges des filtres de PM<sub>2,5</sub> ( $Pe_{(2,5)}$ ) et de PM<sub>10</sub> ( $Pe_{(10)}$ ) et les consigner dans le fichier sur les mesures de masse, conformément aux spécifications énoncées dans le tableau 13.6 du paragraphe 13.4 ;
- j) Conditions de stockage et de transfert – Conserver les filtres pesés dans des boîtes spécialement adaptées à leur taille. Utiliser des pinces en acier inoxydable pour manipuler les filtres. Réduire autant que possible les déplacements des filtres dans les boîtes de Petri ou sacs et leur transport. Installer avec précaution le filtre de collecte des particules dans le porte-filtre. Toute manipulation brutale ou abrasive engendrera des erreurs dans la détermination de la masse.

## 12.1.5 Calcul des coefficients d'émission de matières particulaires

Le laboratoire d'essai doit consigner les émissions de matières particulaires en masse par unité de distance parcourue. Calculer les coefficients d'émission de  $PM_{2,5}$  et de  $PM_{10}$  de référence (ou initiaux) du frein soumis à l'essai ( $EF_{ref}$ ) au moyen des équations 12.7 et 12.8, respectivement.

$$PM_{2,5} EF_{ref} = [Pe_{(2,5)} \times 1000 \times (NQ/60)/NQ_{PM_{2,5}}] / d \quad (\text{Éq. 12.7})$$

$$PM_{10} EF_{ref} = [Pe_{(10)} \times 1000 \times (NQ/60)/NQ_{PM_{10}}] / d \quad (\text{Éq. 12.8})$$

Où :

$PM_{2,5} EF_{ref}$  est le coefficient d'émission de  $PM_{2,5}$  de référence du frein soumis à l'essai en masse par unité de distance parcourue (mg/km) ;

$PM_{10} EF_{ref}$  est le coefficient d'émission de  $PM_{10}$  de référence du frein soumis à l'essai en masse par unité de distance parcourue (mg/km) ;

$Pe_{(2,5)}$  est la charge massique du filtre de collecte des  $PM_{2,5}$ , en mg, telle que décrite dans le tableau 13.3 ;

$Pe_{(10)}$  est la charge massique du filtre de collecte des  $PM_{10}$ , en mg, telle que décrite dans le tableau 13.3 ;

$NQ$  est le débit d'air moyen normalisé dans le tunnel de prélèvement, en  $Nm^3/h$ , tel que décrit dans le tableau 13.2 ;

$NQ_{PM_{2,5}}$  est le débit d'air moyen normalisé dans la buse de prélèvement de  $PM_{2,5}$ , en  $l/min$ , tel que décrit dans le tableau 13.2 ;

$NQ_{PM_{10}}$  est le débit d'air moyen normalisé dans la buse de prélèvement de  $PM_{10}$ , en  $l/min$ , tel que décrit dans le tableau 13.2 ;

$d$  est la distance totale parcourue pendant le cycle de freinage WLTP, en km, telle que décrite dans le tableau 13.2.

- a) Calculer les masses de matières particulaires ( $Pe_{(10)}$  et  $Pe_{(2,5)}$ ) comme indiqué au paragraphe 12.1.4 i) après avoir corrigé les valeurs en fonction de la flottabilité, comme prescrit au paragraphe 12.1.4 h) ;
- b) Calculer le débit normalisé moyen dans le tunnel ( $NQ$ ), les débits de prélèvement normalisés moyens ( $NQ_{PM_{2,5}}$  et  $NQ_{PM_{10}}$ ) et la distance totale parcourue pendant le cycle de freinage WLTP ( $d$ ) pendant la phase de mesure des émissions, à partir des paramètres indiqués dans le fichier axé sur la durée de l'essai ;
- c) Calculer les coefficients d'émission de  $PM_{2,5}$  et de  $PM_{10}$  de référence ( $PM_{2,5} EF_{ref}$  et  $PM_{10} EF_{ref}$ ) du frein soumis à l'essai au moyen des équations 12.7 et 12.8, respectivement. Utiliser ensuite le coefficient correspondant à la part du freinage à friction du tableau 5.1 pour le calcul des coefficients finals d'émission de  $PM_{2,5}$  et de  $PM_{10}$  du frein soumis à l'essai. Appliquer le coefficient qui est associé au type de véhicule dont les paramètres ont été utilisés aux fins des essais réalisés sur le frein. Calculer les valeurs finales des coefficients d'émission de  $PM_{2,5}$  et de  $PM_{10}$  au moyen des équations 12.9 et 12.10, respectivement :

$$PM_{2,5} EF = PM_{2,5} EF_{ref} * c \quad (\text{Éq. 12.9})$$

$$PM_{10} EF = PM_{10} EF_{ref} * c \quad (\text{Éq. 12.10})$$

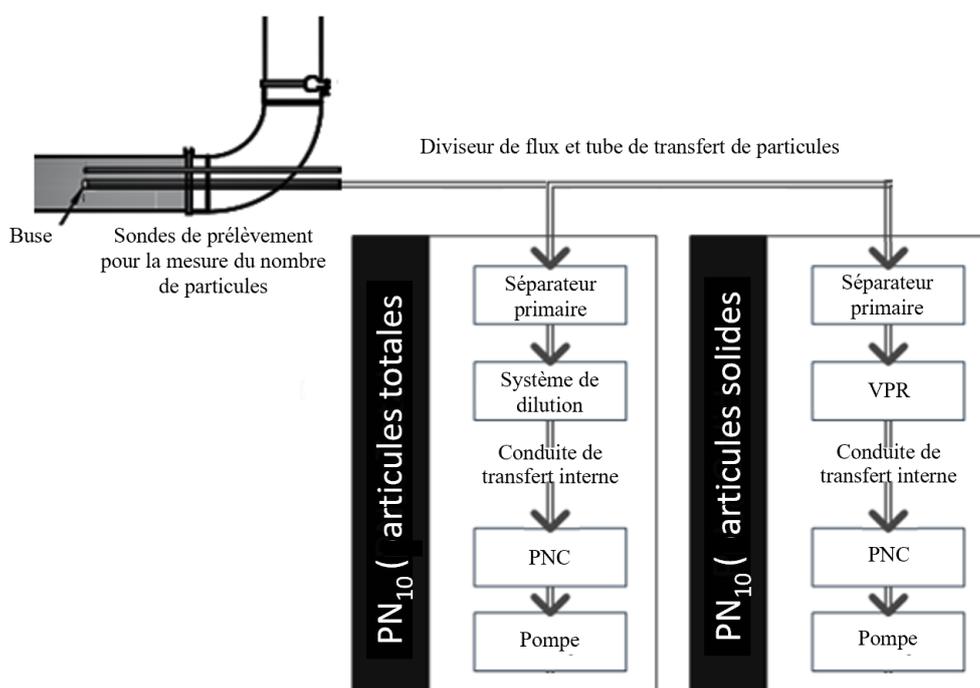
- d) Consigner les coefficients finals d'émission de  $PM_{2,5}$  et de  $PM_{10}$  comme indiqué dans le tableau 13.6 du paragraphe 13.4.

## 12.2 Mesure de la concentration en nombre de particules

Le présent paragraphe décrit les spécifications relatives à la mesure des émissions en nombre de particules lors d'un essai de mesure des émissions de freinage. Les systèmes de prélèvement de particules et de mesure du nombre de particules permettent de quantifier le nombre de particules produites par le frein pendant l'essai. Les émissions en nombre de particules mesurées et les paramètres de l'essai permettent d'obtenir les coefficients d'émission du frein soumis à l'essai, exprimés en nombre de particules émises par unité de distance parcourue.

Figure 12.2

### Exemple de configuration du dispositif de prélèvement de particules et de mesure du nombre de particules



Dans l'ensemble, le dispositif (pièces individuelles et raccords) doit être fait de matériaux électriquement conducteurs qui ne réagissent pas avec les particules de freinage et mis à la terre afin d'éviter les effets électriques ou électrostatiques. La figure 12.2 présente un exemple de configuration du dispositif de prélèvement de particules et de mesure du nombre de particules. Le système d'essai doit pouvoir mesurer le nombre de particules totales (TPN10) et de particules solides (SPN10) d'un diamètre nominal de mobilité électrique d'environ 10 nm et plus. L'emplacement et les dimensions des différents éléments sont indiqués à titre d'illustration. La stricte conformité à la figure n'est donc pas exigée. Les systèmes de prélèvement et de mesure destinés à la détermination du TPN10 doivent se composer des éléments suivants :

- Une sonde de prélèvement pour la mesure du nombre de particules, permettant de prélever un échantillon dans le tunnel de prélèvement. Les spécifications relatives à la conception de cette sonde sont décrites au paragraphe 12.2.1.2 ;
- Une buse de prélèvement appropriée pour la mesure du nombre de particules, installée à l'extrémité de ladite sonde de prélèvement. Les spécifications relatives à la conception de cette buse sont décrites au paragraphe 12.2.1.3 ;

- c) Un tube approprié (tube de transfert de particules – PTT) permettant de transférer l'aérosol de la sortie de la sonde de prélèvement vers l'entrée du séparateur primaire de particules. Lorsque le séparateur primaire est monté directement à la sortie de la sonde de prélèvement, le PTT peut servir à transférer les particules de la sortie du séparateur primaire vers l'entrée du système de dilution. Les spécifications relatives à la conception du PTT sont décrites au paragraphe 12.2.1.4 ;
- d) Un séparateur primaire de particules, permettant d'éliminer les plus grosses particules. Les spécifications relatives au séparateur primaire sont décrites au paragraphe 12.2.2.1 ;
- e) Un système de dilution en une ou plusieurs étapes. Les spécifications relatives à la conception du système de dilution sont décrites au paragraphe 12.2.2.2 ;
- f) Une conduite de transfert interne permettant de diriger l'aérosol de la sortie du système de dilution vers l'entrée du compteur de particules. Les spécifications relatives à la conception de cette conduite sont décrites au paragraphe 12.2.2.3 ;
- g) Un compteur de particules (PNC) permettant de mesurer la concentration en TPN10. Les spécifications relatives au PNC sont décrites au paragraphe 12.2.3.1 ;

Les systèmes de prélèvement et de mesure destinés à la détermination du SPN10 doivent se composer des éléments suivants :

- h) Une sonde de prélèvement pour la mesure du nombre de particules, permettant de prélever un échantillon dans le tunnel de prélèvement. Les spécifications relatives à la conception de cette sonde sont décrites au paragraphe 12.2.1.2 ;
- i) Une buse de prélèvement appropriée pour la mesure du nombre de particules, installée à l'extrémité de ladite sonde de prélèvement. Les spécifications relatives à la conception de cette buse sont décrites au paragraphe 12.2.1.3 ;
- j) Un PTT approprié permettant de transférer l'aérosol de la sortie de la sonde de prélèvement vers l'entrée du séparateur primaire de particules. Lorsque le séparateur primaire est monté directement à la sortie de la sonde de prélèvement, le PTT peut servir à transférer les particules de la sortie du séparateur primaire vers l'entrée du séparateur de particules volatiles. Les spécifications relatives à la conception du PTT sont décrites au paragraphe 12.2.1.4 ;
- k) Un séparateur primaire de particules, permettant d'éliminer les plus grosses particules. Les spécifications relatives au séparateur primaire sont décrites au paragraphe 12.2.2.1 ;
- l) Un séparateur de particules volatiles (VPR), qui dilue l'échantillon et isole les particules volatiles avant la mesure du nombre de particules. Les spécifications relatives à la conception du VPR sont décrites au paragraphe 12.2.2.2 ;
- m) Une conduite de transfert interne permettant de diriger l'aérosol de la sortie du VPR vers l'entrée du PNC. Les spécifications relatives à la conception de cette conduite sont décrites au paragraphe 12.2.2.3 ;
- n) Un PNC permettant de mesurer la concentration en SPN10. Les spécifications relatives au PNC sont décrites au paragraphe 12.2.3.1 ;

Des sondes différentes doivent être utilisées aux fins du prélèvement destiné à la détermination du TPN10 et du SPN10, comme indiqué au paragraphe 12.2.1.1 a). Il est possible d'utiliser la même sonde de prélèvement à condition que le diviseur de flux utilisé satisfasse aux prescriptions énoncées aux alinéas b) à e) du paragraphe 12.2.1.1.

#### 12.2.1 Extraction d'échantillons

##### 12.2.1.1 Plan de prélèvement

Le plan de prélèvement doit être conçu conformément aux spécifications décrites au paragraphe 7.6. Les spécifications supplémentaires ci-après s'appliquent au plan de prélèvement pour l'installation des sondes de prélèvement destinées à la mesure du nombre de particules :

- a) Deux sondes de prélèvement doivent être utilisées pour la mesure des émissions en nombre de particules, une pour le TPN10 et une autre pour le SPN10. Dans la figure 7.7 (côté droit), les points noirs représentent les sondes de prélèvement pour la mesure du nombre de particules dans la configuration à quatre sondes ;
- b) Une autre solution consiste à utiliser une seule sonde de prélèvement pour la mesure du TPN10 et du SPN10 en recourant à un diviseur de flux approprié, tel que spécifié aux alinéas c) à e) du présent paragraphe. Dans la figure 7.7 (côté gauche), le point noir représente la sonde de prélèvement pour la mesure du nombre de particules dans la configuration à trois sondes ;
- c) Le diviseur de flux utilisé (le cas échéant) doit être en acier inoxydable et son intérieur doit être poli par électrolyse afin de réduire au minimum la perte de particules due au dépôt sur les parois ;
- d) En cas d'utilisation d'un diviseur de flux, la variation de l'angle d'écoulement ne doit pas dépasser  $20^\circ$  ( $\leq 20^\circ$ ) pour chaque sortie afin que les vitesses d'écoulement soient similaires dans toutes les branches. Vérifier que les vitesses d'écoulement dans les différentes branches ne présentent pas entre elles de différences de plus de  $\pm 5\%$  ;
- e) En cas d'utilisation d'un diviseur de flux, il doit être démontré que la pénétration avec et sans diviseur reste comprise dans une fourchette de  $\pm 5\%$  aux débits nominaux des systèmes de comptage du nombre de particules raccordés. Laisser les systèmes se stabiliser (la vitesse d'écoulement se situe à  $\pm 5\%$  de la valeur nominale) pendant au moins 30 secondes avant de commencer la mesure. Effectuer la comparaison avec et sans le diviseur de flux en mesurant la pénétration des particules de 15 nm et de 1,5  $\mu\text{m}$  pendant au moins 30 secondes après la période de stabilisation.

##### 12.2.1.2 Sondes de prélèvement pour la mesure du nombre de particules

Une ou plusieurs sondes de prélèvement appropriées à la mesure du nombre de particules doivent être utilisées pour extraire l'échantillon et le diriger du tunnel vers l'entrée du tube de transfert de particules ou du séparateur primaire de particules. La ou les sondes de prélèvement doivent satisfaire aux prescriptions de conception suivantes :

- a) La ou les sondes doivent être conçues de manière à réduire au minimum les pertes de particules entre la pointe de la buse et l'entrée du tube de transfert de particules ;
- b) La ou les sondes doivent être faites dans des matériaux électriquement conducteurs qui ne réagissent pas avec les particules de freinage. Elles doivent être mises à la terre afin d'éviter les effets électriques/électrostatiques. Utiliser une ou des sondes en acier inoxydable poli par électrolyse (ou par un autre processus permettant un rendu équivalent) afin que la surface soit aussi propre et lisse que possible ;

- c) La ou les sondes doivent avoir un diamètre intérieur constant ( $d_p$ ) compris entre 10 mm et 18 mm garantissant un flux laminaire ( $10 \text{ mm} \leq d_p \leq 18 \text{ mm}$ ) dans toutes les conditions de fonctionnement ;
- d) La longueur totale de la ou des sondes, de la pointe de la buse de prélèvement jusqu'à l'entrée du tube de transfert de particules ou du séparateur primaire de particules, ne doit pas dépasser 1 m ;
- e) Le temps de séjour depuis l'entrée de la pointe de la buse jusqu'à l'entrée du tube de transfert des particules ou du séparateur primaire de particules doit être inférieur à 3 s ;
- f) Les sondes peuvent présenter au maximum un coude de  $90^\circ$  à condition que le rayon de courbure  $r_b$  soit au moins égal à quatre fois leur diamètre intérieur ( $4 d_p$ ).

#### 12.2.1.3 Buses de prélèvement pour la mesure du nombre de particules

Des buses permettant d'assurer un prélèvement isocinétique sur la base du débit de prélèvement total extrait et du débit d'air de refroidissement moyen doivent être utilisées. Pour la détermination du TPN10 et du SPN10, le laboratoire d'essai doit choisir des buses de prélèvement satisfaisant aux prescriptions ci-après :

- a) Les buses doivent être en acier inoxydable poli par électrolyse (ou par un autre processus permettant un rendu équivalent) à l'intérieur afin que leur surface soit aussi propre et lisse que possible ;
- b) Les buses doivent permettre d'obtenir un rapport isocinétique compris entre 0,6 et 1,5 ;
- c) La taille de la buse doit être choisie en fonction du débit appliqué de sorte que le rapport isocinétique (par. 12.1.2.4) reste conforme aux spécifications définies à l'alinéa b) du présent paragraphe. Ne pas utiliser de buses dont le diamètre intérieur est inférieur à 4 mm ;
- d) Les buses doivent avoir un diamètre intérieur constant sur une longueur d'au moins une fois le diamètre intérieur ou 10 mm à partir de la pointe de la buse, la valeur la plus élevée étant retenue ;
- e) La paroi des buses doit être mince à l'extrémité pour réduire au minimum la distorsion du flux. Le rapport entre le diamètre extérieur et le diamètre intérieur de ces buses doit être inférieur à 1,1 à la pointe de celles-ci ;
- f) Toute variation de l'alésage des buses doit être fuselée avec un angle conique inférieur à  $30^\circ$  ;
- g) Les buses doivent être placées de manière que leur axe soit parallèle à celui du tunnel de prélèvement, l'angle d'aspiration devant rester inférieur ou égal à  $15^\circ$ .

Le laboratoire d'essai doit nettoyer les buses avant chaque essai de mesure des émissions de freinage conformément aux spécifications définies par leur fabricant en ce qui concerne les moyens de nettoyage.

#### 12.2.1.4 Tube de transfert des particules

Lorsque le séparateur primaire de particules n'est pas directement raccordé à la sortie de la sonde, un tube de transfert des particules (PTT) approprié doit être utilisé pour diriger l'aérosol de la sortie de la sonde vers l'entrée du séparateur primaire de particules. Lorsque le séparateur primaire de particules est directement relié à la sortie de la sonde, le PTT doit être utilisé pour diriger l'aérosol de la sortie du séparateur primaire vers l'entrée du système de conditionnement des échantillons. Dans tous les cas, un seul PTT peut être utilisé et sa conception doit répondre aux prescriptions suivantes concernant le prélèvement destiné à la détermination du TPN10 et du SPN10 :

- a) Utiliser des tubes de transfert conçus de manière à réduire au minimum les pertes survenant lors du transport des particules entre la sortie de la sonde et l'entrée du séparateur primaire de particules ou entre la sortie de ce séparateur et l'entrée du système de conditionnement des échantillons ;
- b) Si le diamètre varie entre la sortie de la sonde et l'entrée du séparateur primaire de particules ou entre la sortie du séparateur primaire et l'entrée du système de conditionnement des échantillons, des tubes de transfert présentant des variations progressives de diamètre doivent être utilisés ;
- c) Des sondes faites dans des matériaux électriquement conducteurs qui ne réagissent pas avec les aérosols issus du freinage doivent être utilisées ;
- d) Les tubes de transfert doivent avoir un diamètre intérieur ( $d_{it}$ ) d'au moins 4 mm garantissant un flux laminaire dans toutes les conditions d'utilisation ;
- e) Le rapport entre la longueur des tubes de transfert et le débit de prélèvement doit être inférieur à 60 000 s/m<sup>2</sup> ;
- f) Le temps de séjour des particules à l'intérieur des tubes de transfert doit être inférieur à 1 s ;
- g) Les tubes de transfert peuvent présenter un coude à condition que le rayon de courbure  $r_b$  soit au moins égal à 25 fois leur diamètre ( $25 d_{it}$ ).

## 12.2.2 Traitement et conditionnement des échantillons

### 12.2.2.1 Séparateur primaire de particules

Le laboratoire d'essai doit utiliser un séparateur cyclonique pour protéger le système de dilution et le VPR contre une éventuelle contamination. Le laboratoire d'essai doit s'assurer que le séparateur primaire de particules utilisé aux fins du prélèvement destiné à la détermination du TPN10 et du SPN10 satisfasse aux prescriptions suivantes :

- a) Deux séparateurs cycloniques doivent être utilisés lorsque des sondes de prélèvement différentes sont utilisées pour la détermination du TPN10 et du SPN10 ;
- b) Lorsqu'une seule sonde de prélèvement est utilisée pour la détermination du TPN10 et du SPN10, un seul séparateur cyclonique, placé en amont du diviseur de flux, doit être utilisé. Il est également possible d'utiliser deux séparateurs cycloniques placés en aval du diviseur de flux ;
- c) Le séparateur cyclonique doit être placé soit à la sortie de la sonde de prélèvement, soit à l'entrée du système de conditionnement des échantillons ;
- d) Des séparateurs cycloniques disponibles sur le marché et ayant un point de coupure à 50 % compris entre 2,5 µm et 10 µm au débit volumique de prélèvement des particules qui passent par le séparateur cyclonique doivent être utilisés ;
- e) Le cyclone doit avoir une efficacité de pénétration minimale de 80 % pour un diamètre de particule de 1,5 µm.

Le laboratoire d'essai doit fréquemment inspecter et nettoyer les parois internes des cyclones conformément aux spécifications du fabricant en ce qui concerne la fréquence et les moyens de nettoyage.

## 12.2.2.2 Conditionnement des échantillons

L'aérosol doit être conditionné avant de pénétrer dans le PNC. Le laboratoire d'essai doit s'assurer que le système de conditionnement des échantillons satisfait aux prescriptions ci-après en fonction du paramètre mesuré :

TPN10

Un système de dilution composé d'au moins un dilueur de particules est obligatoire. Un système de dilution tel que le VPR pour la détermination du SPN10, décrit dans le paragraphe ci-après, peut être utilisé. Dans ce cas, tout chauffage actif du tube d'évaporation et des dilueurs doit être désactivé. Les spécifications ci-après s'appliquent au système de dilution utilisé pour le conditionnement de l'aérosol lors de la détermination du TPN10 :

- a) Tous les éléments du système de dilution qui entrent en contact avec l'échantillon doivent être faits de matériaux électriquement conducteurs, être mis à la terre de façon à prévenir les effets électrostatiques et être conçus pour réduire le plus possible les dépôts de particules ;
- b) Le système de dilution doit être capable de diluer l'échantillon en une ou plusieurs étapes pour porter la concentration en nombre de particules sous le seuil à partir duquel le PNC ne peut plus fonctionner en mode de comptage particule par particule. Il doit pouvoir réaliser un facteur de dilution d'au moins 10:1 ;
- c) Il doit être capable de maintenir le facteur de dilution à un niveau constant ( $\pm 5$  % de la valeur de consigne) pendant toute la durée de l'essai de mesure des émissions ;
- d) Il doit être capable de maintenir la température du gaz dilué en dessous de 38 °C ;
- e) Il doit être alimenté en air de dilution passant à travers un filtre à très haute efficacité (THE) appartenant au minimum à la classe H13 définie dans la norme EN 1822:2008, ou un filtre équivalent ;
- f) Il doit également réaliser, pour des particules dont le diamètre de mobilité électrique est de 15 nm, 30 nm et 50 nm, un PCRF qui ne soit pas supérieur, respectivement, de plus de 100 %, de plus de 30 % et de plus de 20 % à celui réalisé pour des particules ayant un diamètre de mobilité électrique de 100 nm, pour l'ensemble du système. Il doit en outre réaliser, pour des particules de 15 nm, 30 nm et 50 nm, un PCRF qui ne soit pas inférieur de plus de 5 % à celui réalisé pour des particules de 100 nm, pour l'ensemble du système. Le PCRF doit être calculé pour différentes tailles de particules selon la méthode décrite au paragraphe 14.5.1 ;
- g) Le système de dilution doit suivre la variation du facteur de dilution en temps réel pour indiquer la moyenne arithmétique du PCRF ( $f_{T-TPN10}$ ) à une fréquence de 1 Hz. La moyenne arithmétique du PCRF doit être calculée selon la méthode décrite au paragraphe 14.5.1 ;
- h) Le système de dilution doit indiquer les concentrations en TPN10 corrigées par le PCRF dans des conditions normales à une fréquence égale ou supérieure à 0,5 Hz ;
- i) Il doit avoir une efficacité de pénétration des particules totales d'au moins 70 % pour des particules d'un diamètre de mobilité électrique de 100 nm ;
- j) Il doit pouvoir fonctionner à des pressions de prélèvement comprises entre 850 et 1 050 mbar, avec des différences de pression relative comprises entre -50 mbar et +50 mbar par rapport à la pression ambiante ;

SPN10

Le VPR doit comprendre au moins un dilueur de particules (PND1) et un tube d'évaporation. Un deuxième dilueur (PND2) peut être installé, à titre facultatif, en série avec le PND1 et le tube d'évaporation. Les spécifications ci-après s'appliquent au VPR pour le conditionnement de l'aérosol lors de la détermination du SPN10 :

- k) Tous les éléments du VPR qui entrent en contact avec l'échantillon doivent être faits de matériaux électriquement conducteurs, être mis à la terre de façon à prévenir les effets électrostatiques et être conçus pour réduire le plus possible les dépôts de particules ;
- l) Le VPR doit être capable de diluer l'échantillon en une ou plusieurs étapes pour porter la concentration en nombre de particules sous le seuil à partir duquel le PNC ne peut plus fonctionner en mode de comptage particule par particule. L'ensemble du système doit pouvoir réaliser un facteur de dilution d'au moins 10:1 ;
- m) Le VPR doit être capable de maintenir la température du gaz en dessous de la température d'entrée maximale autorisée spécifiée par le fabricant du PNC ;
- n) Une étape initiale de dilution chauffée à l'issue de laquelle la température de paroi de l'échantillon est comprise entre 150 °C et 350 °C peut être prévue. La valeur de consigne de la température de paroi ne doit pas dépasser la température de paroi du tube d'évaporation. Le dilueur doit être alimenté par de l'air filtré par un filtre THE appartenant au minimum à la classe H13 telle que définie dans la norme EN 1822:2008, ou un filtre équivalent ;
- o) Le VPR doit comprendre un tube d'évaporation catalytiquement actif dont la température de paroi est supérieure ou égale à celle du PND1. Cette température doit rester à une valeur nominale de fonctionnement fixe de 350 °C ;
- p) Le VPR doit maintenir une température nominale constante, avec une tolérance de  $\pm 10$  °C, lors des étapes du processus réalisées à chaud. Il doit également indiquer si ces étapes se déroulent à la bonne température de fonctionnement ;
- q) Le VPR doit réaliser, pour des particules dont le diamètre de mobilité électrique est de 15 nm, 30 nm et 50 nm, un PCRF qui ne soit pas supérieur, respectivement, de plus de 100 %, de plus de 30 % et de plus de 20 % à celui réalisé pour des particules ayant un diamètre de mobilité électrique de 100 nm, pour l'ensemble du VPR. Il doit en outre réaliser, pour des particules de 15 nm, 30 nm et 50 nm, un PCRF qui ne soit pas inférieur de plus de 5 % à celui réalisé pour des particules de 100 nm, pour l'ensemble du VPR. Le PCRF doit être calculé pour différentes tailles de particules selon la méthode décrite au paragraphe 14.5.1 ;
- r) Le VPR doit suivre la variation du facteur de dilution en temps réel pour indiquer la moyenne arithmétique du PCRF ( $f_{f-SPN10}$ ) à une fréquence de 1 Hz. La moyenne arithmétique du PCRF doit être calculée selon la méthode décrite au paragraphe 14.5.1 ;
- s) Le VPR doit indiquer les concentrations en SPN10 corrigées par le PCRF dans des conditions normales à une fréquence égale ou supérieure à 0,5 Hz ;
- t) Le VPR doit réaliser une vaporisation de plus de 99,9 % de particules de tétracontane ( $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{38}\text{CH}_3$ ) dont le diamètre médian est supérieur à 50 nm et la masse est supérieure à 1 mg/m<sup>3</sup>, par chauffage et réduction des pressions partielles du tétracontane ;

- u) Il doit avoir une efficacité de pénétration des particules solides d'au moins 70 % pour des particules d'un diamètre de mobilité électrique de 100 nm ;
- v) Il doit fonctionner à des pressions de prélèvement comprises entre 850 et 1 050 mbar, avec des différences de pression relative comprises entre -50 mbar et +50 mbar par rapport à la pression ambiante.

#### 12.2.2.3 Conduite de transfert interne de particules

Les conduites permettant de transférer l'aérosol du système de dilution (TPN10) et du VPR (SPN10) vers l'entrée du PNC doivent être conformes aux spécifications suivantes :

- a) Les conduites de transfert internes doivent être conçues de manière à réduire au minimum les pertes survenant lors du transport des particules entre le système de dilution (TPN10) ou le VPR (SPN10) et l'entrée du PNC ;
- b) Les conduites de transfert internes doivent être faites de matériaux électriquement conducteurs qui ne réagissent pas avec les aérosols issus du freinage ;
- c) Les conduites de transfert internes doivent avoir un diamètre intérieur constant ( $d_{ii}$ ) d'au moins 4 mm garantissant un flux laminaire dans toutes les conditions d'utilisation ;
- d) La longueur totale des conduites de transfert internes, de la sortie du système de dilution (TPN10) ou du VPR (SPN10) jusqu'à l'entrée du PNC, ne doit pas dépasser 1 m ;
- e) Le temps de séjour des particules dans les conduites de transfert internes doit être inférieur à 1 s ;
- f) La conduite de transfert interne de particules peut présenter un coude à condition que le rayon de courbure  $r_b$  soit au moins égal à 10 fois son diamètre intérieur ( $10 d_{ii}$ ).

#### 12.2.3 Mesure des particules

##### 12.2.3.1 Compteur de particules

Des compteurs de particules (PNC) doivent être utilisés pour la détermination des concentrations en TPN10 et en SPN10. Le laboratoire d'essai doit garantir que le compteur de particules satisfait aux prescriptions ci-après pour la détermination du TPN10 et du SPN10 :

- a) Le compteur de particules doit fonctionner en flux total ;
- b) Il doit effectuer le comptage avec une exactitude de  $\pm 10$  % dans la plage comprise entre 1 par  $\text{cm}^3$  et le seuil à partir duquel le PNC ne fonctionne plus en mode comptage particule par particule selon une norme spécifiée ;
- c) Sa résolution doit être d'au moins 0,1 particule par  $\text{cm}^3$  à des concentrations inférieures à 100 par  $\text{cm}^3$  ;
- d) Il doit avoir une réponse linéaire aux concentrations de particules sur toute la plage de mesure en mode comptage particule par particule ;
- e) Il doit avoir un temps de réponse  $t_{90}$  de moins de 5 s sur la plage de mesure des concentrations ;
- f) Il doit avoir un facteur d'étalonnage interne obtenu à partir de l'étalonnage de linéarité par rapport à une référence spécifiée, appliqué pour déterminer l'efficacité du comptage du nombre de particules. L'efficacité de comptage et le facteur d'étalonnage doivent être consignés conformément aux spécifications du paragraphe 14.6 ;

- g) Le PNC doit être étalonné avec de la polyalphaoléfine de viscosité 4 cSt (huile Emery), des particules de type suie (par exemple, de la suie produite par une flamme ou des particules de graphite) ou des particules d'argent ;
- h) Le PNC doit avoir une efficacité de comptage de 65 % ( $\pm 15$  %) pour les particules ayant un diamètre de mobilité électrique de 10 nm et de plus de 90 % pour les particules ayant un diamètre de mobilité électrique de 15 nm. Ces efficacités de comptage peuvent être obtenues par des moyens internes (par exemple, une conception appropriée des instruments) ou externes (par exemple, l'utilisation d'un séparateur granulométrique primaire) ;
- i) Si le PNC fonctionne avec un liquide, celui-ci doit être remplacé à la fréquence indiquée par le fabricant de l'instrument.

#### 12.2.3.2 Débit de prélèvement pour la mesure du nombre de particules

Le système de mesure du nombre de particules doit satisfaire aux dispositions ci-après relatives à la régulation et à la mesure du débit de prélèvement (c'est-à-dire le débit au niveau de la sonde de prélèvement pour la mesure du nombre de particules). Ces dispositions s'appliquent au prélèvement destiné à la détermination du TPN10 comme du SPN10 :

- a) L'erreur maximale tolérée de la méthode de mesure du débit du système de prélèvement et de mesure est de  $\pm 5$  % de la valeur indiquée, dans toutes les conditions de fonctionnement ;
- b) Utiliser un débitmètre étalonné pour indiquer le débit d'air dans les conditions de fonctionnement et dans les conditions normales. Pour une conversion adaptée aux conditions de fonctionnement, l'exactitude du capteur de température doit être de  $\pm 1,0$  °C et l'exactitude et la précision des mesures de pression doivent être de  $\pm 1,0$  kPa ;
- c) Le débit de prélèvement normalisé réel ( $NQ_{\text{TPN10}}$  et  $NQ_{\text{SPN10}}$ ) ne doit pas s'écarter de plus de  $\pm 10$  % de la valeur moyenne pour l'essai considéré. Utiliser un dispositif doté d'une fonction de contrôle du débit (orifice à régime critique, détendeur, régulateur à réaction, etc.) pour assurer un débit stable ;
- d) Enregistrer le débit de prélèvement normalisé réel et le consigner à une fréquence de 1 Hz dans le fichier axé sur la durée de l'essai. Consigner les débits de prélèvement normalisés réels moyens comme indiqué au paragraphe 13.4 ;
- e) Faire en sorte que le rapport isocinétique moyen pendant la phase de mesure des émissions d'un frein donné soit compris entre 0,60 et 1,50 ;
- f) Calculer le rapport isocinétique moyen pour le TPN10 et le SPN10 au moyen de l'équation 12.4. Utiliser les valeurs correspondantes pour les diamètres intérieurs isocinétiques des buses servant au prélèvement en vue de la détermination du TPN10 et du SPN10. Utiliser les données relatives au débit normalisé moyen dans le tunnel ( $NQ$ ) et aux débits de prélèvement normalisés moyens ( $NQ_{\text{TPN10}}$  et  $NQ_{\text{SPN10}}$ ) dans le fichier axé sur la durée de l'essai. Consigner les valeurs calculées comme indiqué dans le tableau 13.6 du paragraphe 13.4 ;
- g) Si le débit de prélèvement ou les prescriptions isocinétiques énoncées dans le présent paragraphe ne sont pas respectés, l'essai n'est pas valable ;
- h) Les dispositifs de prélèvement pour la mesure du nombre de particules doivent fonctionner de manière continue pendant la phase de mesure des émissions de freinage, y compris les temps de refroidissement entre les différents trajets du cycle de freinage WLTP, au cours desquels il ne

faut ni interrompre le prélèvement des particules ni contourner la ligne de prélèvement principale. Ces dispositifs de prélèvement doivent fonctionner jusqu'à la fin de la vérification de la concentration ambiante de particules consécutive à l'essai.

#### 12.2.4 Calcul des émissions en nombre de particules

Le laboratoire d'essai doit consigner les émissions en nombre de particules par unité de distance parcourue. Les coefficients d'émission en TPN10 et en SPN10 de référence (ou initiaux) du frein soumis à l'essai ( $EF_{ref}$ ) sont calculés selon les équations 12.11 et 12.12, respectivement.

$$TPN10 EF_{ref} = 10^6 \times (TPN_{10\#} \times NQ) / V \quad (\text{Éq. 12.11})$$

$$SPN10 EF_{ref} = 10^6 \times (SPN_{10\#} \times NQ) / V \quad (\text{Éq. 12.12})$$

Où :

TPN10  $EF_{ref}$  est le TPN10 par unité de distance parcourue pour le frein soumis à l'essai, en nombre de particules par km ;

SPN10  $EF_{ref}$  est le SPN10 par unité de distance parcourue pour le frein soumis à l'essai, en nombre de particules par km ;

$TPN_{10\#}$  est le TPN10 normalisé moyen, corrigé par le PCRf, exprimé en nombre de particules par  $Ncm^3$ , tel que décrit dans le tableau 13.2 ;

$SPN_{10\#}$  est le SPN10 normalisé moyen, corrigé par le PCRf, exprimé en nombre de particules par  $Ncm^3$ , tel que décrit dans le tableau 13.2 ;

$NQ$  est le débit d'air normalisé moyen dans le tunnel de prélèvement,  $Nm^3/h$ , tel que décrit dans le tableau 13.2 ;

$V$  est la vitesse réelle moyenne du cycle de freinage WLTP, en km/h, telle que décrite dans le tableau 13.2.

- Calculer le TPN10 et le SPN10 moyens normalisés, corrigés par le PCRf, à partir des paramètres donnés dans le fichier axé sur la durée de l'essai ;
- Calculer le débit moyen normalisé dans le tunnel ( $NQ$ ) et la vitesse moyenne du cycle de freinage WLTP ( $V$ ) pendant la phase de mesure des émissions, à partir des paramètres indiqués dans le fichier axé sur la durée de l'essai ;
- Calculer les coefficients d'émission en TPN10 et en SPN10 de référence du frein soumis à l'essai ( $EF_{ref}$ ) au moyen des équations 12.11 et 12.12, respectivement. Utiliser ensuite le coefficient correspondant à la part du freinage à friction du tableau 5.1 pour le calcul des coefficients finals d'émission en TPN10 et en SPN10 du frein soumis à l'essai. Appliquer le coefficient qui est associé au type de véhicule dont les paramètres ont été utilisés aux fins des essais réalisés sur le frein. Calculer les valeurs finales des coefficients d'émission en TPN10 et en SPN10 au moyen des équations 12.13 et 12.14, respectivement :

$$TPN10 EF = TPN10 EF_{ref} * c \quad (\text{Éq. 12.13})$$

$$SPN10 EF = SPN10 EF_{ref} * c \quad (\text{Éq. 12.14})$$

- Consigner les coefficients finals d'émission en TPN10 et en SPN10, tels qu'indiqués dans le tableau 13.6 du paragraphe 13.4 ;
- Si le TPN10 ou le SPN10 mesurés sortent de la plage de mesure spécifiée du ou des PNC, l'essai est non valable.

### 12.2.5 Procédure de vérification du système de comptage du nombre de particules

Le laboratoire d'essai doit appliquer les procédures de vérification du système de comptage du nombre de particules ci-après pour s'assurer que l'ensemble du système est pleinement opérationnel :

- a) On vérifie au moyen d'un débitmètre étalonné que la valeur affichée du débit entrant dans le PNC ne s'écarte pas de plus de 5 % du débit nominal de l'instrument. Par « débit nominal », on entend le débit indiqué dans les documents correspondant au dernier étalonnage du PNC. Le laboratoire d'essai doit procéder à cette vérification tous les mois ;
- b) Un contrôle de zéro du PNC, effectué au moyen d'un filtre suffisamment efficace placé à l'entrée, doit donner une concentration inférieure ou égale à 0,2 particule par cm<sup>3</sup>. Ce filtre une fois déposé, le PNC, lorsqu'il mesure de l'air ambiant, doit indiquer une augmentation de la concentration. Lorsqu'on remet le filtre en place, la concentration doit de nouveau être inférieure ou égale à 0,2 particule par cm<sup>3</sup>. Le PNC ne doit pas signaler d'erreur. Le laboratoire d'essai doit effectuer ce contrôle pour chaque essai de mesure des émissions de freinage ;
- c) Le PNC doit indiquer une concentration mesurée inférieure à 0,5 particule par cm<sup>3</sup> (sans correction du PCRF) lorsqu'un filtre THE répondant au minimum à la classe H13, définie dans la norme EN 1822:2008, ou un filtre équivalent, est raccordé à l'entrée du système de conditionnement des échantillons. Le laboratoire d'essai doit procéder à cette vérification avant chaque essai de mesure des émissions de freinage ;
- d) Avant le début de chaque essai de mesure des émissions, le laboratoire d'essai doit confirmer que le système de mesure a indiqué que le système de conditionnement des échantillons avait atteint ses températures correctes de fonctionnement.

### 12.3 Mesure de la perte de masse

La perte de masse du frein soumis à l'essai fournit des informations utiles sur la fiabilité et la bonne exécution de l'ensemble de la procédure d'essai. Elle peut servir à repérer d'éventuels problèmes lors de l'essai de mesure des émissions de freinage. Le laboratoire d'essai doit mesurer les masses initiale et finale du dispositif de freinage, avant et après l'essai. Il doit veiller à ne pas perturber le dispositif de freinage pendant l'essai de mesure des émissions de freinage. Si les mêmes pièces sont utilisées pour les phases de réglage du débit d'air de refroidissement, de rodage et de mesure des émissions, la masse initiale correspond à la masse mesurée avant le début de la phase de réglage du débit d'air de refroidissement. Si un nouveau jeu de pièces est utilisé après le réglage du débit d'air de refroidissement, la masse initiale correspond à la masse mesurée avant le début de la phase de rodage. Dans les deux cas, la masse finale correspond à la masse mesurée après la phase de mesure des émissions. Toutes les mesures doivent être réalisées conformément à la procédure suivante :

- a) Nettoyer les pièces à l'aide d'un aspirateur avant d'effectuer les mesures afin d'éliminer tout risque de contamination ;
- b) Inspecter toutes les pièces du frein pour déceler d'éventuels bavures, fissures, vides ou décollements et les consigner, le cas échéant, puis procéder aux mesures initiales ;
- c) Peser chaque pièce séparément, le thermocouple étant installé et le connecteur de celui-ci retiré (dans le cas des disques et des tambours). Consigner la masse initiale dans le fichier sur les mesures de masse ;

- d) Peser le matériau de friction du frein, y compris les cales antibruit, les ressorts des cales pour plaquette et les autres éléments faisant partie du dispositif. Consigner les masses initiales dans le fichier sur les mesures de masse ;
- e) Utiliser une balance d'une résolution égale ou supérieure à 0,1 g pour les pièces dont la masse totale est inférieure à 20 kg. Utiliser des poids de tarage certifiés pour vérifier la stabilité et le bon fonctionnement de la balance tous les mois. La balance de précision doit satisfaire aux prescriptions relatives à l'étalonnage décrites au paragraphe 14.4. Il est recommandé d'installer la balance dans un local maintenu à une température de  $22 \pm 2$  °C et à  $45 \pm 8$  % d'humidité relative ;
- f) Après la fin de l'essai de mesure des émissions de freinage, s'assurer que les pièces de frein refroidissent jusqu'à atteindre une température égale ou inférieure à 30 °C en les stockant pendant vingt-quatre heures au maximum dans un local où les conditions d'air et d'humidité sont contrôlées ;
- g) Une fois que les freins sont refroidis, nettoyer les pièces pour éliminer toute trace de graisse ou toute contamination avant d'effectuer les dernières mesures de masse ;
- h) Peser le disque ou le tambour et les plaquettes ou les mâchoires. Consigner les masses finales dans le fichier sur les mesures de masse ;
- i) Calculer la perte de masse du disque ou du tambour et des plaquettes ou mâchoires en calculant la différence entre la masse totale finale et la masse totale initiale de chaque pièce. Consigner la perte de masse de chaque pièce dans le fichier sur les mesures de masse en suivant les instructions définies dans le tableau 13.5 ;
- j) Calculer la perte de masse totale du frein soumis à l'essai en additionnant les valeurs des différentes pièces calculées à l'alinéa i) du présent paragraphe. Consigner la perte de masse totale en suivant les instructions définies dans le tableau 13.5 ;
- k) Calculer le coefficient d'émission moyen de la perte de masse en divisant la perte de masse totale calculée à l'alinéa j) du présent paragraphe par la distance totale parcourue au cours de l'essai de mesure des émissions de freinage, toutes phases confondues. La distance totale comprend toutes les exécutions de l'essai de réglage du débit d'air de refroidissement si les mêmes pièces sont utilisées pour la phase de réglage du débit d'air de refroidissement et celle de mesure des émissions de freinage. Consigner le coefficient d'émission de la perte de masse moyenne en suivant les instructions définies dans le tableau 13.5.

### 13. Résultats de l'essai

Dans la présente section sont décrits les quatre principaux résultats d'un essai de mesure des émissions de freinage, résumés ci-après :

- a) Fichier axé sur les manœuvres de l'essai. Une description détaillée de ce fichier et des paramètres à y consigner figure au paragraphe 13.1 ;
- b) Fichier axé sur la durée de l'essai. Une description détaillée de ce fichier et des paramètres à y consigner figure au paragraphe 13.2 ;
- c) Fichier sur les mesures de masse. Une description détaillée de ce fichier et des paramètres à y consigner figure au paragraphe 13.3 ;
- d) Fichier du procès-verbal d'essai. Une description détaillée de ce fichier et des paramètres à y consigner figure au paragraphe 13.4.

### 13.1 Fichier axé sur les manœuvres de l'essai (EBF)

Le laboratoire d'essai doit établir un fichier au format CSV ou ODS axé sur les manœuvres de l'essai de mesure des émissions de freinage. Ce fichier contient des données relatives à chaque décélération de freinage pendant toute la durée de l'essai. Son format est indépendant de la technologie et du logiciel de contrôle. Les données de chaque phase de l'essai de mesure des émissions de freinage doivent être consignées dans un onglet distinct, comme suit :

- a) L'onglet 1, intitulé « Identifiant essai – EBF – Données brutes », doit contenir toutes les données brutes des paramètres d'essai spécifiés dans le présent paragraphe, collectées ou calculées par le dynamomètre de freinage pendant toute la durée de l'essai ;
- b) L'onglet 2, intitulé « Identifiant essai – EBF – Refroidissement », doit contenir les données relatives aux paramètres spécifiés dans le présent paragraphe, obtenues pendant la phase de réglage du refroidissement. Lorsque le trajet n° 10 est effectué plusieurs fois, seules les données correspondant au trajet validé doivent être consignées dans cet onglet ;
- c) Les onglets 3 à 7, intitulés « Identifiant essai – EBF – Rodage 1 à 5 », doivent contenir les données relatives aux paramètres spécifiés dans le présent paragraphe, obtenues pendant la phase de rodage. Chaque onglet doit correspondre à un cycle de freinage WLTP. Les onglets 3 à 7 ne doivent pas inclure les données relatives aux périodes de stabilisation thermique observées entre les cinq cycles de freinage WLTP ;
- d) L'onglet 8, intitulé « Identifiant essai – EBF – Émissions », doit contenir les données relatives aux paramètres spécifiés dans le présent paragraphe, obtenues pendant la phase de mesure des émissions de freinage. Il ne doit pas inclure les données relatives aux périodes de stabilisation thermique observées entre les différents trajets du cycle de freinage WLTP.

Le laboratoire d'essai doit mesurer et/ou calculer en continu et automatiquement les paramètres énumérés au tableau 13.1, où l'on trouvera également des précisions concernant l'unité, le nombre de décimales et la fréquence d'acquisition correspondants. Au sens du présent RTM ONU, la fréquence d'acquisition est la fréquence à laquelle le système d'automatisation mesure et consigne les différents paramètres.

Quelle que soit la fréquence d'acquisition, dans le fichier axé sur les manœuvres de l'essai, les paramètres doivent être consignés pour chaque manœuvre de freinage. La manœuvre de freinage (ou de décélération) est définie par son heure de début et son heure de fin. L'heure de début de la manœuvre de freinage est l'heure à laquelle le point de consigne de décélération est supérieur à zéro. L'heure de fin de la manœuvre de freinage est l'heure à laquelle le point de consigne de décélération est revenu à une valeur nulle ou négative. Certains des paramètres indiqués dans le fichier axé sur les manœuvres de l'essai sont définis par l'heure de début et l'heure de fin de la manœuvre de freinage, qui représentent leurs valeurs instantanées à ces moments (c'est-à-dire l'heure de l'arrêt, la durée de l'arrêt, la vitesse de freinage initiale mesurée, la vitesse de relâchement mesurée, la température initiale du frein, la température finale du frein). On calculera la valeur moyenne des autres paramètres (fondée sur la distance ou le temps) pendant la manœuvre de freinage afin de consigner une valeur unique pour chaque paramètre. Ce calcul doit se faire sur la base de données obtenues à une fréquence d'acquisition de 250 Hz entre 0,5 s après le début de la manœuvre de freinage et 0,5 s avant la fin de ladite manœuvre.

Tableau 13.1

**Paramètres à mesurer et à consigner dans le fichier axé sur les manœuvres de l'essai de mesure des émissions de freinage**

<i>Mesurande</i>	<i>Symbole</i>	<i>Unité</i>	<i>Décimales</i>	<i>Description</i>	<i>Fréquence d'acquisition</i>	<i>Colonne dans le fichier</i>
Phase de l'essai	–	Numéro	s.o.	Code d'identification à trois chiffres « ABC » pour chaque manœuvre de décélération. « A » représente le numéro de série du cycle dans un essai de mesure des émissions de freinage donné (A = 1 pour le réglage du refroidissement, A = 2-6 pour le rodage, A = 7 pour la mesure des émissions). « BC » représente le numéro de série du trajet (B = 01-10). Il ne s'agit pas d'une mesure, mais d'une valeur qui doit être automatiquement consignée pour chaque manœuvre de freinage.	s.o.	A
Numéro de l'arrêt sur le trajet	–	Numéro	s.o.	Numéro de série de la manœuvre de décélération lors du trajet individuel (de 1 à 114). Il ne s'agit pas d'une mesure, mais d'une valeur qui doit être automatiquement consignée pour chaque manœuvre de freinage.	s.o.	B
Numéro de l'arrêt sur le cycle	–	Numéro	s.o.	Numéro de série de la manœuvre de décélération dans le cycle de freinage WLTP (de 1 à 303). Il ne s'agit pas d'une mesure, mais d'une valeur qui doit être automatiquement consignée pour chaque manœuvre de freinage.	s.o.	C
Durée de l'arrêt	$t_{\text{brake}}$	s	1	Durée totale de la manœuvre de décélération. Elle est définie par l'heure de début et l'heure de fin de la manœuvre de décélération.	250 Hz	D
Heure de l'arrêt	–	hh:mm:ss	s.o.	Heure du début de la manœuvre de décélération, enregistrée par le dynamomètre de freinage.	250 Hz	E
Date de l'arrêt	–	aaaa-mm-jj	s.o.	Date du début de la manœuvre de décélération, enregistrée par le dynamomètre de freinage. Elle doit être automatiquement consignée pour chaque manœuvre de freinage.	s.o.	F
Point de consigne de la vitesse de freinage initiale	–	km/h	1	Vitesse linéaire nominale au début de la manœuvre de décélération, telle que définie dans le cycle de freinage WLTP. Il ne s'agit pas d'une mesure, mais d'une valeur qui doit être automatiquement consignée pour chaque manœuvre de freinage.	s.o.	G

<i>Mesurande</i>	<i>Symbole</i>	<i>Unité</i>	<i>Décimales</i>	<i>Description</i>	<i>Fréquence d'acquisition</i>	<i>Colonne dans le fichier</i>
Vitesse de freinage initiale mesurée	–	km/h	1	Vitesse linéaire réelle au début de la manœuvre de décélération, enregistrée par le dynamomètre de freinage.	250 Hz	H
Point de consigne de la vitesse de relâchement	–	km/h	1	Vitesse linéaire nominale à la fin (relâchement) de la manœuvre de décélération, telle que définie dans le cycle de freinage WLTP. Il ne s'agit pas d'une mesure, mais d'une valeur qui doit être automatiquement consignée pour chaque manœuvre de freinage.	s.o.	I
Vitesse de relâchement mesurée	–	km/h	1	Vitesse linéaire réelle à la fin (relâchement) de la manœuvre de décélération, enregistrée par le dynamomètre de freinage.	250 Hz	J
Vitesse de rotation	f	tr/min	1	Vitesse de rotation moyenne du frein dans le temps, enregistrée par le dynamomètre de freinage. La vitesse de rotation, mesurée pendant la manœuvre de freinage à une fréquence de 250 Hz, doit être consignée pour chaque manœuvre de freinage en tant que moyenne dans le temps, calculée à partir des données obtenues entre 0,5 s après le début de la manœuvre de freinage et 0,5 s avant la fin de ladite manœuvre.	250 Hz	K
Point de consigne du taux de décélération	–	m/s <sup>2</sup>	2	Taux de décélération nominal de la manœuvre, tel que défini dans le cycle de freinage WLTP. Il ne s'agit pas d'une mesure, mais d'une valeur qui doit être automatiquement consignée pour chaque manœuvre de freinage.	s.o.	L
Taux de décélération calculé	–	m/s <sup>2</sup>	2	Taux de décélération de la manœuvre de freinage donnée, calculé à partir des paramètres des colonnes D, H et J.	s.o.	M
Couple de freinage – moyenne en fonction de la distance	–	Nm	1	Couple de freinage moyen en fonction de la distance, enregistré par le dynamomètre de freinage. Le couple de freinage, mesuré pendant la manœuvre de freinage à une fréquence de 250 Hz, doit être consigné pour chaque manœuvre de freinage en tant que moyenne en fonction de la distance, calculée à partir des données obtenues entre 0,5 s après le début de la manœuvre de freinage et 0,5 s avant la fin de ladite manœuvre.	250 Hz	N

<i>Mesurande</i>	<i>Symbole</i>	<i>Unité</i>	<i>Décimales</i>	<i>Description</i>	<i>Fréquence d'acquisition</i>	<i>Colonne dans le fichier</i>
Couple de freinage – moyenne dans le temps	$\tau_{\text{brake-avg}}$	Nm	1	Couple de freinage moyen dans le temps, enregistré par le dynamomètre de freinage. Le couple de freinage, mesuré pendant la manœuvre de freinage à une fréquence de 250 Hz, doit être consigné pour chaque manœuvre de freinage en tant que moyenne dans le temps, calculée à partir des données obtenues entre 0,5 s après le début de la manœuvre de freinage et 0,5 s avant la fin de ladite manœuvre.	250 Hz	O
Pression des freins	–	bar	2	Pression moyenne des freins en fonction de la distance, enregistrée par le dynamomètre de freinage. La pression des freins, mesurée pendant la manœuvre de freinage à une fréquence de 250 Hz, doit être consignée pour chaque manœuvre de freinage en tant que moyenne en fonction de la distance, calculée à partir des données obtenues entre 0,5 s après le début de la manœuvre de freinage et 0,5 s avant la fin de ladite manœuvre.	250 Hz	P
Coefficient de frottement	$\mu$	–	3	Coefficient de frottement moyen en fonction de la distance, établi sur la base du couple de freinage, du rayon effectif du frein et de la surface du piston. Le coefficient de frottement, déduit de ces paramètres, doit être consigné pour chaque manœuvre de freinage en tant que moyenne en fonction de la distance, calculée à partir des données obtenues à une fréquence de 250 Hz entre 0,5 s après le début de la manœuvre de freinage et 0,5 s avant la fin de ladite manœuvre.	s.o.	Q
Température initiale du frein	IBT	°C	1	Température du frein au début de la manœuvre de décélération, mesurée conformément au paragraphe 8.3.	250 Hz	R
Température finale du frein	FBT	°C	1	Température du frein à la fin de la manœuvre de décélération, mesurée conformément au paragraphe 8.3.	250 Hz	S
Température maximale du frein	PBT	°C	1	Température maximale du frein lors de la manœuvre de décélération, mesurée conformément au paragraphe 8.3.	250 Hz	T
Travail de frottement spécifique	$W_f$	J/kg	1	Travail de frottement spécifique réel appliqué au frein lors de la manœuvre de décélération considérée, calculé à partir des paramètres des colonnes D, K et O, au moyen de l'équation 10.1.	s.o.	U

### 13.2 Fichier axé sur la durée de l'essai (TBF)

Le laboratoire d'essai doit établir un fichier CSV ou ODS axé sur la durée de l'essai de mesure des émissions de freinage. Ce fichier contient des informations sur certains paramètres mesurés tout au long de l'essai. Les données de chaque phase de l'essai de mesure des émissions de freinage doivent être consignées dans un onglet distinct, comme suit :

- a) L'onglet 1, intitulé « Identifiant essai – TBF – Données brutes », doit contenir toutes les données brutes collectées ou calculées par le dynamomètre de freinage, les instruments de prélèvement et les dispositifs de mesure, comme spécifié dans le présent paragraphe ;
- b) L'onglet 2, intitulé « Identifiant essai – TBF – Concentration ambiante préalable », doit contenir les données relatives aux paramètres spécifiés dans le présent paragraphe, obtenues au cours de la procédure de vérification de la concentration ambiante préalable à l'essai. Le modèle est le même que pour les autres phases de l'essai de mesure des émissions de freinage, mais le laboratoire d'essai est prié de ne consigner que les paramètres nécessaires au calcul des émissions ambiantes, comme indiqué au paragraphe 7.2.2 ;
- c) L'onglet 3, intitulé « Identifiant essai – TBF – Refroidissement », doit contenir les données relatives aux paramètres spécifiés dans le présent paragraphe, obtenues pendant la phase de réglage du refroidissement. Lorsque le trajet n° 10 est effectué plusieurs fois, seules les données correspondant au trajet validé doivent être consignées dans cet onglet ;
- d) Les onglets 4 à 8, intitulés « Identifiant essai – TBF – Rodage 1-5 », doivent contenir les données relatives aux paramètres spécifiés dans le présent paragraphe, obtenues pendant la phase de rodage. Chaque onglet doit correspondre à un cycle de freinage WLTP. Les onglets 3 à 7 ne doivent pas inclure les données relatives aux périodes de stabilisation thermique observées entre les cinq cycles de freinage WLTP ;
- e) L'onglet 9, intitulé « Identifiant essai – TBF – Émissions », doit contenir les données relatives aux paramètres spécifiés dans le présent paragraphe, obtenues pendant la phase de mesure des émissions de freinage. L'onglet 8 ne doit pas inclure les données relatives aux périodes de stabilisation thermique observées entre les différents trajets du cycle de freinage WLTP ;
- f) L'onglet 10, intitulé « Identifiant essai – TBF – Concentration ambiante consécutive », doit contenir les données relatives aux paramètres spécifiés dans le présent paragraphe, consignées au cours de la procédure de vérification de la concentration ambiante consécutive à l'essai. Le modèle est le même que pour les autres phases de l'essai de mesure des émissions de freinage, mais le laboratoire d'essai est prié de ne consigner que les paramètres nécessaires au calcul des émissions ambiantes, comme indiqué au paragraphe 7.2.2.

Le laboratoire d'essai doit mesurer et/ou calculer en continu et automatiquement les paramètres énumérés au tableau 13.2, où l'on trouvera également des précisions concernant l'unité, le nombre de décimales et la fréquence d'acquisition correspondants. Au sens du présent RTM ONU, la fréquence d'acquisition est la fréquence à laquelle le système d'automatisation mesure et consigne les différents paramètres.

Quelle que soit la fréquence d'acquisition, dans le fichier axé sur la durée de l'essai, les paramètres doivent être consignés pour une fréquence de 1 Hz. Par conséquent, on détermine la moyenne des valeurs collectées, que l'on ramène à une fréquence de 1 Hz. Le tableau 13.2 présente une brève description de chaque paramètre et le symbole correspondant utilisé dans l'ensemble du texte.

Tableau 13.2

**Paramètres à mesurer et à consigner dans le fichier axé sur la durée de l'essai de mesure des émissions de freinage**

<i>Mesurande</i>	<i>Symbole</i>	<i>Unité</i>	<i>Décimales</i>	<i>Description</i>	<i>Fréquence d'acquisition</i>	<i>Colonne dans le fichier</i>
Heure système	–	s	0	Heure de l'essai de mesure des émissions de freinage dans le système.	10 Hz	A
Vitesse linéaire nominale	V <sub>set</sub>	km/h	1	Vitesse linéaire nominale au moment considéré, telle que définie dans le cycle de freinage WLTP. Il ne s'agit pas d'une mesure, mais d'une valeur qui doit être consignée pour une fréquence de 1 Hz.	s.o.	B
Vitesse linéaire réelle	V	km/h	1	Vitesse linéaire réelle enregistrée par le dynamomètre de freinage au moment considéré.	10 Hz	C
Distance parcourue	d	km	1	Distance totale parcourue pendant le cycle jusqu'au moment considéré.	10 Hz	D
Taux de décélération	α	m/s <sup>2</sup>	2	Taux de décélération enregistré par le dynamomètre de freinage au moment considéré.	10 Hz	E
Couple de freinage	τ <sub>brake</sub>	N·m	1	Couple de freinage enregistré par le dynamomètre de freinage au moment considéré.	10 Hz	F
Pression des freins	P <sub>brake</sub>	bar	2	Pression de freinage enregistrée par le dynamomètre de freinage au moment considéré.	10 Hz	G
Coefficient de frottement	μ	–	3	Coefficient de frottement instantané calculé au moment considéré.	10 Hz	H
Température du frein	T <sub>brake</sub>	°C	1	Température du frein au moment considéré.	10 Hz	I
Débit d'air de refroidissement de consigne	Q <sub>set</sub>	m <sup>3</sup> /h	1	Débit d'air de refroidissement de consigne (nominal) pour l'essai de mesure des émissions de freinage. Il ne s'agit pas d'une mesure, mais d'une valeur qui doit être consignée pour une fréquence de 1 Hz.	s.o.	J
Débit d'air de refroidissement réel	Q	m <sup>3</sup> /h	1	Débit d'air de refroidissement mesuré au moment considéré.	10 Hz	K
Débit d'air de refroidissement réel normalisé	NQ	Nm <sup>3</sup> /h	1	Débit d'air de refroidissement dans des conditions normales au moment considéré.	10 Hz	L
Vitesse de l'air de refroidissement réelle	U	km/h	1	Vitesse de l'air de refroidissement au moment considéré (mesurée ou calculée).	10 Hz	M
Température de l'air de refroidissement	T	°C	1	Température de l'air de refroidissement au moment considéré.	10 Hz	N

<i>Mesurande</i>	<i>Symbole</i>	<i>Unité</i>	<i>Décimales</i>	<i>Description</i>	<i>Fréquence d'acquisition</i>	<i>Colonne dans le fichier</i>
Humidité relative de l'air de refroidissement	RH	%	1	Humidité relative de l'air de refroidissement au moment considéré.	10 Hz	O
Humidité absolue de l'air de refroidissement	AH	mg/g	1	Humidité absolue de l'air de refroidissement au moment considéré.	10 Hz	P
Pression de l'air de refroidissement	P	kPa	1	Pression de l'air de refroidissement au moment considéré.	10 Hz	Q
Débit de prélèvement d'échantillons de PM <sub>2,5</sub> de consigne	Q <sub>PM2,5-set</sub>	l/min	2	Débit de consigne (nominal) de prélèvement d'échantillons de PM <sub>2,5</sub> pour l'essai de mesure des émissions de freinage. Il ne s'agit pas d'une mesure, mais d'une valeur qui doit être consignée pour une fréquence de 1 Hz.	s.o.	R
Débit de prélèvement d'échantillons de PM <sub>2,5</sub> réel	Q <sub>PM2,5</sub>	l/min	2	Débit de prélèvement d'échantillons de PM <sub>2,5</sub> , mesuré au moment considéré.	10 Hz	S
Débit de prélèvement d'échantillons de PM <sub>2,5</sub> réel normalisé	NQ <sub>PM2,5</sub>	NI/min	2	Débit de prélèvement d'échantillons de PM <sub>2,5</sub> dans des conditions normales au moment considéré.	10 Hz	T
Débit de prélèvement d'échantillons de PM <sub>10</sub> de consigne	Q <sub>PM10-set</sub>	l/min	2	Débit de consigne (nominal) de prélèvement d'échantillons de PM <sub>10</sub> pour l'essai de mesure des émissions de freinage. Il ne s'agit pas d'une mesure, mais d'une valeur qui doit être consignée pour une fréquence de 1 Hz.	s.o.	U
Débit de prélèvement d'échantillons de PM <sub>10</sub> réel	Q <sub>PM10</sub>	l/min	2	Débit de prélèvement d'échantillons de PM <sub>10</sub> mesuré au moment considéré.	10 Hz	V
Débit de prélèvement d'échantillons de PM <sub>10</sub> réel normalisé	NQ <sub>PM10</sub>	NI/min	2	Débit de prélèvement d'échantillons de PM <sub>10</sub> dans des conditions normales au moment considéré.	10 Hz	W
Débit de prélèvement réel normalisé pour la mesure du TPN10	NQ <sub>TPN10</sub>	NI/min	2	Débit de prélèvement pour la mesure du TPN10, mesuré au moment considéré et consigné pour des conditions normales. Le laboratoire d'essai doit préciser si la fréquence d'acquisition réelle est différente de celle nominale.	10 Hz	X

<i>Mesurande</i>	<i>Symbole</i>	<i>Unité</i>	<i>Décimales</i>	<i>Description</i>	<i>Fréquence d'acquisition</i>	<i>Colonne dans le fichier</i>
PCRf moyen pour la mesure du TPN10	$f_{r-TPN10}$	–	1	Facteur moyen arithmétique de réduction de la concentration de particules pour la mesure du TPN10.	10 Hz	Y
Concentration en TPN10 normalisée, corrigée par le PCRf	$TPN_{10\#}$	$\#/Ncm^3$	1	Concentration en TPN10 mesurée par le PNC dans des conditions normales et corrigée par le PCRf au moment considéré.	10 Hz	Z
Débit de prélèvement réel normalisé pour la mesure du SPN10	$NQ_{SPN10}$	NI/min	2	Débit de prélèvement pour la mesure du SPN10, mesuré au moment considéré et consigné pour des conditions normales. Le laboratoire d'essai doit préciser si la fréquence d'acquisition réelle est différente de celle nominale.	10 Hz	AA
PCRf moyen pour la mesure du SPN10	$f_{r-SPN10}$	–	1	Facteur moyen arithmétique de réduction de la concentration de particules pour la mesure du SPN10.	10 Hz	AB
Concentration en SPN10 normalisée, corrigée par le PCRf	$SPN_{10\#}$	$\#/Ncm^3$	1	Concentration en SPN10 mesurée par le PNC dans des conditions normales et corrigée par le PCRf au moment considéré.	10 Hz	AC

### 13.3 Fichier sur les mesures de masse

Le laboratoire d'essai doit établir un fichier CSV ou ODS sur les mesures de masse pour toute la durée de l'essai. Ce fichier doit contenir des informations sur le pesage des filtres, comme indiqué au paragraphe 12.1, et des pièces du frein, comme indiqué au paragraphe 12.3. Les données relatives à la masse de matières particulaires doivent être consignées dans un seul onglet, comme indiqué dans le tableau 13.3. Les informations relatives aux filtres de référence doivent figurer dans un autre onglet, comme indiqué dans le tableau 13.4. Enfin, les informations relatives à la perte de masse des pièces du frein doivent être consignées dans un onglet distinct, comme spécifié dans le tableau 13.5.

#### 13.3.1 Données de mesure des émissions de matières particulaires

Le laboratoire d'essai doit calculer et consigner les paramètres relatifs à la mesure de la masse des matières particulaires énumérés dans le tableau 13.3, où l'on trouvera également des précisions concernant l'unité et le nombre de décimales ainsi qu'une brève description de chaque paramètre. Les données relatives au pesage des matières particulaires doivent être consignées dans l'onglet intitulé « Identifiant essai – PMMF – Masse matières particulaires » du fichier sur les mesures de masse.

Tableau 13.3

**Paramètres relatifs à la procédure de mesure de la masse des matières particulaires à consigner dans le fichier sur les mesures de masse d'un essai de mesure des émissions de freinage**

Mesurande	Unité	Décimales	Description	Colonne dans le fichier
Identifiant de l'essai	#	s.o.	Code unique permettant au laboratoire d'essai d'identifier le frein soumis à l'essai. Ce code doit être identique à celui du tableau 13.6.	A
Matériau filtrant	#	s.o.	Paramètre permettant d'indiquer le type de filtre utilisé pour le prélèvement de matières particulaires, tel que décrit au paragraphe 12.1.3.2.	B
PM <sub>2,5</sub>	#	s.o.	Paramètre permettant d'indiquer si les données d'entrée se rapportent au prélèvement et à la mesure des PM <sub>2,5</sub> .	C
PM <sub>10</sub>	#	s.o.	Paramètre permettant d'indiquer si les données d'entrée se rapportent au prélèvement et à la mesure des PM <sub>10</sub> .	D
Date du pesage	aaaa-mm-jj	s.o.	Date de pesage du filtre non chargé.	E
Heure du pesage	hh:mm	s.o.	Heure de pesage du filtre non chargé.	F
Temps de stabilisation avant le pesage	hh:mm	s.o.	Temps de stabilisation du filtre non chargé avant son pesage et son utilisation pour le prélèvement, tel que décrit au paragraphe 12.1.4.	G
Temps écoulé entre le pesage et le début de l'essai	hh:mm	s.o.	Temps écoulé entre le pesage du filtre non chargé et le début de l'essai de mesure des émissions, tel que décrit au paragraphe 12.1.4.	H
Filtre non chargé – Pesée 1	mg	3	Masse du filtre non chargé mesuré lors du premier pesage, tel que décrit au paragraphe 12.1.4.	I
Filtre non chargé – Pesée 2	mg	3	Masse du filtre non chargé mesuré lors du deuxième pesage, tel que décrit au paragraphe 12.1.4.	J
Filtre non chargé – Pesée 3 (s'il y a lieu)	mg	3	Masse du filtre non chargé mesuré lors du troisième pesage, tel que décrit au paragraphe 12.1.4 – Cette mesure n'est nécessaire que si l'écart entre les deux premières mesures est supérieur à 30 µg.	K
Filtre non chargé – Pesée 4 (s'il y a lieu)	mg	3	Masse du filtre non chargé mesuré lors du quatrième pesage, tel que décrit au paragraphe 12.1.4 – Cette mesure n'est nécessaire que si l'écart entre les deux premières mesures est supérieur à 30 µg.	L
Valeur moyenne	mg	3	Masse moyenne du filtre non chargé tel que spécifié au paragraphe 12.1.4 ( $P_{e(Uncorrected)}$ ).	M
Valeur moyenne corrigée	mg	3	Masse moyenne du filtre non chargé corrigée pour la flottabilité, telle que décrite au paragraphe 12.1.4 ( $P_{e(Corrected)}$ ).	N
Température de l'air ambiant	°C	1	Température de la chambre de pesage – Indiquer la température moyenne de la chambre au cours de la dernière heure précédant la procédure de pesage.	O
Humidité relative de l'air ambiant	%	1	Humidité relative de la chambre de pesage – Indiquer l'humidité relative moyenne de la chambre au cours de la dernière heure précédant la procédure de pesage.	P

<i>Mesurande</i>	<i>Unité</i>	<i>Décimales</i>	<i>Description</i>	<i>Colonne dans le fichier</i>
Date du pesage	aaaa-mm-jj	s.o.	Date de pesage du filtre chargé.	Q
Heure du pesage	hh:mm	s.o.	Heure de pesage du filtre chargé.	R
Temps de stabilisation avant le pesage	hh:mm	s.o.	Temps de stabilisation du filtre chargé après le prélèvement et avant le pesage du filtre, tel que décrit au paragraphe 12.1.4.	S
Temps écoulé entre la fin de l'essai et le pesage	hh:mm	s.o.	Temps écoulé entre la fin des essais de mesure des émissions et le pesage du filtre chargé, tel que décrit au paragraphe 12.1.4.	T
Filtre chargé – Pesée 1	mg	3	Masse du filtre chargé mesuré lors du premier pesage, tel que décrit au paragraphe 12.1.4.	U
Filtre chargé – Pesée 2	mg	3	Masse du filtre chargé mesuré lors du deuxième pesage, tel que décrit au paragraphe 12.1.4	V
Filtre chargé – Pesée 3 (s'il y a lieu)	mg	3	Masse du filtre chargé mesuré lors du troisième pesage, tel que décrit au paragraphe 12.1.4 – Cette mesure n'est nécessaire que si l'écart entre les deux premières mesures est supérieur à 30 µg.	W
Filtre chargé – Pesée 4 (s'il y a lieu)	mg	3	Masse du filtre chargé mesuré lors du quatrième pesage, tel que décrit au paragraphe 12.1.4 – Cette mesure n'est nécessaire que si l'écart entre les deux premières mesures est supérieur à 30 µg.	X
Valeur moyenne	mg	3	Masse moyenne du filtre chargé, telle que spécifiée au paragraphe 12.1.4 ( $Pe_{(Uncorrected)}$ ).	Y
Valeur moyenne corrigée	mg	3	Masse moyenne du filtre chargé corrigée pour la flottabilité, telle que décrite au paragraphe 12.1.4 ( $Pe_{(Corrected)}$ ).	Z
Température de l'air ambiant	°C	1	Température de la chambre de pesage – Indiquer la température moyenne de la chambre au cours de la dernière heure précédant la procédure de pesage.	AA
Humidité relative de l'air ambiant	%	1	Humidité relative de la chambre de pesage – Indiquer l'humidité relative moyenne de la chambre au cours de la dernière heure précédant la procédure de pesage.	AB
Charge du filtre	mg	3	$Pe_{(2,5)}$ et $Pe_{(10)}$ : différence entre la valeur moyenne corrigée du filtre chargé et celle du filtre non chargé – Soustraire la valeur de la colonne M de celle de la colonne X.	AC

### 13.3.2 Données relatives aux filtres de référence

Le laboratoire d'essai doit consigner les paramètres relatifs aux filtres de référence utilisés pour la mesure de la masse des matières particulaires émises par un frein donné. On trouvera dans le tableau 13.4 des précisions concernant chaque paramètre ainsi que l'unité et le nombre de décimales correspondants. Les données relatives aux filtres de référence doivent être consignées dans l'onglet intitulé « Identifiant essai – PMMF – Référence » du fichier sur les mesures de masse.

Tableau 13.4

**Paramètres relatifs aux filtres de référence utilisés pour la mesure de la masse des matières particulaires à consigner dans le fichier sur les mesures de masse d'un essai de mesure des émissions de freinage**

<i>Mesurande</i>	<i>Unité</i>	<i>Décimales</i>	<i>Description</i>	<i>Colonne dans le fichier</i>
Identifiant de l'essai	#	s.o.	Code unique permettant au laboratoire d'essai d'identifier le frein soumis à l'essai. Ce code doit être identique à celui du tableau 13.6.	A
Matériau filtrant	#	s.o.	Type de filtre utilisé comme référence, tel que décrit au paragraphe 12.1.4 – Ce type doit être le même que celui utilisé dans le cadre de l'essai de mesure des émissions.	B
Date du pesage initial	aaaa-mm-jj	s.o.	Date du pesage initial du filtre de référence.	C
Heure du pesage initial	hh:mm	s.o.	Heure du pesage initial du filtre de référence.	D
Masse initiale	mg	3	Masse du filtre de référence mesuré au début, telle que définie au paragraphe 12.1.4.	E
Température de l'air ambiant	°C	1	Température de la chambre de pesage – Température moyenne de la chambre au cours de la dernière heure précédant la procédure de pesage.	F
Humidité relative de l'air ambiant	%	1	Humidité relative moyenne de la chambre de pesage au cours de la dernière heure précédant la procédure de pesage.	G
Date du pesage final	aaaa-mm-jj	s.o.	Date du pesage final du filtre de référence.	H
Heure du pesage final	hh:mm	s.o.	Heure du pesage final du filtre de référence.	I
Masse finale	mg	3	Masse du filtre de référence mesuré à la fin, telle que définie au paragraphe 12.1.4.	J
Température de l'air ambiant	°C	1	Température de la chambre de pesage – Température moyenne de la chambre de pesage au cours de la dernière heure précédant la procédure de pesage.	K
Humidité relative de l'air ambiant	%	1	Humidité relative de la chambre de pesage – Humidité relative moyenne de la chambre de pesage au cours de la dernière heure précédant la procédure de pesage.	L
Différence de masse	mg	3	Différence entre les valeurs de la masse du filtre de référence mesurées au début et à la fin de l'essai – Soustraire la valeur de la colonne E de celle de la colonne L.	M

### 13.3.3. Données de mesure de la perte de masse

Le laboratoire d'essai doit consigner les paramètres relatifs à la perte de masse totale du frein soumis à l'essai dans un onglet distinct, comme spécifié au paragraphe 12.3. On trouvera dans le tableau 13.5 des précisions concernant chaque paramètre ainsi que l'unité et le nombre de décimales correspondants. Les données relatives à la mesure de la perte de masse doivent être consignées dans l'onglet intitulé « Identifiant essai – PMMF – Perte masse » du fichier sur les mesures de masse.

Tableau 13.5

**Paramètres relatifs à la perte de masse totale du frein à consigner dans le fichier sur les mesures de masse d'un essai de mesure des émissions de freinage**

<i>Mesurande</i>	<i>Unité</i>	<i>Décimales</i>	<i>Description</i>	<i>Colonne dans le fichier</i>
Identifiant de l'essai	#	s.o.	Code unique permettant au laboratoire d'essai d'identifier le frein soumis à l'essai. Ce code doit être identique à celui du tableau 13.6.	A
Frein à disque	#	s.o.	Paramètre permettant d'indiquer si le dispositif de freinage soumis à l'essai se compose d'un disque et d'une paire de plaquettes.	B
Frein à tambour	#	s.o.	Paramètre permettant d'indiquer si le dispositif de freinage soumis à l'essai se compose d'un tambour et d'une paire de mâchoires.	C
Masse initiale de la plaquette intérieure ou de la mâchoire primaire	g	3	Masse de la plaquette intérieure ou de la mâchoire primaire avant le début de l'essai de mesure des émissions de freinage – La mâchoire primaire est la première mâchoire après le cylindre de roue dans le sens de la rotation de la roue.	D
Masse initiale de la plaquette extérieure ou de la mâchoire secondaire	g	3	Masse de la plaquette extérieure ou de la mâchoire secondaire avant le début de la procédure d'essai – La mâchoire secondaire est la mâchoire située derrière le cylindre de roue dans le sens de la rotation de la roue.	E
Masse initiale du disque ou du tambour	g	3	Masse du disque ou du tambour avant le début de la procédure d'essai complète.	F
Masse finale de la plaquette intérieure ou de la mâchoire primaire	g	3	Masse de la plaquette intérieure ou de la mâchoire primaire après la fin de la procédure d'essai complète.	G
Masse finale de la plaquette extérieure ou de la mâchoire secondaire	g	3	Masse de la plaquette extérieure ou de la mâchoire secondaire après la fin de la procédure d'essai complète.	H
Masse finale du disque ou du tambour	g	3	Masse du disque ou du tambour après la fin de la procédure d'essai complète.	I
Perte de masse de la plaquette intérieure ou de la mâchoire primaire	mg	3	Différence entre les valeurs de la masse de la plaquette intérieure ou de la mâchoire primaire mesurées au début et à la fin de la procédure d'essai complète – Soustraire la valeur de la colonne D de celle de la colonne G.	J
Perte de masse de la plaquette extérieure ou de la mâchoire secondaire	mg	3	Différence entre les valeurs de la masse de la plaquette extérieure ou de la mâchoire secondaire mesurées au début et à la fin de la procédure d'essai complète – Soustraire la valeur de la colonne E de celle de la colonne H.	K

<i>Mesurande</i>	<i>Unité</i>	<i>Décimales</i>	<i>Description</i>	<i>Colonne dans le fichier</i>
Perte de masse du disque ou du tambour	mg	3	Différence entre les valeurs de la masse du disque ou du tambour mesurées au début et à la fin de la procédure d'essai complète – Soustraire la valeur de la colonne F de celle de la colonne I.	L
Perte de masse totale	mg	3	Perte de masse totale du dispositif de freinage au cours de la procédure d'essai complète – Additionner les valeurs des colonnes J, K et L.	M
Distance totale	km	1	Distance totale parcourue durant toutes les phases de l'essai de mesure des émissions de freinage, y compris les éventuelles répétitions du trajet n° 10 lors de la phase de réglage du refroidissement.	N
Valeur moyenne de la perte de masse	mg/km	1	Perte de masse moyenne du dispositif de freinage au cours de la procédure d'essai complète – Diviser la valeur de la colonne M par celle de la colonne N.	O

### 13.4 Fichier du procès-verbal d'essai

Le laboratoire d'essai doit créer un ensemble de données unique, complet et traçable qui servira de fichier d'entrée aux fins de l'établissement du procès-verbal d'essai pour le frein soumis à l'essai. Le tableau 13.6 répertorie toutes les informations devant figurer dans le procès-verbal d'essai. Ces informations doivent correspondre au frein considéré. Le laboratoire d'essai doit soumettre le procès-verbal d'essai au format PDF ou sous un format équivalent.

Tableau 13.6

#### Paramètres d'essai à consigner à la suite d'un essai de mesure des émissions de freinage

<i>Numéro</i>	<i>Paragraphe</i>	<i>Paramètres d'entrée</i>	<i>Brève description</i>	<i>Unité</i>
1	8.1.1	Identifiant de l'essai de mesure des émissions de freinage	Code unique attribué par le laboratoire à l'essai de mesure des émissions du frein considéré – cette valeur est utilisée dans tous les fichiers de sortie.	–
2	8.1.1	Marque et modèle du véhicule	Indiquer la marque et le modèle du véhicule sur lequel le frein soumis à l'essai est monté.	–
3	3.7	Type de véhicule	Indiquer le type de véhicule sur lequel le frein soumis à l'essai est monté.	–
4	5.2	Coefficient correspondant à la part du freinage à friction	Indiquer le coefficient correspondant à la part du freinage à friction du véhicule sur lequel le frein soumis à l'essai est monté.	–
5	8.1.1	Essieu (avant ou arrière)	Indiquer la position, dans le véhicule, de l'essieu sur lequel le frein soumis à l'essai est monté (avant, FA, ou arrière, RA).	–
6	8.1.1	Orientation du frein (position de montage sur le véhicule)	Indiquer l'emplacement du frein soumis à l'essai sur le véhicule (à droite ou à gauche (RHC ou LHC)).	–
7	8.1.1	Masse d'essai du véhicule	Indiquer la masse du véhicule simulée sur le dynamomètre de freinage pendant toutes les phases de l'essai de mesure des émissions de freinage ( $M_{veh}$ ). Dans le cas d'un freinage sans friction, indiquer la masse $M_{veh}$ du véhicule de base de la famille d'émissions de freinage telle qu'elle a été appliquée pendant l'essai de mesure des émissions de freinage.	kg

Numéro	Paragraphe	Paramètres d'entrée	Brève description	Unité
8	8.1.1	Répartition de la force de freinage	Indiquer le rapport entre la force de freinage de l'essieu sur lequel le frein soumis à l'essai est monté et la force de freinage totale sur le véhicule (FAF ou RAF). Dans le cas d'un freinage sans friction, indiquer la répartition de la force de freinage du véhicule de base de la famille d'émissions de freinage telle qu'appliquée pendant l'essai de mesure des émissions de freinage.	%
9	8.4.1	Modèle de support	Indiquer le modèle de support du dispositif de freinage (L0-U ou L0-P).	–
10	8.1.1	Numéro de référence du disque ou du tambour	Indiquer le code apposé par le fabricant du frein sur le disque ou le tambour.	#
11	8.1.1	Numéro de référence du matériau de friction	Indiquer le code apposé par le fabricant du matériau de friction sur les plaquettes ou mâchoires de frein.	#
12	8.1.1	Charge nominale de la roue	Calculer la charge nominale de la roue au niveau du frein soumis à l'essai ( $WL_{n-f}$ ou $WL_{n-r}$ ) au moyen de l'équation 8.1 et consigner le résultat. Dans le cas d'un freinage sans friction, utiliser les paramètres du véhicule de base de la famille d'émissions de freinage pour calculer la charge nominale de la roue et consigner le résultat.	kg
13	8.1.1	Charge d'essai de la roue (ou charge appliquée à la roue)	Calculer la charge d'essai de la roue appliquée sur le dynamomètre de freinage ( $WL_{t-f}$ ou $WL_{t-r}$ ) au moyen de l'équation 8.2 et consigner le résultat. Dans le cas d'un freinage sans friction, utiliser les paramètres du véhicule de base de la famille d'émissions de freinage pour calculer la charge d'essai de la roue et consigner le résultat.	kg
14	8.1.1	Rayon de roulement dynamique du pneumatique	Indiquer le rayon de roulement dynamique du pneumatique par rapport au frein soumis à l'essai ( $r_R$ ).	mm
15	8.1.1	Rayon effectif du frein	Indiquer le rayon effectif du frein soumis à l'essai ( $r_{eff}$ ).	mm
16	8.1.1	Inertie nominale du frein	Calculer le moment d'inertie nominal du frein soumis à l'essai ( $I_n$ ) au moyen de l'équation 8.3 et consigner le résultat. Dans le cas d'un freinage sans friction, utiliser les paramètres du véhicule de base de la famille d'émissions de freinage pour calculer le moment d'inertie nominal et consigner le résultat.	kg·m <sup>2</sup>
17	8.1.1	Inertie d'essai du frein (ou inertie appliquée au frein)	Calculer le moment d'inertie appliqué au dynamomètre de freinage pendant l'essai ( $I_t$ ) au moyen de l'équation 8.4 et consigner le résultat. Dans le cas d'un freinage sans friction, utiliser les paramètres du véhicule de base de la famille d'émissions de freinage pour calculer le moment d'inertie appliqué au dynamomètre de freinage pendant l'essai et consigner le résultat.	kg·m <sup>2</sup>
18	8.1.1	Diamètre extérieur du disque ou tambour	Indiquer le diamètre extérieur du disque ou tambour du frein soumis à l'essai.	mm

<i>Numéro</i>	<i>Paragraphe</i>	<i>Paramètres d'entrée</i>	<i>Brève description</i>	<i>Unité</i>
<b>19</b>	8.1.1	Masse du disque	Indiquer la masse réelle du disque non utilisé pour affecter le frein à un groupe fondé sur le rapport entre la charge nominale de la roue avant et la masse du disque.	kg
<b>20</b>	8.1.1	Nombre de pistons par côté	Indiquer le nombre de pistons sur un côté de l'étrier de frein.	Nombre
<b>21</b>	8.1.1	Diamètre moyen (ou hydraulique) du piston	Indiquer le diamètre du piston du frein soumis à l'essai, obtenu au moyen de l'équation 8.5.	mm
<b>22</b>	8.1.1	Efficacité de l'étrier de frein ou du tambour de frein (le cas échéant)	Indiquer l'efficacité permettant de tenir compte des pertes par frottement, de la course du piston, etc. si elle est spécifiée par le fabricant du frein.	%
<b>23</b>	8.1.1	Pression-seuil	Indiquer la pression minimale permettant de surmonter la résistance interne avant l'obtention du couple de freinage.	kPa
<b>24</b>	8.1.1	Limite de voile ou d'excentricité de la piste	Indiquer le déplacement maximal autorisé pour le frein soumis à l'essai dans une direction normale par rapport à la surface de frottement lorsque le frein est installé sur le support de frein.	µm
<b>25</b>	7.2	Débit minimal de fonctionnement du système	Indiquer le débit d'air de refroidissement minimal que la configuration du laboratoire d'essai peut permettre d'atteindre tout en satisfaisant à toutes les prescriptions pertinentes en matière de conditionnement et de mesure de l'air de refroidissement définies dans le présent RTM ONU.	m <sup>3</sup> /h
<b>26</b>	7.2	Débit maximal de fonctionnement du système	Indiquer le débit d'air de refroidissement maximal que la configuration du laboratoire d'essai peut permettre d'atteindre tout en satisfaisant à toutes les prescriptions pertinentes en matière de conditionnement et de mesure de l'air de refroidissement définies dans le présent RTM ONU.	m <sup>3</sup> /h
<b>27</b>	7.2.1.1	Température moyenne de l'air de refroidissement pendant la phase de réglage du refroidissement	Calculer et consigner la température moyenne de l'air de refroidissement mesurée pendant l'exécution validée de la phase de réglage du refroidissement. Utiliser le paramètre « Température de l'air de refroidissement » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai pour calculer la moyenne sur le trajet n° 10.	°C
<b>28</b>	7.2.1.1	Température moyenne de l'air de refroidissement pendant la phase de rodage	Calculer et consigner la température moyenne de l'air de refroidissement mesurée lors de la phase de rodage. Consigner séparément la température moyenne de l'air de refroidissement pour chacun des cinq cycles de freinage WLTP. Utiliser le paramètre « Température de l'air de refroidissement » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai pour calculer les moyennes sur les cinq cycles de freinage WLTP.	°C
<b>29</b>	7.2.1.1	Température moyenne de l'air de refroidissement pendant la phase de mesure des émissions	Calculer et consigner la température moyenne de l'air de refroidissement mesurée lors de la phase de mesure des émissions. Utiliser le paramètre « Température de l'air de refroidissement » (fréquence : 1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai pour calculer la moyenne sur le cycle de freinage WLTP.	°C

<i>Numéro</i>	<i>Paragraphe</i>	<i>Paramètres d'entrée</i>	<i>Brève description</i>	<i>Unité</i>
30	7.2.1.1	Température moyenne de l'air de refroidissement – Conformité globale	Vérifier que toutes les parties de l'essai sont conformes aux spécifications relatives à la température moyenne de l'air de refroidissement définies dans le présent RTM ONU.	Oui/Non
31	7.2.1.1	Écarts de température instantanée de l'air pendant la phase de réglage du refroidissement	Calculer et consigner le pourcentage de relevés de la température instantanée de l'air de refroidissement (1 Hz) dont la valeur est inférieure à 18 °C ou supérieure à 28 °C pendant l'exécution validée de la phase de réglage du refroidissement. Utiliser le paramètre « Température de l'air de refroidissement » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai pour calculer le nombre de ces relevés et leur pourcentage lors du trajet n° 10.	%
32	7.2.1.1	Écarts de température instantanée de l'air pendant la phase de rodage	Calculer et consigner le pourcentage des relevés de la température instantanée de l'air de refroidissement (1 Hz) dont la valeur est inférieure à 18 °C ou supérieure à 28 °C pendant la phase de rodage. Consigner séparément le pourcentage pour chacun des cinq cycles de freinage WLTP. Utiliser le paramètre « Température de l'air de refroidissement » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai pour calculer le nombre de ces relevés et leur pourcentage pendant les cinq cycles de freinage WLTP.	%
33	7.2.1.1	Écarts de température instantanée de l'air pendant la phase de mesure des émissions de freinage	Calculer et consigner le pourcentage des relevés de la température instantanée de l'air de refroidissement (1 Hz) dont la valeur est inférieure à 18 °C ou supérieure à 28 °C pendant la phase de mesure des émissions. Utiliser le paramètre « Température de l'air de refroidissement » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai pour calculer le nombre de ces relevés et leur pourcentage pendant le cycle de freinage WLTP.	%
34	7.2.1.1	Température instantanée de l'air de refroidissement – Conformité globale	Vérifier que toutes les parties de l'essai sont conformes aux spécifications relatives à la température instantanée de l'air de refroidissement définies dans le présent RTM ONU.	Oui/Non
35	7.2.1.2	Humidité relative moyenne de l'air de refroidissement pendant la phase de réglage du refroidissement	Calculer et consigner l'humidité relative moyenne de l'air de refroidissement mesurée pendant l'exécution validée de la phase de réglage du refroidissement. Utiliser le paramètre « Humidité relative de l'air de refroidissement » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai pour calculer la moyenne sur le trajet n° 10.	%
36	7.2.1.2	Humidité relative moyenne de l'air de refroidissement pendant la phase de rodage	Calculer et consigner l'humidité relative moyenne de l'air de refroidissement mesurée pendant la phase de rodage. Consigner séparément l'humidité relative moyenne de l'air de refroidissement pour chacun des cinq cycles de freinage WLTP. Utiliser le paramètre « Humidité relative de l'air de refroidissement » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai pour calculer les moyennes sur les cinq cycles de freinage WLTP.	%

<i>Numéro</i>	<i>Paragraphe</i>	<i>Paramètres d'entrée</i>	<i>Brève description</i>	<i>Unité</i>
37	7.2.1.2	Humidité relative moyenne de l'air de refroidissement pendant la phase de mesure des émissions	Calculer et consigner l'humidité relative moyenne de l'air de refroidissement mesurée lors de la phase de mesure des émissions. Utiliser le paramètre « Humidité relative de l'air de refroidissement » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai pour calculer la moyenne sur le cycle de freinage WLTP.	%
38	7.2.1.2	Humidité relative moyenne de l'air de refroidissement – Conformité globale	Vérifier que toutes les parties de l'essai sont conformes aux spécifications relatives à l'humidité relative moyenne de l'air de refroidissement définies dans le présent RTM ONU.	Oui/Non
39	7.2.1.2	Écarts d'humidité relative instantanée de l'air pendant la phase de réglage du refroidissement	Calculer et consigner le pourcentage des relevés de l'humidité relative instantanée de l'air de refroidissement (1 Hz) dont la valeur est inférieure à 20% ou supérieure à 80% pendant l'exécution validée de la phase de réglage du refroidissement. Utiliser le paramètre « Humidité relative de l'air de refroidissement » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai pour calculer le nombre de ces relevés et leur pourcentage sur le trajet n° 10.	%
40	7.2.1.2	Écarts d'humidité relative instantanée de l'air pendant la phase de rodage	Calculer et consigner le pourcentage des relevés de l'humidité relative instantanée de l'air de refroidissement (1 Hz) dont la valeur est inférieure à 20% ou supérieure à 80% pendant la phase de rodage. Consigner séparément le pourcentage pour chacun des cinq cycles de freinage WLTP. Utiliser le paramètre « Humidité relative de l'air de refroidissement » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai pour calculer le nombre de ces relevés et leur pourcentage sur les cinq cycles de freinage WLTP.	%
41	7.2.1.2	Écarts d'humidité relative instantanée de l'air pendant la phase de mesure des émissions	Calculer et consigner le pourcentage des relevés de l'humidité relative instantanée de l'air de refroidissement (1 Hz) dont la valeur est inférieure à 20% ou supérieure à 80% pendant la phase de mesure des émissions. Utiliser le paramètre « Humidité relative de l'air de refroidissement » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai pour calculer la moyenne sur le cycle de freinage WLTP.	%
42	7.2.1.2	Humidité relative instantanée de l'air de refroidissement – Conformité globale	Vérifier que toutes les parties de l'essai sont conformes aux spécifications relatives à l'humidité relative instantanée de l'air de refroidissement définies dans le présent RTM ONU.	Oui/Non
43	7.2.1.2	Humidité absolue moyenne de l'air de refroidissement pendant la phase de réglage du refroidissement	Calculer et consigner l'humidité absolue moyenne de l'air de refroidissement mesurée pendant l'exécution validée de la phase de réglage du refroidissement. Utiliser le paramètre « Humidité absolue de l'air de refroidissement » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai pour calculer la moyenne sur le trajet n° 10.	mg H <sub>2</sub> O/g air sec

<i>Numéro</i>	<i>Paragraphe</i>	<i>Paramètres d'entrée</i>	<i>Brève description</i>	<i>Unité</i>
44	7.2.1.2	Humidité absolue moyenne de l'air de refroidissement pendant la phase de rodage	Calculer et consigner l'humidité absolue moyenne de l'air de refroidissement mesurée pendant la phase de rodage. Consigner séparément l'humidité absolue moyenne de l'air de refroidissement pour chacun des cinq cycles de freinage WLTP. Utiliser le paramètre « Humidité absolue de l'air de refroidissement » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai pour calculer les moyennes sur les cinq cycles de freinage WLTP.	mg H <sub>2</sub> O/g air sec
45	7.2.1.2	Humidité absolue moyenne de l'air de refroidissement pendant la phase de mesure des émissions	Calculer et consigner l'humidité absolue moyenne de l'air de refroidissement mesurée lors de la phase de mesure des émissions. Utiliser le paramètre « Humidité absolue de l'air de refroidissement » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai pour calculer la moyenne sur le cycle de freinage WLTP.	mg H <sub>2</sub> O/g air sec
46	7.2.1.2	Humidité absolue moyenne de l'air de refroidissement – Conformité globale	Vérifier que toutes les parties de l'essai sont conformes aux spécifications relatives à l'humidité absolue moyenne de l'air de refroidissement définies dans le présent RTM ONU.	Oui/Non
47	7.2.2.1	Filtrage de l'air de refroidissement – Conformité globale	Vérifier que l'air de refroidissement entrant dans le système est conforme aux spécifications de filtrage définies dans le présent RTM ONU.	Oui/Non
48	7.2.2.2.1	Vérification de la concentration ambiante en TPN10 dans le système, au débit d'air minimal de fonctionnement	Indiquer la concentration ambiante en TPN10 de l'installation, mesurée au débit d'air minimal de fonctionnement.	Nombre de particules/ Ncm <sup>3</sup>
49	7.2.2.2.1	Vérification de la concentration ambiante en SPN10 dans le système, au débit d'air minimal de fonctionnement	Indiquer la concentration ambiante en SPN10 de l'installation, mesurée au débit d'air minimal de fonctionnement.	Nombre de particules/ Ncm <sup>3</sup>
50	7.2.2.2.1	Vérification de la concentration ambiante en TPN10 dans le système, au débit d'air maximal de fonctionnement	Indiquer la concentration ambiante en TPN10 de l'installation, mesurée au débit d'air maximal de fonctionnement.	Nombre de particules/ Ncm <sup>3</sup>
51	7.2.2.2.1	Vérification de la concentration ambiante en SPN10 dans le système, au débit d'air maximal de fonctionnement	Indiquer la concentration ambiante en SPN10 de l'installation, mesurée au débit d'air maximal de fonctionnement.	Nombre de particules/ Ncm <sup>3</sup>
52	7.2.2.2.3	Vérification de la concentration ambiante dans le système – Conformité globale	Vérifier que les concentrations ambiantes en TPN10 et en SPN10, mesurées à différents débits d'air, sont inférieures à la limite admissible maximale définie à l'alinéa c) du paragraphe 7.2.2.2.3.	Oui/Non
53	7.2.2.2.2	Vérification de la concentration ambiante en TPN10 au niveau de l'essai – Réglage du PCRF	Indiquer la valeur certifiée du niveau de réglage du PCRF appliqué lors de la vérification de la concentration ambiante en TPN10 préalable à l'essai et de celle consécutive à l'essai.	Nombre de particules

<i>Numéro</i>	<i>Paragraphe</i>	<i>Paramètres d'entrée</i>	<i>Brève description</i>	<i>Unité</i>
<b>54</b>	7.2.2.2.2	Vérification de la concentration ambiante en SPN10 au niveau de l'essai – Réglage du PCRf	Indiquer la valeur certifiée du niveau de réglage du PCRf appliqué lors de la vérification de la concentration ambiante en SPN10 préalable à l'essai et de celle consécutive à l'essai.	Nombre de particules
<b>55</b>	7.2.2.2.2	Concentration ambiante en TPN10 avant l'essai	Calculer et consigner la concentration ambiante en TPN10 à partir de la mesure effectuée lors de la vérification de la concentration ambiante préalable à l'essai (TPN10 <sub>b#</sub> ). Utiliser le paramètre « Concentration en TPN10 normalisée, corrigée par le PCRf » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai (concentration ambiante avant l'essai) pour calculer la moyenne sur cinq minutes, comme décrit à l'alinéa d) du paragraphe 7.2.2.2.2.	Nombre de particules/ Ncm <sup>3</sup>
<b>56</b>	7.2.2.2.2	Concentration ambiante en SPN10 avant l'essai	Calculer et consigner la concentration ambiante en SPN10 à partir de la mesure effectuée lors de la vérification de la concentration ambiante préalable à l'essai (SPN10 <sub>b#</sub> ). Utiliser le paramètre « Concentration en SPN10 normalisée, corrigée par le PCRf » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai (concentration ambiante avant l'essai) pour calculer la moyenne sur cinq minutes, comme décrit à l'alinéa d) du paragraphe 7.2.2.2.2.	Nombre de particules/ Ncm <sup>3</sup>
<b>57</b>	7.2.2.2.2	Concentration ambiante en TPN10 après l'essai	Calculer et consigner la concentration ambiante en TPN10 à partir de la mesure effectuée lors de la vérification de la concentration ambiante consécutive à l'essai (TPN10 <sub>b#</sub> ). Utiliser le paramètre « Concentration en TPN10 normalisée, corrigée par le PCRf » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai (concentration ambiante après l'essai) pour calculer la moyenne sur cinq minutes, comme décrit à l'alinéa h) du paragraphe 7.2.2.2.2.	Nombre de particules/ Ncm <sup>3</sup>
<b>58</b>	7.2.2.2.2	Concentration ambiante en SPN10 après l'essai	Calculer et consigner la concentration ambiante en SPN10 à partir de la mesure effectuée lors de la vérification de la concentration ambiante consécutive à l'essai (SPN10 <sub>b#</sub> ). Utiliser le paramètre « Concentration en SPN10 normalisée, corrigée par le PCRf » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai (concentration ambiante après l'essai) pour calculer la moyenne sur cinq minutes, comme décrit à l'alinéa h) du paragraphe 7.2.2.2.2.	Nombre de particules/ Ncm <sup>3</sup>
<b>59</b>	7.2.2.2.3	Vérification de la concentration ambiante au niveau de l'essai – Conformité globale	Vérifier que les concentrations ambiantes en TPN10 et en SPN10, mesurées au niveau de réglage du débit d'air défini pour le frein soumis à l'essai, sont inférieures à la limite admissible maximale définie à l'alinéa c) du paragraphe 7.2.2.2.3.	Oui/Non
<b>60</b>	7.2.2.2.4	TPN10 dans l'air ambiant par unité de distance parcourue avant l'essai	Calculer le TPN10 dans l'air ambiant à partir de la mesure effectuée lors de la vérification de la concentration ambiante avant l'essai, en nombre de particules par unité de distance parcourue, au moyen de l'équation 7.1 et consigner le résultat.	Nombre de particules/ km

<i>Numéro</i>	<i>Paragraphe</i>	<i>Paramètres d'entrée</i>	<i>Brève description</i>	<i>Unité</i>
<b>61</b>	7.2.2.2.4	SPN10 dans l'air ambiant par unité de distance parcourue avant l'essai	Calculer le SPN10 dans l'air ambiant à partir de la mesure effectuée lors de la vérification de la concentration ambiante avant l'essai, en nombre de particules par unité de distance parcourue, au moyen de l'équation 7.2 et consigner le résultat.	Nombre de particules/km
<b>62</b>	7.2.2.2.4	TPN10 dans l'air ambiant par unité de distance parcourue après l'essai	Calculer le TPN10 dans l'air ambiant à partir de la mesure effectuée lors de la vérification de la concentration ambiante après l'essai, en nombre de particules par unité de distance parcourue, au moyen de l'équation 7.1 et consigner le résultat.	Nombre de particules/km
<b>63</b>	7.2.2.2.4	SPN10 dans l'air ambiant par unité de distance parcourue après l'essai	Calculer le SPN10 dans l'air ambiant à partir de la mesure effectuée lors de la vérification de la concentration ambiante après l'essai, en nombre de particules par unité de distance parcourue, au moyen de l'équation 7.2 et consigner le résultat.	Nombre de particules/km
<b>64</b>	7.2.3	Débitmètre – Conformité globale	Vérifier que le débitmètre satisfait à toutes les prescriptions définies aux alinéas a) à h) du paragraphe 7.2.3.	Oui/Non
<b>65</b>	7.2.3	Valeur nominale (ou de consigne) du débit d'air de refroidissement	Indiquer le débit d'air de refroidissement nominal (ou de consigne) pour le frein soumis à l'essai ( $Q_{set}$ ).	m <sup>3</sup> /h
<b>66</b>	7.2.3	Valeur nominale (ou de consigne) du débit d'air de refroidissement	Vérifier que le même débit d'air de refroidissement nominal a été appliqué à toutes les phases de l'essai de mesure des émissions de freinage.	Oui/Non
<b>67</b>	7.2.3	Valeur moyenne du débit d'air de refroidissement pendant la phase de réglage du refroidissement	Calculer et consigner le débit d'air de refroidissement moyen à partir de la mesure effectuée pendant la phase de réglage du refroidissement. Utiliser le paramètre « Débit d'air de refroidissement réel » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai pour calculer la moyenne sur le trajet n° 10. Si la phase de réglage du refroidissement est répétée plusieurs fois, n'indiquer que les données de l'exécution ayant permis de définir la valeur $Q_{set}$ .	m <sup>3</sup> /h
<b>68</b>	7.2.3	Différence entre le débit d'air de refroidissement mesuré et le débit nominal pendant la phase de réglage du refroidissement	Calculer et consigner la différence, en pourcentage, entre le débit d'air de refroidissement moyen mesuré et le débit d'air de refroidissement nominal pendant la phase de réglage du refroidissement.	%
<b>69</b>	7.2.3.	Valeur normalisée moyenne du débit d'air de refroidissement pendant la phase de réglage du refroidissement	Calculer et consigner le débit d'air de refroidissement normalisé moyen, à partir de la mesure effectuée pendant la phase de réglage du refroidissement. Utiliser le paramètre « Débit d'air de refroidissement réel normalisé » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai pour calculer la moyenne sur le trajet n° 10. Si la phase de réglage du refroidissement est répétée plusieurs fois, n'indiquer que les données de l'exécution ayant permis de définir la valeur $Q_{set}$ .	Nm <sup>3</sup> /h

<i>Numéro</i>	<i>Paragraphe</i>	<i>Paramètres d'entrée</i>	<i>Brève description</i>	<i>Unité</i>
<b>70</b>	7.2.3	Valeur moyenne de la vitesse de l'air de refroidissement pendant la phase de réglage du refroidissement	Calculer la vitesse de l'air de refroidissement instantanée pendant la phase de réglage du refroidissement au moyen de l'équation 7.3 et consigner le résultat dans le fichier axé sur la durée de l'essai. Calculer et consigner la vitesse moyenne de l'air de refroidissement pendant la phase de réglage du refroidissement. Utiliser le paramètre « Vitesse de l'air de refroidissement réelle » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai pour calculer la moyenne sur le trajet n° 10. Si la phase de réglage du refroidissement est répétée plusieurs fois, n'indiquer que les données de l'exécution ayant permis de définir la valeur $Q_{set}$ .	km/h
<b>71</b>	7.2.3	Valeur moyenne du débit d'air de refroidissement pendant la phase de rodage	Calculer et consigner le débit d'air de refroidissement moyen à partir de la mesure effectuée pendant la phase de rodage. Consigner le débit d'air de refroidissement moyen mesuré pour les cinq cycles de freinage WLTP. Utiliser le paramètre « Débit d'air de refroidissement réel » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai pour calculer les moyennes des cinq cycles de freinage WLTP.	m <sup>3</sup> /h
<b>72</b>	7.2.3	Différence entre le débit d'air de refroidissement mesuré et le débit nominal pour la phase de rodage	Calculer et consigner la différence, en pourcentage, entre le débit d'air de refroidissement moyen mesuré et le débit d'air de refroidissement nominal pendant la phase de rodage. Indiquer cette différence pour les cinq cycles de freinage WLTP.	%
<b>73</b>	7.2.3	Valeur normalisée moyenne du débit d'air de refroidissement pendant la phase de rodage	Calculer et consigner le débit d'air de refroidissement normalisé moyen à partir de la mesure effectuée pendant la phase de rodage. Consigner le débit d'air de refroidissement normalisé moyen mesuré pour les cinq cycles de freinage WLTP. Utiliser le paramètre « Débit d'air de refroidissement réel normalisé » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai pour calculer les moyennes des cinq cycles de freinage WLTP.	Nm <sup>3</sup> /h
<b>74</b>	7.2.3	Valeur moyenne de la vitesse de l'air de refroidissement pendant la phase de rodage	Calculer la vitesse de l'air de refroidissement instantanée pendant la phase de rodage au moyen de l'équation 7.3 et consigner le résultat dans le fichier axé sur la durée de l'essai. Calculer et consigner la vitesse moyenne de l'air de refroidissement pendant la phase de rodage pour tous les cycles de freinage WLTP. Utiliser le paramètre « Vitesse de l'air de refroidissement réelle » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai pour calculer les moyennes des cinq cycles de freinage WLTP.	km/h
<b>75</b>	7.2.3	Valeur moyenne du débit d'air de refroidissement pendant la phase de mesure des émissions	Calculer et consigner le débit d'air de refroidissement moyen à partir de la mesure effectuée pendant la phase de mesure des émissions. Utiliser le paramètre « Débit d'air de refroidissement réel » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai pour calculer la moyenne pendant le cycle de freinage WLTP (compte non tenu des périodes de stabilisation thermique).	m <sup>3</sup> /h

Numéro	Paragraphe	Paramètres d'entrée	Brève description	Unité
76	7.2.3	Différence entre le débit d'air de refroidissement mesuré et le débit nominal pour la phase de mesure des émissions	Calculer et consigner la différence, en pourcentage, entre le débit d'air de refroidissement moyen mesuré et le débit d'air de refroidissement nominal pendant la phase de mesure des émissions.	%
77	7.2.3	Valeur normalisée moyenne du débit d'air de refroidissement pendant la phase de mesure des émissions	Calculer et consigner le débit d'air de refroidissement normalisé moyen à partir de la mesure effectuée pendant la phase de mesure des émissions. Utiliser le paramètre « Débit d'air de refroidissement réel normalisé » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai pour calculer la moyenne pendant le cycle de freinage WLTP (compte non tenu des périodes de stabilisation thermique).	Nm <sup>3</sup> /h
78	7.2.3	Valeur moyenne de la vitesse de l'air de refroidissement pendant la phase de mesure des émissions	Calculer la vitesse de l'air de refroidissement instantanée pendant la phase de mesure des émissions au moyen de l'équation 7.3 et consigner le résultat dans le fichier axé sur la durée de l'essai. Calculer et consigner la vitesse moyenne de l'air de refroidissement pendant la phase de mesure des émissions. Utiliser le paramètre « Vitesse de l'air de refroidissement réelle » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai pour calculer la moyenne pendant le cycle de freinage WLTP (compte non tenu des périodes de stabilisation thermique).	km/h
79	7.2.3	Débit d'air de refroidissement moyen – Conformité globale	Vérifier que toutes les parties de l'essai satisfont aux prescriptions énoncées dans le présent RTM ONU concernant la différence entre le débit d'air de refroidissement nominal et le débit d'air de refroidissement mesuré moyen.	Oui/Non
80	7.2.3	Écarts de débit d'air instantané pendant la phase de réglage du refroidissement	Calculer et consigner le nombre de relevés du débit d'air de refroidissement (1 Hz) pour lesquels l'écart par rapport à la valeur nominale est compris entre 5% et 10% pendant l'exécution validée de la phase de réglage du refroidissement. Utiliser le paramètre « Débit d'air de refroidissement réel » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai pour calculer le nombre de ces relevés lors du trajet n° 10.	#
81	7.2.3	Écarts de débit d'air instantané pendant la phase de mesure des émissions	Calculer et consigner le nombre de relevés du débit d'air de refroidissement (1 Hz) pour lesquels l'écart par rapport à la valeur nominale est compris entre 5% et 10% pendant l'exécution validée de la phase de mesure des émissions. Utiliser le paramètre « Débit d'air de refroidissement réel » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai pour calculer le nombre de ces relevés pendant le cycle de freinage WLTP (compte non tenu des périodes de stabilisation thermique).	#
82	7.2.3	Débit d'air de refroidissement instantané – Conformité globale	Vérifier que le nombre maximal autorisé de relevés du débit d'air de refroidissement instantané (1 Hz) pour lesquels l'écart par rapport à la valeur nominale définie dans le présent RTM ONU est compris entre 5% et 10% est respecté pour les phases de réglage du refroidissement et de mesure des émissions.	Oui/Non

<i>Numéro</i>	<i>Paragraphe</i>	<i>Paramètres d'entrée</i>	<i>Brève description</i>	<i>Unité</i>
<b>83</b>	7.2.3	Débit d'air de refroidissement instantané – Conformité globale	Vérifier que les relevés du débit d'air de refroidissement instantané (1 Hz) ne s'écartent de plus de 10% de la valeur nominale à aucun moment des phases de réglage du refroidissement et de mesure des émissions.	Oui/Non
<b>84</b>	7.2.3.	Contrôle d'étanchéité du système – Débit d'air mesuré moyen	Calculer et consigner le débit d'air de refroidissement mesuré moyen pendant le contrôle d'étanchéité.	m <sup>3</sup> /h
<b>85</b>	7.2.3	Contrôle d'étanchéité du système – Conformité générale	Vérifier que le débit d'air mesuré moyen pendant le contrôle d'étanchéité satisfait aux prescriptions énoncées dans le présent RTM ONU.	Oui/Non
<b>86</b>	7.3	Dynamomètre de freinage et système d'automatisation – Conformité globale	Vérifier la conformité aux spécifications obligatoires relatives au dynamomètre de freinage, énoncées aux alinéas a) à e) du paragraphe 7.3.	Oui/Non
<b>87</b>	7.3	Dynamomètre de freinage et système d'automatisation – Conformité globale	Vérifier la conformité aux spécifications obligatoires relatives au système d'automatisation, de contrôle et d'acquisition de données, énoncées aux alinéas f) à h) du paragraphe 7.3.	Oui/Non
<b>88</b>	7.4.2	Conception du carter du frein – Nombre de Reynolds à l'entrée du carter	Calculer et consigner le nombre de Reynolds du débit d'air à l'entrée du carter pour le frein soumis à l'essai. Calculer le nombre de Reynolds uniquement pendant la phase de mesure des émissions au moyen de l'équation 7.4. Utiliser le paramètre « Vitesse de l'air de refroidissement réelle » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai pour calculer la moyenne de la vitesse de l'air de refroidissement pendant le cycle de freinage WLTP (compte non tenu des périodes de stabilisation thermique).	–
<b>89</b>	7.4.2	Conception du carter du frein – Vérification de l'uniformité de la vitesse au débit d'air minimal de fonctionnement	Vérifier que la vitesse à chaque position du plan C utilisée pour contrôler l'uniformité ne s'écarte pas de plus de ±35% de la moyenne arithmétique de toutes les mesures au débit d'air minimal de fonctionnement de l'installation.	Oui/Non
<b>90</b>	7.4.2	Conception du carter du frein – Vérification de l'uniformité de la vitesse au débit d'air maximal de fonctionnement	Vérifier que la vitesse à chaque position du plan C utilisée pour contrôler l'uniformité ne s'écarte pas de plus de ±35% de la moyenne arithmétique de toutes les mesures au débit d'air maximal de fonctionnement de l'installation.	Oui/Non
<b>91</b>	7.4.2	Conception du carter du frein – Conformité globale	Vérifier que le carter du frein est conforme à toutes les spécifications définies aux alinéas a) à l) du paragraphe 7.4.2.	Oui/Non
<b>92</b>	7.4.3	Dimensions du carter du frein – Longueur	Indiquer la longueur du plan A1 ( $I_{A1}$ – longueur du carter) telle que définie au paragraphe 7.4.3.	mm
<b>93</b>	7.4.3	Dimensions du carter du frein – Hauteur	Indiquer la hauteur du plan D ( $h_D$ – hauteur du carter) telle que définie au paragraphe 7.4.3.	mm
<b>94</b>	7.4.3	Dimensions du carter du frein – Profondeur	Indiquer la profondeur axiale maximale du carter au plan D, telle que définie au paragraphe 7.4.3.	mm

<i>Numéro</i>	<i>Paragraphe</i>	<i>Paramètres d'entrée</i>	<i>Brève description</i>	<i>Unité</i>
95	7.4.3	Dimensions du carter du frein – Diamètres de l'entrée et de la sortie	Indiquer les diamètres de l'entrée et de la sortie ( $d_i$ ) du frein.	mm
96	7.4.3	Dimensions du carter du frein – Longueur du passage vers la sortie et du passage depuis l'entrée	Indiquer la longueur du passage vers la sortie et du passage depuis l'entrée ( $l_i$ ).	mm
97	7.4.3	Dimensions du carter du frein – Hauteur du passage vers la sortie et du passage depuis l'entrée	Indiquer la hauteur du passage vers la sortie et du passage depuis l'entrée ( $h_B$ ).	mm
98	7.4.3.	Dimensions du carter du frein – Rapport entre la hauteur de l'entrée et la hauteur du carter	Indiquer le rapport entre la hauteur de l'entrée ( $h_B$ ) et la hauteur du carter ( $h_D$ ).	%
99	7.4.3	Dimensions du carter du frein – Conformité globale	Vérifier que les dimensions du carter du frein sont conformes à toutes les spécifications définies aux alinéas a) à g) du paragraphe 7.4.3.	Oui/Non
100	7.5	Conception du tunnel de prélèvement – Diamètre intérieur du conduit	Indiquer le diamètre intérieur ( $d_i$ ) du conduit dans le tunnel de prélèvement.	mm
101	7.5	Conception du tunnel de prélèvement – Présence d'un coude	Indiquer si le tunnel de prélèvement est coudé (en aval de la sortie du carter du frein et en amont du plan de prélèvement).	Oui/Non
102	7.5	Conception du tunnel de prélèvement – Spécifications du coude (angle)	Si le tunnel de prélèvement est coudé, indiquer l'angle du coude. Sinon, inscrire la mention « s.o. ».	°
103	7.5	Conception du tunnel de prélèvement – Spécifications du coude (rayon de courbure)	Si le tunnel de prélèvement est coudé, indiquer le rayon de courbure tel que défini à la figure 7.6. Sinon, inscrire la mention « s.o. ».	X· $d_i$
104	7.5	Conception du tunnel de prélèvement – Conformité globale	Vérifier que le tunnel de prélèvement est conforme à toutes les spécifications définies aux alinéas a) à i) du paragraphe 7.5.	Oui/Non
105	7.6	Conception du tunnel de prélèvement – Nombre de sondes	Indiquer le nombre de sondes de prélèvement utilisées pour l'essai de mesure des émissions de freinage.	Nombre
106	7.6	Conception du tunnel de prélèvement – Distance entre les sondes	Indiquer la distance minimale entre les sondes ( $a_1$ ) telle que spécifiée dans la figure 7.7.	mm
107	7.6	Conception du tunnel de prélèvement – Distance entre les sondes et les parois du tunnel	Indiquer la distance minimale entre les sondes et les parois du tunnel ( $a_2$ ) telle que spécifiée dans la figure 7.7.	mm
108	7.6	Conception du tunnel de prélèvement – Conformité globale	Vérifier que le plan de prélèvement est conforme à toutes les spécifications relatives à la distance et à l'emplacement, définies aux alinéas a) à f) du paragraphe 7.6.	Oui/Non

<i>Numéro</i>	<i>Paragraphe</i>	<i>Paramètres d'entrée</i>	<i>Brève description</i>	<i>Unité</i>
<b>109</b>	8.3	Mesure de la température du frein – Conformité globale des thermocouples	Vérifier que les thermocouples utilisés satisfont à toutes les prescriptions définies aux alinéas a) à f) du paragraphe 8.3.	Oui/Non
<b>110</b>	8.3	Mesure de la température du frein – Mesure de la température du matériau de friction	Indiquer si, outre la température du disque ou du tambour de frein, celle des plaquettes ou des mâchoires de frein a été mesurée.	Oui/Non
<b>111</b>	8.4.1	Dispositif de freinage – Type de support	Préciser le type de support utilisé pour le montage du dispositif de freinage sur le dynamomètre à inertie (L0-U, L0-P ou un autre type).	–
<b>112</b>	8.4.1	Dispositif de freinage – Conformité globale	Vérifier que la position de montage et le type de support utilisé pour le dispositif de freinage satisfont aux prescriptions énoncées au paragraphe 8.4.1.	Oui/Non
<b>113</b>	8.4.1	Dispositif de freinage – Rotation des freins	Indiquer le sens de rotation du disque ou du tambour de frein (sens des aiguilles d'une montre ou sens inverse des aiguilles d'une montre) par rapport au sens de l'évacuation.	–
<b>114</b>	8.4.1	Dispositif de freinage – Rotation des freins	Vérifier que le disque ou le tambour de frein soumis à l'essai tourne dans le sens de l'évacuation.	Oui/Non
<b>115</b>	8.4.2	Orientation de l'étrier – Conformité globale	Vérifier que l'orientation de l'étrier du frein soumis à l'essai satisfait aux prescriptions énoncées au paragraphe 8.4.2.	Oui/Non
<b>116</b>	9.2.1	Température initiale lors de la phase de réglage du refroidissement	Indiquer la température initiale du frein lors de l'exécution validée du réglage du refroidissement. Utiliser la valeur correspondante du paramètre « Température du frein » figurant dans le fichier axé sur la durée de l'essai (température du frein au début du trajet n° 10).	°C
<b>117</b>	9.2.2	Température initiale lors de la phase de rodage	Indiquer la température initiale du frein lors de la phase de rodage. Consigner séparément la température initiale du frein pour chacun des cinq cycles de freinage WLTP. Utiliser les valeurs correspondantes du paramètre « Température du frein » dans le fichier axé sur la durée de l'essai (température de frein au début de chacun des cinq cycles de freinage WLTP).	°C
<b>118</b>	9.2.3	Température initiale lors de la phase de mesure des émissions	Indiquer la température initiale du frein sur les 10 trajets du cycle de freinage WLTP lors de la phase de mesure des émissions, telle que définie au paragraphe 9.2.3. Utiliser les valeurs correspondantes du paramètre « Température du frein » dans le fichier axé sur la durée de l'essai (température du frein au début des trajets n°s 1 à 10 du cycle de freinage WLTP).	°C
<b>119</b>	9.2.1, 9.2.2, 9.2.3	Température initiale – Conformité globale	Vérifier que la température initiale du frein à toutes les phases de l'essai satisfait aux critères définis aux paragraphes 9.2.1, 9.2.2 et 9.2.3.	Oui/Non

<i>Numéro</i>	<i>Paragraphe</i>	<i>Paramètres d'entrée</i>	<i>Brève description</i>	<i>Unité</i>
<b>120</b>	9.3.1, 9.3.2, 9.3.3	Interruptions du cycle de freinage WLTP – Occurrences	Indiquer si une interruption s'est produite pendant une partie quelconque de l'essai de mesure des émissions de freinage.	Oui/Non
<b>121</b>	9.3.1, 9.3.2, 9.3.3	Interruptions du cycle de freinage WLTP – Conformité globale	En cas d'interruption(s), vérifier que toutes les mesures nécessaires ont été prises pour reprendre les essais conformément aux spécifications définies aux paragraphes 9.3.1, 9.3.2 et 9.3.3.	Oui/Non/ s.o.
<b>122</b>	9.3.1, 9.3.2, 9.3.3	Interruptions du cycle de freinage WLTP – Conformité globale	Vérifier que le frein soumis à l'essai n'a été démonté à aucun moment de l'essai de mesure des émissions de freinage.	Oui/Non
<b>123</b>	9.4.1	Écarts de vitesse pendant la phase de réglage du refroidissement	Calculer et consigner le pourcentage d'écarts de vitesse pendant l'exécution validée de la phase de réglage du refroidissement. Utiliser les paramètres « Vitesse linéaire réelle » et « Vitesse linéaire nominale » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai. Comparer les deux paramètres (1 Hz) pour calculer le nombre et le pourcentage total d'écarts de vitesse sur le trajet n° 10.	%
<b>124</b>	9.4.1	Écarts de vitesse pendant la phase de rodage	Calculer et consigner le pourcentage d'écarts de vitesse pendant la phase de rodage. Faire le calcul séparément pour chacun des cinq cycles de freinage WLTP. Utiliser les paramètres « Vitesse linéaire réelle » et « Vitesse linéaire nominale » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai. Comparer les deux paramètres (1 Hz) pour calculer le nombre et le pourcentage total d'écarts de vitesse pour les cinq cycles de freinage WLTP.	%
<b>125</b>	9.4.1	Écarts de vitesse pendant la phase de mesure des émissions	Calculer et consigner le pourcentage d'écarts de vitesse pendant la phase de mesure des émissions. Utiliser les paramètres « Vitesse linéaire réelle » et « Vitesse linéaire nominale » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai. Comparer les deux paramètres (1 Hz) pour calculer le nombre et le pourcentage total d'écarts de vitesse pendant le cycle de freinage WLTP.	%
<b>126</b>	9.4.1	Écarts de vitesse – Conformité globale	Vérifier que toutes les phases de l'essai de mesure des émissions de freinage satisfont aux critères relatifs aux écarts de vitesse définis aux alinéas a) à g) du paragraphe 9.4.1.	Oui/Non
<b>127</b>	9.4.2	Nombre de décélérations – Comptage à l'aide de la durée de l'arrêt	Indiquer le nombre de valeurs numériques non nulles du paramètre « Durée de l'arrêt », dans le fichier axé sur les manœuvres de l'essai, pendant la phase de mesure des émissions.	#
<b>128</b>	9.4.2	Nombre de décélérations – Comptage à l'aide du taux de décélération	Indiquer le nombre de valeurs numériques non nulles du paramètre « Taux de décélération – distance moyenne », dans le fichier axé sur les manœuvres de l'essai, pendant la phase de mesure des émissions.	#

<i>Numéro</i>	<i>Paragraphe</i>	<i>Paramètres d'entrée</i>	<i>Brève description</i>	<i>Unité</i>
<b>129</b>	9.4.2	Nombre de décélérations – Conformité globale	Vérifier que le nombre de manœuvres de freinage est égal à 303, comme indiqué au paragraphe 9.4.2.	Oui/Non
<b>130</b>	9.4.3	Dissipation de l'énergie cinétique – Travail de frottement spécifique ( $W_f$ ) pendant la phase de réglage du refroidissement	Calculer la dissipation d'énergie cinétique ( $W_f$ ) pendant l'exécution validée de la phase de réglage du refroidissement au moyen de l'équation 9.1 et consigner le résultat. Utiliser les paramètres « Durée de l'arrêt », « Vitesse de rotation moyenne du frein dans le temps » et « Couple de freinage moyen dans le temps » du fichier axé sur les manœuvres de l'essai. Additionner les valeurs du travail de frottement spécifique calculé pour chaque manœuvre de freinage afin d'obtenir le travail de frottement spécifique total pendant le trajet n° 10 de la phase de réglage du refroidissement.	J/kg
<b>131</b>	9.4.3	Dissipation de l'énergie cinétique – Écart par rapport à la valeur nominale pendant la phase de réglage du refroidissement	Calculer et consigner en pourcentage l'écart par rapport à la valeur nominale du travail de frottement pendant l'exécution validée de la phase de réglage du refroidissement.	%
<b>132</b>	9.4.3	Dissipation de l'énergie cinétique – $W_f$ pendant la phase de rodage	Calculer la dissipation d'énergie cinétique ( $W_f$ ) pendant la phase de rodage au moyen de l'équation 9.1 et consigner le résultat. Consigner séparément la dissipation d'énergie cinétique pour chacun des cinq cycles de freinage WLTP. Utiliser les paramètres « Durée de l'arrêt », « Vitesse de rotation moyenne du frein dans le temps » et « Couple de freinage moyen dans le temps » du fichier axé sur les manœuvres de l'essai. Additionner les valeurs du travail de frottement spécifique calculé pour les différentes manœuvres de freinage afin d'obtenir le travail de frottement spécifique total pour chaque cycle de freinage WLTP de la phase de rodage.	J/kg
<b>133</b>	9.4.3	Dissipation de l'énergie cinétique – Écart par rapport à la valeur nominale pendant la phase de rodage	Calculer et consigner en pourcentage l'écart par rapport à la valeur nominale du travail de frottement pendant la phase de rodage. Indiquer l'écart par rapport à la valeur nominale pour les cinq cycles de freinage WLTP de la phase de rodage.	%
<b>134</b>	9.4.3	Dissipation de l'énergie cinétique – $W_f$ pendant la phase de mesure des émissions	Calculer la dissipation d'énergie cinétique ( $W_f$ ) pendant la phase de mesure des émissions au moyen de l'équation 9.1 et consigner le résultat. Utiliser les paramètres « Durée de l'arrêt », « Vitesse de rotation moyenne du frein dans le temps » et « Couple de freinage moyen dans le temps » du fichier axé sur les manœuvres de l'essai. Additionner les valeurs du travail de frottement spécifique calculé pour les différentes manœuvres de freinage afin d'obtenir le travail de frottement spécifique total pendant le cycle de freinage WLTP de la phase de mesure des émissions.	J/kg

<i>Numéro</i>	<i>Paragraphe</i>	<i>Paramètres d'entrée</i>	<i>Brève description</i>	<i>Unité</i>
<b>135</b>	9.4.3	Dissipation de l'énergie cinétique – Écart par rapport à la valeur nominale pendant la phase de mesure des émissions	Calculer et consigner en pourcentage l'écart par rapport à la valeur nominale du travail de frottement pendant la phase de mesure des émissions.	%
<b>136</b>	9.4.3	Dissipation de l'énergie cinétique – Conformité globale	Vérifier que toutes les phases de l'essai de mesure des émissions de freinage satisfont aux critères relatifs à la dissipation de l'énergie cinétique définis aux alinéas a) à j) du paragraphe 9.4.3.	Oui/Non
<b>137</b>	10.1.1	Rapport entre la charge nominale de la roue avant et la masse du disque ou du tambour ( $WL_{n-f}/DM$ )	Calculer et consigner le rapport entre la charge nominale de la roue avant et la masse du disque (ou la masse du tambour dans le cas des freins à tambour avant) ( $WL_{n-f}/DM$ ) pour le frein soumis à l'essai. Dans le cas d'un freinage sans friction, utiliser les paramètres du véhicule de base de la famille d'émissions de freinage pour calculer ce rapport et consigner le résultat.	–
<b>138</b>	10.1.3	Température moyenne du frein pendant le trajet n° 10 du cycle de freinage WLTP – Valeur mesurée pendant la phase de réglage du refroidissement	Calculer et consigner la température moyenne du frein soumis à l'essai pendant l'exécution validée de la phase de réglage du refroidissement ( $B_1$ ). Utiliser le paramètre « Température du frein » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai pour calculer la température moyenne du frein pendant le trajet n° 10.	°C
<b>139</b>	10.1.3	Température moyenne du frein pendant le trajet n° 10 du cycle de freinage WLTP – Écart par rapport à la valeur cible pendant la phase de réglage du refroidissement	Calculer l'écart entre la température moyenne du frein pendant l'exécution validée de la phase de réglage du refroidissement et la température moyenne cible du frein soumis à l'essai ( $C_1$ ) au moyen de l'équation 10.3 et consigner le résultat.	°C
<b>140</b>	10.1.3	Température initiale moyenne du frein lors des manœuvres de freinage sélectionnées sur le trajet n° 10 du cycle de freinage WLTP – Valeur mesurée pendant la phase de réglage du refroidissement	Calculer et consigner la température initiale moyenne du frein soumis à l'essai lors des manœuvres de freinage sélectionnées pendant l'exécution validée de la phase de réglage du refroidissement ( $B_2$ ). Utiliser les données correspondantes du paramètre « Température initiale du frein » pour les manœuvres cibles dans le fichier axé sur les manœuvres de l'essai pour calculer la température initiale moyenne du frein conformément à l'alinéa b) du paragraphe 10.1.3.	°C
<b>141</b>	10.1.3	Température initiale moyenne du frein lors des manœuvres de freinage sélectionnées sur le trajet n° 10 du cycle de freinage WLTP – Écart par rapport à la valeur cible pendant la phase de réglage du refroidissement	Calculer l'écart entre la température initiale moyenne du frein soumis à l'essai lors des manœuvres de freinage sélectionnées pendant l'exécution validée de la phase de réglage du refroidissement et la température initiale moyenne cible dudit frein ( $C_2$ ) au moyen de l'équation 10.4 et consigner le résultat.	°C

<i>Numéro</i>	<i>Paragraphe</i>	<i>Paramètres d'entrée</i>	<i>Brève description</i>	<i>Unité</i>
<b>142</b>	10.1.3	Température finale moyenne du frein lors des manœuvres de freinage sélectionnées sur le trajet n° 10 du cycle de freinage WLTP – Valeur mesurée pendant la phase de réglage du refroidissement	Calculer et consigner la température finale moyenne du frein soumis à l'essai lors des manœuvres de freinage sélectionnées pendant l'exécution validée de la phase de réglage du refroidissement (B <sub>3</sub> ). Utiliser les données correspondantes du paramètre « Température finale du frein » pour les manœuvres cibles dans le fichier axé sur les manœuvres de l'essai pour calculer la température finale moyenne du frein conformément à l'alinéa c) du paragraphe 10.1.3.	°C
<b>143</b>	10.1.3	Température finale moyenne du frein lors des manœuvres de freinage sélectionnées sur le trajet n° 10 du cycle de freinage WLTP – Écart par rapport à la valeur cible pendant la phase de réglage du refroidissement	Calculer l'écart entre la température finale moyenne du frein soumis à l'essai lors des manœuvres de freinage sélectionnées pendant l'exécution validée de la phase de réglage du refroidissement et la température initiale moyenne cible dudit frein (C <sub>3</sub> ) au moyen de l'équation 10.5 et consigner le résultat.	°C
<b>144</b>	10.1.2, 10.1.3	Définition du débit d'air de refroidissement nominal (de consigne) pour le frein considéré – Conformité globale	Vérifier que les températures correspondantes, dans les paramètres cibles, mesurées pendant la phase de réglage du refroidissement pour le frein soumis à l'essai, sont conformes aux valeurs cibles définies dans le tableau 10.2.	Oui/Non
<b>145</b>	10.1.4	Définition du débit d'air de refroidissement nominal (de consigne) pour le frein considéré – Nombre d'exécutions	Indiquer le nombre d'exécutions du trajet n° 10 effectuées pendant la phase de réglage du refroidissement pour le frein considéré.	Nombre
<b>146</b>	11.1, 11.2	Phase de rodage – Nombre de cycles de freinage WLTP complets	Indiquer le nombre de cycles de freinage WLTP complets effectués pendant la phase de rodage.	Nombre
<b>147</b>	11.1, 11.2	Phase de rodage – Conformité globale	Vérifier que la phase de rodage a été menée à bien conformément à toutes les spécifications décrites aux alinéas a) à g) du paragraphe 11.1 ou aux alinéas a) à g) du paragraphe 11.2.	Oui/Non
<b>148</b>	11.1, 11.2	Phase de rodage – Utilisation de nouvelles pièces en cas d'échec	En cas d'échec de la procédure de rodage telle que spécifiée aux paragraphes 11.1 et 11.2, vérifier que de nouvelles pièces de frein ont été utilisées pour la reprise de la phase de rodage.	Oui/Non/ s.o.
<b>149</b>	12.1.1.1	Plan de prélèvement pour la mesure des émissions de matières particulaires – Division de flux	Vérifier que les systèmes de prélèvement des PM <sub>2,5</sub> et des PM <sub>10</sub> n'utilisent pas de diviseur de flux entre l'entrée de la sonde de prélèvement des matières particulaires et les filtres.	Oui/Non
<b>150</b>	12.1.1.1	Plan de prélèvement pour la mesure des émissions de matières particulaires – Conformité globale	Vérifier que la conception du plan de prélèvement et l'emplacement des sondes de prélèvement des PM <sub>2,5</sub> et des PM <sub>10</sub> sont conformes aux spécifications décrites aux alinéas a) à d) du paragraphe 12.1.1.1.	Oui/Non

<i>Numéro</i>	<i>Paragraphe</i>	<i>Paramètres d'entrée</i>	<i>Brève description</i>	<i>Unité</i>
<b>151</b>	12.1.1.2	Sondes de prélèvement des matières particulaires – Dimensions de la sonde de prélèvement des PM <sub>2,5</sub> (diamètre intérieur)	Indiquer le diamètre intérieur ( $d_p$ ) de la sonde de prélèvement des PM <sub>2,5</sub> utilisée pour le frein soumis à l'essai.	mm
<b>152</b>	12.1.1.2	Sondes de prélèvement des matières particulaires – Dimensions de la sonde de prélèvement des PM <sub>10</sub> (diamètre intérieur)	Indiquer le diamètre intérieur ( $d_p$ ) de la sonde de prélèvement des PM <sub>10</sub> utilisée pour le frein soumis à l'essai.	mm
<b>153</b>	12.1.1.2	Sondes de prélèvement des matières particulaires – Dimensions de la sonde de prélèvement des PM <sub>2,5</sub> (longueur)	Indiquer la longueur totale de la sonde de prélèvement des PM <sub>2,5</sub> , entre la pointe de la buse de prélèvement et l'entrée du dispositif de séparation des matières particulaires.	mm
<b>154</b>	12.1.1.2	Sondes de prélèvement des matières particulaires – Dimensions de la sonde de prélèvement des PM <sub>10</sub> (longueur)	Indiquer la longueur totale de la sonde de prélèvement des PM <sub>10</sub> , entre la pointe de la buse de prélèvement et l'entrée du dispositif de séparation des matières particulaires.	mm
<b>155</b>	12.1.1.2	Sondes de prélèvement des matières particulaires – Présence d'un coude	Indiquer si les sondes de prélèvement des PM <sub>2,5</sub> et/ou des PM <sub>10</sub> utilisées pour le frein soumis à l'essai sont coudées.	Oui/Non
<b>156</b>	12.1.1.2	Sondes de prélèvement des matières particulaires – Sonde de prélèvement des PM <sub>2,5</sub> coudée (rayon de courbure)	Lorsque la sonde de prélèvement des PM <sub>2,5</sub> est coudée, indiquer son rayon de courbure sous la forme d'une fonction du diamètre de la sonde. Sinon, inscrire la mention « s.o. ».	X· $d_p$
<b>157</b>	12.1.1.2	Sondes de prélèvement des matières particulaires – Sonde de prélèvement des PM <sub>10</sub> coudée (rayon de courbure)	Lorsque la sonde de prélèvement des PM <sub>10</sub> est coudée, indiquer son rayon de courbure sous la forme d'une fonction du diamètre de la sonde. Sinon, inscrire la mention « s.o. ».	X· $d_p$
<b>158</b>	12.1.1.2	Sondes de prélèvement des matières particulaires – Conformité globale	Vérifier que les sondes de prélèvement des PM <sub>2,5</sub> et des PM <sub>10</sub> utilisées pour le frein soumis à l'essai satisfont à toutes les prescriptions énoncées aux alinéas a) à f) du paragraphe 12.1.1.2.	Oui/Non
<b>159</b>	12.1.1.3	Buses de prélèvement pour la mesure des émissions de matières particulaires – Dimensions de la buse de prélèvement des PM <sub>2,5</sub> (diamètre intérieur)	Indiquer le diamètre intérieur ( $d_n$ ) de la buse de prélèvement des PM <sub>2,5</sub> utilisée pour le frein soumis à l'essai.	mm
<b>160</b>	12.1.1.3	Buses de prélèvement pour la mesure des émissions de matières particulaires – Dimensions de la buse de prélèvement des PM <sub>10</sub> (diamètre intérieur)	Indiquer le diamètre intérieur ( $d_n$ ) de la buse de prélèvement des PM <sub>10</sub> utilisée pour le frein soumis à l'essai.	mm

<i>Numéro</i>	<i>Paragraphe</i>	<i>Paramètres d'entrée</i>	<i>Brève description</i>	<i>Unité</i>
<b>161</b>	12.1.1.3	Buses de prélèvement pour la mesure des émissions de matières particulaires – Angle d'aspiration de la buse de prélèvement des PM <sub>2,5</sub>	Indiquer l'angle d'aspiration de la buse de prélèvement des PM <sub>2,5</sub> appliqué pour le frein soumis à l'essai.	°
<b>162</b>	12.1.1.3	Buses de prélèvement pour la mesure des émissions de matières particulaires – Angle d'aspiration de la buse de prélèvement des PM <sub>10</sub>	Indiquer l'angle d'aspiration de la buse de prélèvement des PM <sub>10</sub> appliqué pour le frein soumis à l'essai.	°
<b>163</b>	12.1.1.3	Buses de prélèvement pour la mesure des émissions de matières particulaires – Conformité globale	Vérifier que les buses de prélèvement des PM <sub>2,5</sub> et des PM <sub>10</sub> utilisées pour le frein soumis à l'essai satisfont à toutes les prescriptions énoncées aux alinéas a) à h) du paragraphe 12.1.1.3.	Oui/Non
<b>164</b>	12.1.2.1	Dispositif de séparation des matières particulaires – Taille de coupure du cyclone de PM <sub>2,5</sub>	Indiquer la taille de coupure du séparateur cyclonique de PM <sub>2,5</sub> utilisé pour le frein soumis à l'essai.	µm
<b>165</b>	12.1.2.1	Dispositif de séparation des matières particulaires – Taille de coupure du cyclone de PM <sub>10</sub>	Indiquer la taille de coupure du séparateur cyclonique de PM <sub>10</sub> utilisé pour le frein soumis à l'essai.	µm
<b>166</b>	12.1.2.1	Dispositif de séparation des matières particulaires – Conformité globale	Vérifier que les séparateurs cycloniques de PM <sub>2,5</sub> et de PM <sub>10</sub> utilisés pour le frein soumis à l'essai satisfont à toutes les prescriptions énoncées aux alinéas a) à c) du paragraphe 12.1.2.1.	Oui/Non
<b>167</b>	12.1.2.2	Ligne de prélèvement des matières particulaires – Dimensions de la ligne de prélèvement des PM <sub>2,5</sub> (diamètre intérieur)	Indiquer le diamètre intérieur (d <sub>s</sub> ) de la ligne de prélèvement des PM <sub>2,5</sub> utilisée pour le frein soumis à l'essai.	mm
<b>168</b>	12.1.2.2	Ligne de prélèvement des matières particulaires – Dimensions de la ligne de prélèvement des PM <sub>10</sub> (diamètre intérieur)	Indiquer le diamètre intérieur (d <sub>s</sub> ) de la ligne de prélèvement des PM <sub>10</sub> utilisée pour le frein soumis à l'essai.	mm
<b>169</b>	12.1.2.2	Ligne de prélèvement des matières particulaires – Dimensions de la ligne de prélèvement des PM <sub>2,5</sub> (longueur)	Indiquer la longueur totale de la ligne de prélèvement des PM <sub>2,5</sub> utilisée pour le frein soumis à l'essai, entre le cyclone et l'extrémité du porte-filtre.	mm
<b>170</b>	12.1.2.2	Ligne de prélèvement des matières particulaires – Dimensions de la ligne de prélèvement des PM <sub>10</sub> (longueur)	Indiquer la longueur totale de la ligne de prélèvement des PM <sub>10</sub> utilisée pour le frein soumis à l'essai, entre le cyclone et l'extrémité du porte-filtre.	mm

<i>Numéro</i>	<i>Paragraphe</i>	<i>Paramètres d'entrée</i>	<i>Brève description</i>	<i>Unité</i>
171	12.1.2.2	Ligne de prélèvement des matières particulaires – Présence d'un coude	Indiquer si les lignes de prélèvement des PM <sub>2,5</sub> et/ou des PM <sub>10</sub> utilisées pour le frein soumis à l'essai sont coudées.	Oui/Non
172	12.1.2.2	Ligne de prélèvement des matières particulaires – Rayon de courbure de la ligne de prélèvement des PM <sub>2,5</sub>	Lorsque la ligne de prélèvement des PM <sub>2,5</sub> est coudée, indiquer son rayon de courbure sous la forme d'une fonction du diamètre de la ligne de prélèvement. Sinon, inscrire la mention « s.o. ».	X·d <sub>s</sub>
173	12.1.2.2	Ligne de prélèvement des matières particulaires – Rayon de courbure de la ligne de prélèvement des PM <sub>10</sub>	Lorsque la ligne de prélèvement des PM <sub>10</sub> est coudée, indiquer son rayon de courbure sous la forme d'une fonction du diamètre de la ligne de prélèvement. Sinon, inscrire la mention « s.o. ».	X·d <sub>s</sub>
174	12.1.2.2	Ligne de prélèvement des matières particulaires – Conformité globale	Vérifier que les lignes de prélèvement des PM <sub>2,5</sub> et des PM <sub>10</sub> utilisées pour le frein soumis à l'essai satisfont à toutes les prescriptions énoncées aux alinéas a) à f) du paragraphe 12.1.2.2.	Oui/Non
175	12.1.2.3	Débit de prélèvement des matières particulaires – Débit nominal de prélèvement d'échantillons de PM <sub>2,5</sub>	Indiquer la valeur de consigne (nominale) du débit de prélèvement d'échantillons de PM <sub>2,5</sub> pour le frein soumis à l'essai (Q <sub>PM2,5-set</sub> ).	l/min
176	12.1.2.3	Débit de prélèvement des matières particulaires – Débit nominal de prélèvement d'échantillons de PM <sub>10</sub>	Indiquer la valeur de consigne (nominale) du débit de prélèvement d'échantillons de PM <sub>10</sub> pour le frein soumis à l'essai (Q <sub>PM10-set</sub> ).	l/min
177	12.1.2.3	Débit de prélèvement des matières particulaires – Débit de prélèvement d'échantillons de PM <sub>2,5</sub> mesuré	Calculer et consigner le débit de prélèvement moyen d'échantillons de PM <sub>2,5</sub> , à partir de la mesure effectuée pendant la phase de mesure des émissions du frein soumis à l'essai. Utiliser le paramètre « Débit de prélèvement réel d'échantillons de PM <sub>2,5</sub> » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai pour calculer le débit mesuré moyen pendant le cycle de freinage WLTP (compte non tenu des temps de refroidissement).	l/min
178	12.1.2.3	Débit de prélèvement des matières particulaires – Débit de prélèvement d'échantillons de PM <sub>10</sub> mesuré	Calculer et consigner le débit de prélèvement moyen d'échantillons de PM <sub>10</sub> , à partir de la mesure effectuée pendant la phase de mesure des émissions du frein soumis à l'essai. Utiliser le paramètre « Débit de prélèvement d'échantillons de PM <sub>10</sub> réel » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai pour calculer le débit mesuré moyen pendant le cycle de freinage WLTP (compte non tenu des temps de refroidissement).	l/min
179	12.1.2.3	Débit de prélèvement des matières particulaires – Débit de prélèvement normalisé d'échantillons de PM <sub>2,5</sub>	Consigner le débit de prélèvement normalisé moyen d'échantillons de PM <sub>2,5</sub> , à partir de la mesure effectuée pendant la phase de mesure des émissions du frein soumis à l'essai (NQ <sub>PM2,5</sub> ). Utiliser le paramètre « Débit de prélèvement d'échantillons de PM <sub>2,5</sub> réel normalisé » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai pour calculer le débit mesuré moyen pendant le cycle de freinage WLTP (compte non tenu des temps de refroidissement).	Nl/min

<i>Numéro</i>	<i>Paragraphe</i>	<i>Paramètres d'entrée</i>	<i>Brève description</i>	<i>Unité</i>
<b>180</b>	12.1.2.3	Débit de prélèvement des matières particulaires – Débit de prélèvement normalisé d'échantillons de PM <sub>10</sub>	Consigner le débit de prélèvement normalisé moyen d'échantillons de PM <sub>10</sub> , à partir de la mesure effectuée pendant la phase de mesure des émissions du frein soumis à l'essai (NQ <sub>PM10</sub> ). Utiliser le paramètre « Débit de prélèvement d'échantillons de PM <sub>10</sub> réel normalisé » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai pour calculer le débit mesuré moyen pendant le cycle de freinage WLTP (compte non tenu des temps de refroidissement).	NI/min
<b>181</b>	12.1.2.3, 12.1.2.4	Débit de prélèvement des matières particulaires – Rapport isocinétique pour les PM <sub>2,5</sub>	Calculer et consigner le rapport isocinétique moyen pour les PM <sub>2,5</sub> pendant la phase de mesure des émissions du frein soumis à l'essai. Appliquer l'équation 12.4 et utiliser le diamètre de la buse de prélèvement des PM <sub>2,5</sub> et les paramètres « Débit d'air de refroidissement réel normalisé » et « Débit de prélèvement d'échantillons de PM <sub>2,5</sub> réel normalisé » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai pour calculer le rapport isocinétique moyen pendant le cycle de freinage WLTP (compte non tenu des temps de refroidissement).	–
<b>182</b>	12.1.2.3, 12.1.2.4	Débit de prélèvement des matières particulaires – Rapport isocinétique pour les PM <sub>10</sub>	Calculer et consigner le rapport isocinétique moyen pour les PM <sub>10</sub> pendant la phase de mesure des émissions du frein soumis à l'essai. Appliquer l'équation 12.4 et utiliser le diamètre de la buse de prélèvement des PM <sub>10</sub> et les paramètres « Débit d'air de refroidissement réel normalisé » et « Débit de prélèvement d'échantillons de PM <sub>10</sub> réel normalisé » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai pour calculer le rapport isocinétique moyen pendant le cycle de freinage WLTP (compte non tenu des temps de refroidissement).	–
<b>183</b>	12.1.2.3	Débit de prélèvement des matières particulaires – Conformité globale	Vérifier que toutes les spécifications relatives au débit de prélèvement d'échantillons de PM <sub>2,5</sub> et de PM <sub>10</sub> ainsi qu'au rapport isocinétique pour les PM <sub>2,5</sub> et les PM <sub>10</sub> , définies aux alinéas a) à i) du paragraphe 12.1.2.3 concernant le frein soumis à l'essai sont respectées.	Oui/Non
<b>184</b>	12.1.3.1	Porte-filtre pour le prélèvement des matières particulaires – Conformité globale du porte-filtre pour le prélèvement des PM <sub>2,5</sub>	Vérifier que le porte-filtre pour le prélèvement des PM <sub>2,5</sub> satisfait à toutes les prescriptions définies aux alinéas a) à d) du paragraphe 12.1.3.1.	Oui/Non
<b>185</b>	12.1.3.1	Porte-filtre pour le prélèvement des matières particulaires – Conformité globale du porte-filtre pour le prélèvement des PM <sub>10</sub>	Vérifier que le porte-filtre pour le prélèvement des PM <sub>10</sub> satisfait à toutes les prescriptions définies aux alinéas a) à d) du paragraphe 12.1.3.1.	Oui/Non
<b>186</b>	12.1.3.2	Filtres de collecte de matières particulaires – Type de filtre de collecte des PM <sub>2,5</sub>	Préciser le type de filtre (matériau filtrant) utilisé aux fins de la collecte des PM <sub>2,5</sub> pour le frein soumis à l'essai.	–

Numéro	Paragraphe	Paramètres d'entrée	Brève description	Unité
187	12.1.3.2	Filtres de collecte de matières particulaires – Type de filtre de collecte des PM <sub>10</sub>	Préciser le type de filtre (matériau filtrant) utilisé aux fins de la collecte des PM <sub>10</sub> pour le frein soumis à l'essai.	–
188	12.1.3.2	Filtres de collecte de matières particulaires – Conformité globale	Vérifier que les filtres utilisés aux fins de la collecte des PM <sub>2,5</sub> et des PM <sub>10</sub> pour le frein soumis à l'essai satisfont à toutes les prescriptions définies au paragraphe 12.1.3.2.	Oui/Non
189	12.1.4	Procédure de pesage – Chambre climatique	Vérifier que la balance a été conservée dans une chambre appropriée satisfaisant à toutes les prescriptions décrites au paragraphe 12.1.4.	Oui/Non
190	12.1.4	Procédure de pesage – Résolution de la balance	Indiquer la résolution de la balance utilisée pour peser les filtres de collecte des PM <sub>10</sub> et des PM <sub>2,5</sub> .	µg
191	12.1.4	Procédure de pesage – Date et heure du pesage préalable au prélèvement	Indiquer la date et l'heure du pesage, préalable au prélèvement des PM <sub>2,5</sub> et des PM <sub>10</sub> , des filtres utilisés pour le frein soumis à l'essai.	–
192	12.1.4	Procédure de pesage – Température de la chambre de pesage avant prélèvement	Indiquer la température moyenne de la chambre de pesage avant prélèvement lors du pesage des filtres de collecte des PM <sub>10</sub> et des PM <sub>2,5</sub> .	°C
193	12.1.4	Procédure de pesage – Humidité relative de la chambre de pesage avant prélèvement	Indiquer l'humidité relative moyenne de la chambre de pesage avant prélèvement lors du pesage des filtres de collecte des PM <sub>10</sub> et des PM <sub>2,5</sub> .	%
194	12.1.4	Procédure de pesage – Masse du filtre de collecte des PM <sub>2,5</sub> avant le prélèvement	Indiquer la masse finale du filtre de collecte des PM <sub>2,5</sub> avant le prélèvement pour le frein soumis à l'essai. Calculer la masse du filtre de collecte des PM <sub>2,5</sub> avant le prélèvement conformément à la procédure définie à l'alinéa g) du paragraphe 12.1.4 ( $P_{e(uncorrected)}$ ).	µg
195	12.1.4	Procédure de pesage – Masse corrigée du filtre de collecte des PM <sub>2,5</sub> avant le prélèvement	Indiquer la masse du filtre de collecte des PM <sub>2,5</sub> avant le prélèvement, corrigée pour la flottabilité, pour le frein soumis à l'essai ( $P_{e(corrected)}$ ). Calculer la masse corrigée au moyen de l'équation 12.5.	µg
196	12.1.4.	Procédure de pesage – Masse du filtre de collecte des PM <sub>10</sub> avant le prélèvement	Indiquer la masse finale du filtre de collecte des PM <sub>10</sub> avant le prélèvement pour le frein soumis à l'essai. Calculer la masse du filtre de collecte des PM <sub>10</sub> avant le prélèvement conformément à la procédure définie à l'alinéa g) du paragraphe 12.1.4 ( $P_{e(uncorrected)}$ ).	µg
197	12.1.4	Procédure de pesage – Masse corrigée du filtre de collecte des PM <sub>10</sub> avant le prélèvement	Indiquer la masse du filtre de collecte des PM <sub>10</sub> avant le prélèvement, corrigée pour la flottabilité, pour le frein soumis à l'essai ( $P_{e(corrected)}$ ). Calculer la masse corrigée au moyen de l'équation 12.5.	µg
198	12.1.4	Procédure de pesage – Date et heure du pesage consécutif au prélèvement	Indiquer la date et l'heure du pesage, consécutif au prélèvement des PM <sub>2,5</sub> et des PM <sub>10</sub> , des filtres utilisés pour le frein soumis à l'essai.	–

<i>Numéro</i>	<i>Paragraphe</i>	<i>Paramètres d'entrée</i>	<i>Brève description</i>	<i>Unité</i>
<b>199</b>	12.1.4	Procédure de pesage – Température de la chambre de pesage après prélèvement	Indiquer la température moyenne de la chambre de pesage après prélèvement lors du pesage des filtres de collecte des PM <sub>10</sub> et des PM <sub>2,5</sub> .	°C
<b>200</b>	12.1.4	Procédure de pesage – Humidité relative de la chambre de pesage après prélèvement	Indiquer l'humidité relative moyenne de la chambre de pesage après prélèvement lors du pesage des filtres de collecte des PM <sub>10</sub> et des PM <sub>2,5</sub> .	%
<b>201</b>	12.1.4	Procédure de pesage – Masse du filtre de collecte des PM <sub>2,5</sub> après le prélèvement	Indiquer la masse finale du filtre de collecte des PM <sub>2,5</sub> après le prélèvement pour le frein soumis à l'essai. Calculer la masse du filtre de collecte des PM <sub>2,5</sub> après le prélèvement conformément à la procédure définie à l'alinéa g) du paragraphe 12.1.4 ( $P_{e(Uncorrected)}$ ).	µg
<b>202</b>	12.1.4	Procédure de pesage – Masse corrigée du filtre de collecte des PM <sub>2,5</sub> après le prélèvement	Indiquer la masse du filtre de collecte des PM <sub>2,5</sub> après le prélèvement, corrigée pour la flottabilité, pour le frein soumis à l'essai ( $P_{e(Corrected)}$ ). Calculer la masse corrigée au moyen de l'équation 12.5.	µg
<b>203</b>	12.1.4	Procédure de pesage – Masse du filtre de collecte des PM <sub>10</sub> après le prélèvement	Indiquer la masse finale du filtre de collecte des PM <sub>10</sub> après le prélèvement pour le frein soumis à l'essai. Calculer la masse du filtre de collecte des PM <sub>10</sub> après le prélèvement, conformément à la procédure définie à l'alinéa g) du paragraphe 12.1.4 ( $P_{e(Uncorrected)}$ ).	µg
<b>204</b>	12.1.4	Procédure de pesage – Masse corrigée du filtre de collecte des PM <sub>10</sub> après le prélèvement	Indiquer la masse du filtre de collecte des PM <sub>10</sub> après le prélèvement, corrigée pour la flottabilité, pour le frein soumis à l'essai ( $P_{e(Corrected)}$ ). Calculer la masse corrigée au moyen de l'équation 12.5.	µg
<b>205</b>	12.1.4	Procédure de pesage – Charge finale du filtre de collecte des PM <sub>2,5</sub>	Indiquer la charge du filtre de collecte des PM <sub>2,5</sub> pour le frein soumis à l'essai ( $P_{e(2,5)}$ ). Effectuer le calcul à l'aide des masses du filtre de collecte des PM <sub>2,5</sub> obtenues avant et après l'essai et corrigées pour la flottabilité, comme spécifié à l'alinéa g) du paragraphe 12.1.4.	µg
<b>206</b>	12.1.4	Procédure de pesage – charge finale du filtre de collecte des PM <sub>10</sub>	Indiquer la charge du filtre de collecte des PM <sub>10</sub> pour le frein soumis à l'essai ( $P_{e(10)}$ ). Effectuer le calcul à l'aide des masses du filtre de collecte des PM <sub>10</sub> obtenues avant et après l'essai et corrigées pour la flottabilité, comme spécifié à l'alinéa g) du paragraphe 12.1.4.	µg
<b>207</b>	12.1.4	Procédure de pesage – Conformité globale	Vérifier qu'il a été satisfait à toutes les prescriptions définies au paragraphe 12.1.4 concernant le conditionnement, la manipulation et le pesage des filtres de collecte des PM <sub>2,5</sub> et des PM <sub>10</sub> utilisés pour le frein soumis à l'essai.	Oui/Non
<b>208</b>	12.1.4	Procédure de pesage – Masse initiale du filtre de référence pour la collecte des PM <sub>2,5</sub>	Indiquer la masse initiale du filtre de référence pour la collecte des PM <sub>2,5</sub> , corrigée pour la flottabilité, pour le frein soumis à l'essai. Calculer la masse corrigée au moyen de l'équation 12.5.	µg

Numéro	Paragraphe	Paramètres d'entrée	Brève description	Unité
209	12.1.4	Procédure de pesage – Masse finale du filtre de référence pour la collecte des PM <sub>2,5</sub>	Indiquer la masse finale du filtre de référence pour la collecte des PM <sub>2,5</sub> , corrigée pour la flottabilité, pour le frein soumis à l'essai. Calculer la masse corrigée au moyen de l'équation 12.5.	µg
210	12.1.4	Procédure de pesage – Masse initiale du filtre de référence pour la collecte des PM <sub>10</sub>	Indiquer la masse initiale du filtre de référence pour la collecte des PM <sub>10</sub> , corrigée pour la flottabilité, pour le frein soumis à l'essai. Calculer la masse corrigée au moyen de l'équation 12.5.	µg
211	12.1.4.	Procédure de pesage – Masse finale du filtre de référence pour la collecte des PM <sub>10</sub>	Indiquer la masse finale du filtre de référence pour la collecte des PM <sub>10</sub> , corrigée pour la flottabilité, pour le frein soumis à l'essai. Calculer la masse corrigée au moyen de l'équation 12.5.	µg
212	12.1.4	Procédure de pesage – Vérification de la validité des filtres de référence	Vérifier que la différence moyenne entre la masse mesurée initiale et la masse mesurée finale des filtres de référence pour la collecte des PM <sub>2,5</sub> et des PM <sub>10</sub> se situe dans la fourchette de ±10 µg, conformément aux spécifications définies à l'alinéa f) du paragraphe 12.1.4.	Oui/Non
213	12.1.4	Procédure de pesage – Conformité globale de la procédure de pesage des filtres de référence	Vérifier que le pesage des filtres de référence pour la collecte des PM <sub>2,5</sub> et des PM <sub>10</sub> a été effectué conformément aux spécifications définies à l'alinéa f) du paragraphe 12.1.4.	Oui/Non
214	12.1.5	Calcul des coefficients d'émission de matières particulaires – Coefficient d'émission de PM <sub>2,5</sub> de référence	Indiquer le coefficient d'émission de PM <sub>2,5</sub> en masse par unité de distance parcourue pour le frein soumis à l'essai, tel que spécifié au paragraphe 12.1.5 (PM <sub>2,5</sub> EF <sub>ref</sub> ). Utiliser la charge du filtre de collecte des PM <sub>2,5</sub> pour le frein soumis à l'essai (Pe <sub>(2,5)</sub> ), calculée dans le fichier sur les mesures de masse. Utiliser les paramètres « Débit d'air de refroidissement réel normalisé », « Débit de prélèvement réel normalisé d'échantillons de PM <sub>2,5</sub> » et « Distance parcourue » du fichier axé sur la durée de l'essai pour le cycle de freinage WLTP de la phase de mesure des émissions.	mg/km
215	12.1.5	Calcul des coefficients d'émission de matières particulaires – Coefficient final d'émission de PM <sub>2,5</sub>	Indiquer le coefficient final d'émission de PM <sub>2,5</sub> en masse par unité de distance parcourue pour le véhicule sur lequel le frein soumis à l'essai est monté (PM <sub>2,5</sub> EF). Faire le calcul au moyen de l'équation 12.9, comme indiqué au paragraphe 12.1.5.	mg/km
216	12.1.5	Calcul des coefficients d'émission de matières particulaires – Coefficient d'émission de PM <sub>10</sub> de référence	Indiquer le coefficient d'émission de PM <sub>10</sub> en masse par unité de distance parcourue pour le frein soumis à l'essai, tel que spécifié au paragraphe 12.1.5 (PM <sub>10</sub> EF <sub>ref</sub> ). Utiliser la charge du filtre de collecte des PM <sub>10</sub> pour le frein soumis à l'essai (Pe <sub>(10)</sub> ), calculée dans le fichier sur les mesures de masse. Utiliser les paramètres « Débit d'air de refroidissement réel normalisé », « Débit de prélèvement normalisé d'échantillons de PM <sub>10</sub> » et « Distance parcourue » du fichier axé sur la durée de l'essai pour le cycle de freinage WLTP de la phase de mesure des émissions.	mg/km

<i>Numéro</i>	<i>Paragraphe</i>	<i>Paramètres d'entrée</i>	<i>Brève description</i>	<i>Unité</i>
<b>217</b>	12.1.5	Calcul des coefficients d'émission de matières particulaires – Coefficient final d'émission de PM <sub>10</sub>	Indiquer le coefficient final d'émission de PM <sub>10</sub> en masse par unité de distance parcourue pour le véhicule sur lequel le frein soumis à l'essai est monté (PM <sub>10</sub> EF). Faire le calcul au moyen de l'équation 12.10, comme indiqué au paragraphe 12.1.5.	mg/km
<b>218</b>	12.2.1.1	Plan de prélèvement pour la mesure du nombre de particules – Configuration	Préciser si une ou deux sondes de prélèvement ont été utilisées aux fins de la mesure du TPN10 et du SPN10 pour le frein soumis à l'essai.	–
<b>219</b>	12.2.1.1	Plan de prélèvement pour la mesure du nombre de particules – Emplacement des sondes de prélèvement destinées à la mesure du nombre de particules	Vérifier que la conception du plan de prélèvement et l'emplacement des sondes de prélèvement pour la mesure du TPN10 et du SPN10 sont conformes aux spécifications décrites aux alinéas a) et b) du paragraphe 12.2.1.1.	Oui/Non
<b>220</b>	12.2.1.1	Plan de prélèvement pour la mesure du nombre de particules – Angle d'écoulement du diviseur de flux	Lorsqu'une seule sonde de prélèvement est utilisée à la fois pour la mesure du TPN10 et du SPN10, indiquer l'angle d'écoulement du diviseur de flux utilisé.	°
<b>221</b>	12.2.1.1	Plan de prélèvement pour la mesure du nombre de particules – Conformité globale du diviseur de flux	Lorsqu'une seule sonde de prélèvement est utilisée pour la mesure du TPN10 et du SPN10, vérifier que le diviseur de flux utilisé satisfait à toutes les prescriptions relatives à la conception, à la vitesse d'écoulement et à la pénétration définies aux alinéas c) à e) du paragraphe 12.2.1.1.	Oui/Non/ s.o.
<b>222</b>	12.2.1.2	Sondes de prélèvement pour la mesure du nombre de particules – Dimensions de la sonde de prélèvement utilisée pour la mesure du TPN10 (diamètre intérieur)	Indiquer le diamètre intérieur ( $d_p$ ) de la sonde de prélèvement utilisée aux fins de la mesure du TPN10 pour le frein soumis à l'essai.	mm
<b>223</b>	12.2.1.2	Sondes de prélèvement pour la mesure du nombre de particules – Dimensions de la sonde de prélèvement utilisée pour la mesure du SPN10 (diamètre intérieur)	Indiquer le diamètre intérieur ( $d_p$ ) de la sonde de prélèvement utilisée aux fins de la mesure du SPN10 pour le frein soumis à l'essai.	mm
<b>224</b>	12.2.1.2	Sondes de prélèvement pour la mesure du nombre de particules – Dimensions de la sonde de prélèvement utilisée pour la mesure du TPN10 (longueur)	Indiquer la longueur totale de la sonde de prélèvement utilisée aux fins de la mesure du TPN10 pour le frein soumis à l'essai, entre la pointe de la buse de prélèvement et l'entrée du tube de transfert de particules.	mm
<b>225</b>	12.2.1.2	Sondes de prélèvement pour la mesure du nombre de particules – Dimensions de la sonde de prélèvement utilisée pour la mesure du SPN10 (longueur)	Indiquer la longueur totale de la sonde de prélèvement utilisée aux fins de la mesure du SPN10 pour le frein soumis à l'essai, entre la pointe de la buse de prélèvement et l'entrée du tube de transfert de particules.	mm

<i>Numéro</i>	<i>Paragraphe</i>	<i>Paramètres d'entrée</i>	<i>Brève description</i>	<i>Unité</i>
226	12.2.1.2	Sondes de prélèvement pour la mesure du nombre de particules – Présence d'un coude	Indiquer si la ou les sondes de prélèvement utilisées aux fins de la mesure du TPN10 et du SPN10 pour le frein soumis à l'essai sont coudées.	Oui/Non
227	12.2.1.2	Sondes de prélèvement pour la mesure du nombre de particules – Rayon de courbure de la sonde de prélèvement utilisée pour la mesure du TPN10	Lorsque la sonde de prélèvement utilisée aux fins de la mesure du TPN10 est coudée, indiquer son rayon de courbure sous la forme d'une fonction du diamètre de la sonde. Sinon, inscrire la mention « s.o. ».	X·d <sub>p</sub>
228	12.2.1.2	Sondes de prélèvement pour la mesure du nombre de particules – Rayon de courbure de la sonde de prélèvement utilisée pour la mesure du SPN10	Lorsque la sonde de prélèvement utilisée aux fins de la mesure du SPN10 est coudée, indiquer son rayon de courbure sous la forme d'une fonction du diamètre de la sonde. Sinon, inscrire la mention « s.o. ».	X·d <sub>p</sub>
229	12.2.1.2	Sondes de prélèvement pour la mesure du nombre de particules – Conformité globale	Vérifier que la ou les sondes de prélèvement utilisées aux fins de la mesure du TPN10 et du SPN10 pour le frein soumis à l'essai satisfont à toutes les prescriptions énoncées aux alinéas a) à f) du paragraphe 12.2.1.2.	Oui/Non
230	12.2.1.3	Buses de prélèvement pour la mesure du nombre de particules – Dimensions de la buse de prélèvement utilisée pour la mesure du TPN10 (diamètre intérieur)	Indiquer le diamètre intérieur (d <sub>n</sub> ) de la buse de prélèvement utilisée aux fins de la mesure du TPN10 pour le frein soumis à l'essai.	mm
231	12.2.1.3	Buses de prélèvement pour la mesure du nombre de particules – Dimensions de la buse de prélèvement utilisée pour la mesure du SPN10 (diamètre intérieur)	Indiquer le diamètre intérieur (d <sub>n</sub> ) de la buse de prélèvement utilisée aux fins de la mesure du SPN10 pour le frein soumis à l'essai.	mm
232	12.2.1.3	Buses de prélèvement pour la mesure du nombre de particules – Angle d'aspiration de la buse de prélèvement utilisée pour la mesure du TPN10	Indiquer l'angle d'aspiration de la buse de prélèvement utilisée aux fins de la mesure du TPN10 pour le frein soumis à l'essai.	°
233	12.2.1.3	Buses de prélèvement pour la mesure du nombre de particules – Angle d'aspiration de la buse de prélèvement utilisée pour la mesure du SPN10	Indiquer l'angle d'aspiration de la buse de prélèvement utilisée aux fins de la mesure du SPN10 pour le frein soumis à l'essai.	°
234	12.2.1.3	Buses de prélèvement pour la mesure du nombre de particules – Conformité globale	Vérifier que les buses de prélèvement utilisées aux fins de la mesure du TPN10 et du SPN10 pour le frein soumis à l'essai satisfont à toutes les prescriptions énoncées aux alinéas a) à g) du paragraphe 12.2.1.3.	Oui/Non

<i>Numéro</i>	<i>Paragraphe</i>	<i>Paramètres d'entrée</i>	<i>Brève description</i>	<i>Unité</i>
<b>235</b>	12.2.1.4	Tube de transfert des particules – Dimensions du tube de transfert des particules utilisé pour la mesure du TPN10 (diamètre intérieur)	Indiquer le diamètre intérieur ( $d_{it}$ ) du tube de transfert des particules utilisé aux fins de la mesure du TPN10 pour le frein soumis à l'essai.	mm
<b>236</b>	12.2.1.4	Tube de transfert des particules – Dimensions du tube de transfert des particules utilisé pour la mesure du SPN10 (diamètre intérieur)	Indiquer le diamètre intérieur ( $d_{it}$ ) du tube de transfert des particules utilisé aux fins de la mesure du SPN10 pour le frein soumis à l'essai.	mm
<b>237</b>	12.2.1.4	Tube de transfert des particules – Présence d'un coude	Indiquer si les tubes de transfert des particules utilisés aux fins de la mesure du TPN10 et/ou du SPN10 pour le frein soumis à l'essai sont coudés.	Oui/Non
<b>238</b>	12.2.1.4	Tube de transfert des particules – Rayon de courbure du tube de transfert des particules utilisé pour la mesure du TPN10	Lorsque le tube de transfert des particules utilisé pour la mesure du TPN10 est coudé, indiquer son rayon de courbure sous la forme d'une fonction du diamètre du tube de transfert.	$X \cdot d_{it}$
<b>239</b>	12.2.1.4	Tube de transfert des particules – Rayon de courbure du tube de transfert des particules utilisé pour la mesure du SPN10	Lorsque le tube de transfert des particules utilisé pour la mesure du SPN10 est coudé, indiquer son rayon de courbure sous la forme d'une fonction du diamètre du tube de transfert.	$X \cdot d_{it}$
<b>240</b>	12.2.1.4	Tube de transfert des particules – Conformité globale	Vérifier que les tubes de transfert des particules utilisés aux fins de la mesure du TPN10 et du SPN10 pour le frein soumis à l'essai satisfont à toutes les prescriptions énoncées aux alinéas a) à g) du paragraphe 12.2.1.4.	Oui/Non
<b>241</b>	12.2.2.1	Séparateur de particules – Taille de coupure pour la mesure du TPN10	Indiquer la taille de coupure du séparateur cyclonique utilisé pour la mesure du TPN10 pour le frein soumis à l'essai.	$\mu\text{m}$
<b>242</b>	12.2.2.1	Séparateur de particules – Taille de coupure pour la mesure du SPN10	Indiquer la taille de coupure du séparateur cyclonique utilisé pour la mesure du SPN10 pour le frein soumis à l'essai.	$\mu\text{m}$
<b>243</b>	12.2.2.1	Séparateur de particules – Conformité globale	Vérifier que le ou les séparateurs cycloniques de particules utilisés pour le frein soumis à l'essai satisfont à toutes les prescriptions énoncées aux alinéas a) à e) du paragraphe 12.2.2.1.	Oui/Non
<b>244</b>	12.2.2.2	Conditionnement des échantillons de particules – Moyenne du PCRf pour la mesure du TPN10	Indiquer la moyenne arithmétique du PCRf appliqué aux fins de la mesure du TPN10 pour le frein soumis à l'essai. Utiliser le paramètre « PCRf moyen pour la mesure du TPN10 » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai pour calculer la moyenne arithmétique du PCRf pendant le cycle de freinage WLTP de la phase de mesure des émissions.	–

Numéro	Paragraphe	Paramètres d'entrée	Brève description	Unité
245	12.2.2.2	Conditionnement des échantillons de particules – Moyenne du PCRf pour la mesure du SPN10	Indiquer la moyenne arithmétique du PCRf appliqué aux fins de la mesure du SPN10 pour le frein soumis à l'essai. Utiliser le paramètre « PCRf moyen pour la mesure du SPN10 » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai pour calculer la moyenne arithmétique du PCRf pendant le cycle de freinage WLTP de la phase de mesure des émissions.	–
246	12.2.2.2	Conditionnement des échantillons de particules – Conformité globale concernant le TPN10	Vérifier que le système de dilution utilisé aux fins de la mesure du TPN10 pour le frein soumis à l'essai satisfait à toutes les prescriptions définies aux alinéas a) à j) du paragraphe 12.2.2.2.	Oui/Non
247	12.2.2.2	Conditionnement des échantillons de particules – Conformité globale concernant le SPN10	Vérifier que le système de séparation de particules volatiles utilisé aux fins de la mesure du SPN10 pour le frein soumis à l'essai satisfait à toutes les prescriptions définies aux alinéas k) à v) du paragraphe 12.2.2.2.	Oui/Non
248	12.2.2.3	Conduite de transfert interne de particules – Dimensions de la conduite pour la mesure du TPN10 (diamètre intérieur)	Indiquer le diamètre intérieur ( $d_{it}$ ) de la conduite de transfert interne de particules utilisée aux fins de la mesure du TPN10 pour le frein soumis à l'essai.	mm
249	12.2.2.3	Conduite de transfert interne de particules – Dimensions de la conduite pour la mesure du SPN10 (diamètre intérieur)	Indiquer le diamètre intérieur ( $d_{it}$ ) de la conduite de transfert interne de particules utilisée aux fins de la mesure du SPN10 pour le frein soumis à l'essai.	mm
250	12.2.2.3.	Conduite de transfert interne de particules – Dimensions de la conduite utilisée pour la mesure du TPN10 (longueur)	Indiquer la longueur de la conduite de transfert interne de particules utilisée pour la mesure du TPN10, entre la sortie du système de dilution et l'entrée du PNC, pour le frein soumis à l'essai.	mm
251	12.2.2.3	Conduite de transfert interne de particules – Dimensions de la conduite utilisée pour la mesure du SPN10 (longueur)	Indiquer la longueur de la conduite de transfert interne de particules utilisée pour la mesure du SPN10, entre la sortie du VPR et l'entrée du PNC, pour le frein soumis à l'essai.	mm
252	12.2.2.3.	Conduite de transfert interne de particules – Présence d'un coude	Indiquer si la conduite de transfert interne de particules utilisée aux fins de la mesure du TPN10 et/ou du SPN10 pour le frein soumis à l'essai est coudée. Sinon, inscrire la mention « s.o. ».	Oui/Non
253	12.2.2.3	Conduite de transfert interne de particules – Rayon de courbure de la conduite de transfert utilisée pour la mesure du TPN10	Lorsque la conduite de transfert interne de particules utilisée pour la mesure du TPN10 est coudée, indiquer son rayon de courbure sous la forme d'une fonction du diamètre de la conduite de transfert. Sinon, inscrire la mention « s.o. ».	X· $d_{it}$
254	12.2.2.3	Conduite de transfert interne de particules – Rayon de courbure de la conduite de transfert utilisée pour la mesure du SPN10	Lorsque la conduite de transfert interne de particules utilisée pour la mesure du SPN10 est coudée, indiquer son rayon de courbure sous la forme d'une fonction du diamètre de la conduite de transfert. Sinon, inscrire la mention « s.o. ».	X· $d_{it}$

<i>Numéro</i>	<i>Paragraphe</i>	<i>Paramètres d'entrée</i>	<i>Brève description</i>	<i>Unité</i>
<b>255</b>	12.2.2.3	Conduite de transfert interne de particules – Conformité globale	Vérifier que les conduites de transfert interne de particules utilisées pour la mesure du TPN10 et du SPN10 pour le frein soumis à l'essai satisfont à toutes les prescriptions relatives à la conception énoncées au paragraphe 12.2.2.3.	Oui/Non
<b>256</b>	12.2.3.1	Compteur de particules – Conformité globale du PNC utilisé pour la mesure du TPN10	Vérifier que le compteur de particules utilisé aux fins de la mesure du TPN10 pour le frein soumis à l'essai satisfait à toutes les prescriptions énoncées aux alinéas a) à i) du paragraphe 12.2.3.1.	Oui/Non
<b>257</b>	12.2.3.1	Compteur de particules – Conformité globale du PNC utilisé pour la mesure du SPN10	Vérifier que le compteur de particules utilisé aux fins de la mesure du SPN10 pour le frein soumis à l'essai satisfait à toutes les prescriptions énoncées aux alinéas a) à i) du paragraphe 12.2.3.1.	Oui/Non
<b>258</b>	12.2.3.2	Débit de prélèvement pour la mesure du nombre de particules – Débit mesuré pour la mesure du TPN10	Indiquer la valeur normalisée moyenne du débit de prélèvement utilisé aux fins de mesure du TPN10 pour le frein soumis à l'essai. Utiliser le paramètre « Débit de prélèvement réel normalisé pour la mesure du TPN10 » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai pour calculer le débit de prélèvement moyen pendant le cycle de freinage WLTP de la phase de mesure des émissions.	Nl/min
<b>259</b>	12.2.3.2	Débit de prélèvement pour la mesure du nombre de particules – Débit mesuré pour la mesure du SPN10	Indiquer la valeur normalisée moyenne du débit de prélèvement utilisé aux fins de la mesure du SPN10 pour le frein soumis à l'essai. Utiliser le paramètre « Débit de prélèvement réel normalisé pour la mesure du SPN10 » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai pour calculer le débit de prélèvement moyen pendant le cycle de freinage WLTP de la phase de mesure des émissions.	Nl/min
<b>260</b>	12.2.3.2	Débit de prélèvement pour la mesure du nombre de particules – Rapport isocinétique pour la mesure du TPN10	Indiquer le rapport isocinétique moyen utilisé aux fins de la mesure du TPN10 pour le frein soumis à l'essai. Utiliser le diamètre de la buse de prélèvement pour la mesure du TPN10 et les paramètres « Débit d'air de refroidissement réel normalisé » et « Débit de prélèvement réel normalisé pour la mesure du TPN10 » (1 Hz) dans le fichier axé sur la durée de l'essai sur le cycle de freinage WLTP de la phase de mesure des émissions pour faire le calcul au moyen de l'équation 12.4.	–
<b>261</b>	12.2.3.2	Débit de prélèvement pour la mesure du nombre de particules – Rapport isocinétique pour la mesure du SPN10	Indiquer le rapport isocinétique moyen utilisé aux fins de la mesure du SPN10 pour le frein soumis à l'essai. Utiliser le diamètre de la buse de prélèvement pour la mesure du SPN10 et les paramètres « Débit d'air de refroidissement réel normalisé » et « Débit de prélèvement réel normalisé pour la mesure du SPN10 » (1 Hz) dans le fichier axé sur la durée de l'essai sur le cycle de freinage WLTP de la phase de mesure des émissions pour faire le calcul au moyen de l'équation 12.4.	–

<i>Numéro</i>	<i>Paragraphe</i>	<i>Paramètres d'entrée</i>	<i>Brève description</i>	<i>Unité</i>
<b>262</b>	12.2.3.2	Débit de prélèvement pour la mesure du nombre de particules – Conformité globale	Vérifier la conformité à toutes les spécifications relatives au débit de prélèvement utilisé pour la mesure du TPN10 et du SPN10, ainsi qu'au rapport isocinétique utilisé pour la mesure du TPN10 et du SPN10, définies aux alinéas a) à h) du paragraphe 12.2.3.2.	Oui/Non
<b>263</b>	12.2.4	Calcul des coefficients d'émission de particules – Coefficient d'émission en TPN10 de référence	Indiquer le coefficient d'émission en TPN10 de référence (TPN10 EF <sub>ref</sub> ) en nombre de particules par unité de distance parcourue pour le frein soumis à l'essai, tel que spécifié au paragraphe 12.2.4.	Nombre/ km
<b>264</b>	12.2.4	Calcul des coefficients d'émission de particules – Coefficient final d'émission en TPN10	Indiquer le coefficient final en TPN10 en nombre de particules par unité de distance parcourue pour le véhicule sur lequel le frein soumis à l'essai est monté. Faire le calcul au moyen de l'équation 12.13, comme indiqué au paragraphe 12.2.4.	Nombre/ km
<b>265</b>	12.2.4	Calcul des coefficients d'émission de particules – Vérification de la plage de mesure de la concentration en TPN10	Vérifier que la concentration en TPN10 en nombre de particules par Ncm <sup>3</sup> se situe dans la plage de mesure spécifiée du PNC. Utiliser le paramètre « Concentration en TPN10 normalisée, corrigée par le PCRf » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai pour effectuer la vérification relative au cycle de freinage WLTP de la phase de mesure des émissions.	Oui/Non
<b>266</b>	12.2.4	Calcul des coefficients d'émission de particules – Coefficient d'émission en SPN10 de référence	Indiquer le coefficient d'émission en SPN10 de référence (SPN10 EF <sub>ref</sub> ) en nombre de particules par unité de distance parcourue pour le frein soumis à l'essai, tel que spécifié au paragraphe 12.2.4.	Nombre/ km
<b>267</b>	12.2.4	Calcul des coefficients d'émission de particules – Coefficient final d'émission en SPN10	Indiquer le coefficient final d'émission en SPN10 en nombre de particules par unité de distance parcourue pour le véhicule sur lequel le frein soumis à l'essai est monté. Faire le calcul au moyen de l'équation 12.14, comme indiqué au paragraphe 12.2.4.	Nombre/ km
<b>268</b>	12.2.4	Calcul des coefficients d'émission de particules – Vérification de la plage de mesure de la concentration en SPN10	Vérifier que la concentration en SPN10 en nombre de particules par Ncm <sup>3</sup> se situe dans la plage de mesure spécifiée du PNC. Utiliser le paramètre « Concentration en SPN10 normalisée, corrigée par le PCRf » (1 Hz) du fichier axé sur la durée de l'essai pour effectuer la vérification relative au cycle de freinage WLTP de la phase de mesure des émissions.	Oui/Non
<b>269</b>	12.2.5	Procédures de vérification du système de comptage du nombre de particules – Conformité globale	Vérifier que les procédures de vérification du système de comptage du nombre de particules définies aux alinéas a) à d) du paragraphe 12.2.5 ont été appliquées avec succès pour le frein soumis à l'essai.	Oui/Non
<b>270</b>	12.3	Mesure de la perte de masse – Masse du disque ou du tambour avant l'essai	Indiquer la masse avant essai du disque ou du tambour, le thermocouple étant installé et le connecteur de celui-ci retiré.	mg

<i>Numéro</i>	<i>Paragraphe</i>	<i>Paramètres d'entrée</i>	<i>Brève description</i>	<i>Unité</i>
<b>271</b>	12.3	Mesure de la perte de masse – Masse du matériau de friction avant l'essai	Indiquer la masse totale, avant essai, du matériau de friction du frein, y compris les cales antibruit, les ressorts des cales pour plaquette et les autres éléments faisant partie du dispositif. Pour ce faire, additionner les masses avant essai correspondant au matériau de friction du frein figurant dans le fichier sur les mesures de masse.	mg
<b>272</b>	12.3	Mesure de la perte de masse – Masse du disque ou du tambour après l'essai	Indiquer la masse après essai du disque ou du tambour, le thermocouple étant installé et le connecteur de celui-ci retiré.	mg
<b>273</b>	12.3	Mesure de la perte de masse – Masse du matériau de friction après l'essai	Indiquer la masse totale, après essai, du matériau de friction du frein, y compris les cales antibruit, les ressorts des cales pour plaquette et les autres éléments faisant partie du dispositif. Pour ce faire, additionner les masses après essai correspondant au matériau de friction du frein figurant dans le fichier sur les mesures de masse.	mg
<b>274</b>	12.3	Mesure de la perte de masse – Perte de masse totale	Consigner la perte de masse totale du frein soumis à l'essai en suivant la procédure définie dans le tableau 13.5 et à l'alinéa j) du paragraphe 12.3.	mg
<b>275</b>	12.3	Mesure de la perte de masse – Distance totale parcourue	Calculer et consigner la distance totale parcourue pendant toute la durée de l'essai de mesure des émissions de freinage, y compris toutes les exécutions de la phase de réglage du débit d'air de refroidissement, tous les cycles de freinage WLTP de la phase de rodage et la phase de mesure des émissions (compte non tenu des périodes de stabilisation thermique).	km
<b>276</b>	12.3	Mesure de la perte de masse – Coefficient d'émission de la perte de masse	Consigner le coefficient d'émission moyen de la perte de masse du frein soumis à l'essai en suivant la procédure définie dans le tableau 13.5 et à l'alinéa k) du paragraphe 12.3.	mg/km
<b>277</b>	12.3	Mesure de la perte de masse – Conformité globale	Vérifier que la perte de masse du frein soumis à l'essai a été mesurée conformément à toutes les spécifications décrites aux alinéas a) à k) du paragraphe 12.3.	Oui/Non
<b>278</b>	14.2	Prescriptions d'étalonnage – Dynamomètre à inertie	Vérifier qu'il est satisfait aux prescriptions relatives à l'étalonnage du dynamomètre de freinage définies dans le tableau 14.1 et au paragraphe 14.2, et qu'un certificat d'étalonnage valable est disponible au moment de l'essai de mesure des émissions de freinage.	Oui/Non
<b>279</b>	14.3	Prescriptions d'étalonnage – Débitmètre	Vérifier qu'il est satisfait aux prescriptions relatives à l'étalonnage du débitmètre définies dans le tableau 14.1 et au paragraphe 14.3, et qu'un certificat d'étalonnage valable est disponible au moment de l'essai de mesure des émissions de freinage.	Oui/Non

<i>Numéro</i>	<i>Paragraphe</i>	<i>Paramètres d'entrée</i>	<i>Brève description</i>	<i>Unité</i>
<b>280</b>	14.1	Prescriptions d'étalonnage – Séparateurs cycloniques	Vérifier qu'il est satisfait aux prescriptions relatives à l'étalonnage des séparateurs cycloniques de matières particulaires et de particules, définies dans le tableau 14.1 et aux paragraphes 12.1 et 12.2, et que des certificats d'étalonnage valables sont disponibles au moment de l'essai de mesure des émissions de freinage.	Oui/Non
<b>281</b>	14.4	Prescriptions d'étalonnage – Balance	Vérifier qu'il est satisfait aux prescriptions relatives à l'étalonnage de la balance au microgramme, définies dans le tableau 14.1 et au paragraphe 14.4, et qu'un certificat d'étalonnage valable est disponible au moment de l'essai de mesure des émissions de freinage.	Oui/Non
<b>282</b>	14.1	Prescriptions d'étalonnage – Débitmètre pour la mesure du débit de prélèvement des émissions de matières particulaires	Vérifier qu'il est satisfait aux prescriptions relatives à l'étalonnage du débitmètre utilisé pour la mesure du débit de prélèvement des émissions de matières particulaires définies dans le tableau 14.1 et au paragraphe 12.1, et qu'un certificat d'étalonnage valable est disponible au moment de l'essai de mesure des émissions de freinage.	Oui/Non
<b>283</b>	14.1	Prescriptions d'étalonnage – Débitmètre pour la mesure du débit de prélèvement des émissions en nombre de particules	Vérifier qu'il est satisfait aux prescriptions relatives à l'étalonnage du débitmètre utilisé pour la mesure du débit de prélèvement des émissions en nombre de particules définies dans le tableau 14.1 et au paragraphe 12.2, et qu'un certificat d'étalonnage valable est disponible au moment de l'essai de mesure des émissions de freinage.	Oui/Non
<b>284</b>	14.5	Prescriptions d'étalonnage – Dispositifs de traitement et de conditionnement des échantillons	Vérifier qu'il est satisfait aux prescriptions relatives à l'étalonnage du système de dilution pour la mesure du TPN10 et du séparateur de particules volatiles pour la mesure du SPN10, définies dans le tableau 14.1 et au paragraphe 14.5, et que des certificats d'étalonnage valables sont disponibles au moment de l'essai de mesure des émissions de freinage.	Oui/Non
<b>285</b>	14.6	Prescriptions d'étalonnage – Compteur de particules	Vérifier qu'il est satisfait aux prescriptions relatives à l'étalonnage du compteur de particules définies dans le tableau 14.1 et au paragraphe 14.6, et qu'un certificat d'étalonnage valable est disponible au moment de l'essai de mesure des émissions de freinage.	Oui/Non
<b>286</b>	14.4	Prescriptions d'étalonnage – Balance des pièces de frein	Vérifier qu'il est satisfait aux prescriptions relatives à l'étalonnage de la balance des pièces de frein définies dans le tableau 14.1 et au paragraphe 14.4, et qu'un certificat d'étalonnage valable est disponible au moment de l'essai de mesure des émissions de freinage.	Oui/Non

## 14. Prescriptions d'étalonnage et contrôle continu de la qualité

### 14.1. Prescriptions générales d'étalonnage

Le présent paragraphe résume les prescriptions minimales d'étalonnage de l'appareillage utilisé pour l'essai de mesure des émissions de freinage. Le tableau 14.1 récapitule les critères et la périodicité d'étalonnage de l'appareillage principal défini dans le présent RTM ONU.

Tableau 14.1

#### Prescriptions relatives à l'étalonnage de l'appareillage principal de mesure des émissions

<i>Instrument</i>	<i>Périodicité</i>	<i>Critère</i>	<i>Paragraphe</i>
<b>Dynamomètre de freinage</b>	À l'installation initiale, une fois par an et lors de chaque opération d'entretien importante de la configuration	Tableau 14.3	Paragraphe 14.2
<b>Dispositif de mesure du couple</b>	À l'installation initiale, une fois par an et lors de chaque opération d'entretien importante de la configuration	Tableau 14.4	Paragraphe 14.2
<b>Débitmètre</b>	À l'installation initiale, une fois par an et lors de chaque opération d'entretien importante de la configuration	Tableau 14.5	Paragraphe 14.3
<b>Capteur de température du débit d'air de refroidissement</b>	Une fois par an	$\pm 1$ °C	Paragraphe 14.3
<b>Capteur de pression atmosphérique du débit d'air de refroidissement</b>	Une fois par an	$\pm 0,4$ kPa	Paragraphe 14.3
<b>Capteur de température de l'air de refroidissement</b>	Une fois par an	$\pm 1$ °C	Paragraphe 7.2.1
<b>Capteur d'humidité relative de l'air de refroidissement</b>	Une fois par an	$\pm 5\%$ de la valeur nominale	Paragraphe 7.2.1
<b>Séparateur cyclonique de PM<sub>10</sub></b>	Certificat de conformité fourni par le fabricant du cyclone lors de l'installation initiale	Tableau 12.1	Paragraphe 12.1
<b>Séparateur cyclonique de PM<sub>2,5</sub></b>	Certificat de conformité fourni par le fabricant du cyclone lors de l'installation initiale	Tableau 12.2	Paragraphe 12.1
<b>Balance au microgramme</b>	À l'installation initiale, une fois par an et lors de chaque opération d'entretien importante de la configuration	Tableau 14.6	Paragraphe 14.4
<b>Débitmètre utilisé pour la mesure du débit de prélèvement des émissions de matières particulaires</b>	À l'installation initiale, une fois par an et lors de chaque opération d'entretien importante de la configuration	$\pm 2,5\%$ de la valeur indiquée ou $\pm 1,5\%$ de la pleine échelle, la valeur la plus faible étant retenue	Paragraphe 12.1
<b>Capteur de température du débit de prélèvement des émissions de matières particulaires</b>	Une fois par an	$\pm 1$ °C	Paragraphe 12.1

<i>Instrument</i>	<i>Périodicité</i>	<i>Critère</i>	<i>Paragraphe</i>
<b>Capteur de pression du débit de prélèvement des émissions de matières particulaires</b>	Une fois par an	±1 kPa	Paragraphe 12.1
<b>Séparateur cyclonique de particules</b>	Certificat de conformité fourni par le fabricant du cyclone lors de l'installation initiale	Efficacité de pénétration ≥80% pour un diamètre de mobilité électrique de particule de 1,5 µm	Paragraphe 12.2
<b>Débitmètre utilisé pour la mesure du débit de prélèvement des émissions en nombre de particules</b>	Tous les treize mois	±5% de la valeur indiquée dans toutes les conditions de fonctionnement	Paragraphe 12.2
<b>Capteur de température du débit de prélèvement pour la mesure du nombre de particules</b>	Une fois par an	±1 °C	Paragraphe 12.2
<b>Capteur de pression du débit de prélèvement pour la mesure du nombre de particules</b>	Une fois par an	±1 kPa	Paragraphe 12.2
<b>Système de dilution pour la mesure du TPN10</b>	Tous les six mois ou treize mois selon la configuration	Tel que défini au paragraphe 14.5.1	Paragraphe 14.5
<b>Séparateur de particules volatiles pour la mesure du SPN10</b>	Tous les six mois ou treize mois selon la configuration	Tel que défini au paragraphe 14.5.2	Paragraphe 14.5
<b>Compteur de particules</b>	Tous les treize mois et lors de chaque opération d'entretien importante	Tel que défini au paragraphe 14.6	Paragraphe 14.6
<b>Balance des pièces de frein</b>	À l'installation initiale, une fois par an et lors de chaque opération d'entretien importante de la configuration	Tableau 14.6	Paragraphe 14.4

Tout autre capteur ou équipement accessoire utilisé pour la détermination de la température, de la pression atmosphérique et de l'humidité ambiante de la salle des installations ou de la chambre de pesage doit satisfaire aux prescriptions définies dans le tableau 14.2.

Tableau 14.2

**Prescriptions relatives à l'étalonnage des équipements accessoires**

<i>Instrument</i>	<i>Périodicité</i>	<i>Critère</i>
<b>Capteur de température</b>	Une fois par an	±1 °C
<b>Capteur de pression atmosphérique</b>	Une fois par an	±1 kPa
<b>Capteur d'humidité relative</b>	Une fois par an	±5% de la valeur nominale
<b>Capteur d'humidité absolue</b>	Une fois par an	±10% de la valeur indiquée ou 1 g de H <sub>2</sub> O/kg d'air sec, la plus grande de ces deux valeurs étant retenue

## 14.2 Dynamomètre de freinage

Le tableau 14.3 récapitule les critères et la périodicité d'étalonnage du dynamomètre de freinage définis dans le présent RTM ONU. Les dispositifs de mesure de la vitesse de rotation, du couple de freinage et de la pression des freins doivent satisfaire aux prescriptions de linéarité figurant dans le tableau 14.4.

Tableau 14.3

### Prescriptions relatives à l'étalonnage du dynamomètre de freinage

<i>Instrument</i>	<i>Périodicité</i>	<i>Critère</i>
<b>Dispositif de mesure de la vitesse de rotation</b>	À l'installation initiale, une fois par an et lors de chaque opération d'entretien importante de la configuration	Tableau 14.4
<b>Capteur de couple de freinage</b>	À l'installation initiale, une fois par an et lors de chaque opération d'entretien importante de la configuration	Tableau 14.4
<b>Capteur de pression des freins</b>	À l'installation initiale, une fois par an et lors de chaque opération d'entretien importante de la configuration	Tableau 14.4
<b>Dispositif de mesure du déplacement du liquide de frein</b>	À l'installation initiale, une fois par an et lors de chaque opération d'entretien importante de la configuration	±0,5% au maximum
<b>Système d'acquisition de données de température</b>	À l'installation initiale, une fois par an et lors de chaque opération d'entretien importante de la configuration	±0,25% au maximum

Tableau 14.4

### Prescriptions de linéarité relatives aux dispositifs de mesure de la vitesse de rotation, du couple de freinage et de la pression des freins

<i>Système de mesure</i>	<i>Ordonnée à l'origine a0</i>	<i>Pente a1</i>	<i>Erreur type d'estimation (SEE)</i>	<i>Coefficient de détermination r<sup>2</sup></i>
<b>Vitesse de rotation du frein</b>	≤ 0,05% de la valeur maximale	0,98-1,02	≤ 0,25% de la valeur maximale	≥ 0,990
<b>Couple de freinage</b>	≤ 0,05% de la valeur maximale	0,98-1,02	≤ 0,5% de la valeur maximale	≥ 0,990
<b>Pression des freins</b>	≤ 0,05% de la valeur maximale	0,98-1,02	≤ 0,5% de la valeur maximale	≥ 0,990

Outre l'étalonnage des systèmes énumérés dans les tableaux 14.3 et 14.4, le laboratoire d'essai doit vérifier que les valeurs du couple et de la pression sont nulles avant chaque essai de mesure des émissions de freinage.

## 14.3 Débitmètre

L'étalonnage du débitmètre utilisé aux fins de la mesure du débit d'air de refroidissement doit être conforme à des normes nationales ou internationales. Le débitmètre doit satisfaire aux prescriptions de linéarité figurant dans le tableau 14.5 pour au moins quatre débits de référence également espacés sur la base d'une régression linéaire entre le débit minimal et le débit maximal applicables à la configuration. En outre, chaque point de mesure du débit doit se situer à ±2% du débit de référence mesuré. Le laboratoire d'essai doit étalonner le débitmètre lors de l'installation initiale, une fois par an et lors de chaque opération d'entretien importante de la configuration.

Tableau 14.5  
**Prescriptions de linéarité applicables au débitmètre**

<i>Système de mesure</i>	<i>Ordonnée à l'origine a0</i>	<i>Pente a1</i>	<i>Erreur type d'estimation (SEE)</i>	<i>Coefficient de détermination r<sup>2</sup></i>
<b>Débitmètre</b>	≤ 1% de la valeur maximale	0,98-1,02	≤ 2% de la valeur maximale	≥ 0,990

Le laboratoire d'essai doit utiliser un débitmètre étalonné pour consigner le débit d'air dans des conditions normales. Pour une conversion appropriée aux conditions de fonctionnement, l'exactitude du capteur de température doit être de  $\pm 1$  °C et l'exactitude et la précision des mesures de pression doivent être de  $\pm 0,4$  kPa. Le laboratoire d'essai doit procéder à l'étalonnage des deux capteurs chaque année.

#### 14.4 Balances destinées au pesage des matières particulaires et à la mesure de la perte de masse

##### 14.4.1 Balance de précision pour le pesage des filtres à matières particulaires

L'étalonnage de la balance de précision (au microgramme) utilisée pour le pesage du filtre à matières particulaires conformément au paragraphe 12.1.4 doit satisfaire à des normes nationales ou internationales. La balance doit satisfaire aux prescriptions de linéarité du tableau 14.6 pour au moins quatre pesées de référence également espacées sur la base de la régression linéaire. Cela implique une précision d'au moins  $\pm 2$  µg et une résolution d'au moins 1 µg (1 chiffre = 1 µg). Le laboratoire d'essai doit utiliser des poids de tarage certifiés pour vérifier régulièrement la stabilité et le bon fonctionnement de la balance de précision, qu'il doit étalonner lors de l'installation initiale, une fois par an et lors de chaque opération d'entretien importante de la configuration.

##### 14.4.2 Balance pour le pesage des pièces de frein

L'étalonnage de la balance utilisée pour le pesage des pièces de frein conformément au paragraphe 12.3 doit satisfaire à des normes nationales ou internationales. La balance doit satisfaire aux prescriptions de linéarité du tableau 14.6 pour au moins quatre pesées de référence également espacées sur la base de la régression linéaire. Cela implique une précision d'au moins  $\pm 1$  g et une résolution d'au moins 0,1 g. Le laboratoire d'essai doit utiliser des poids de tarage certifiés pour vérifier régulièrement la stabilité et le bon fonctionnement de la balance, qu'il doit étalonner lors de l'installation initiale, une fois par an et lors de chaque opération d'entretien importante de la configuration.

Tableau 14.6  
**Critères de vérification de la balance au microgramme**

<i>Système de mesure</i>	<i>Ordonnée à l'origine a0</i>	<i>Pente a1</i>	<i>Erreur type d'estimation (SEE)</i>	<i>Coefficient de détermination r<sup>2</sup></i>
<b>Balance pour le pesage des matières particulaires</b>	≤ 1 µg	0,99-1,01	≤ 1% de la valeur maximale	≥ 0,998
<b>Balance pour le pesage des pièces de frein</b>	≤ 0,3 g	0,99-1,01	≤ 1% de la valeur maximale	≥ 0,998

## 14.5 Dispositifs de traitement et de conditionnement des échantillons

### 14.5.1 Système de dilution pour la mesure du TPN10

Il doit être procédé à l'étalonnage des PCRf applicables au système de dilution sur toute la plage de réglages de dilution, aux températures nominales de fonctionnement définies pour l'instrument, lorsque l'appareil est neuf ou après toute opération d'entretien importante. La seule obligation concernant la validation périodique du PCRf applicable au système de dilution consiste à effectuer un contrôle dans une seule station d'essai, caractéristique de celles où l'on procède aux essais de mesure des émissions de tout frein classique disponible sur le marché. Le service technique doit s'assurer qu'il existe un certificat d'étalonnage ou de validation établi dans les six mois précédant l'essai de mesure des émissions. Si le système de dilution est équipé de dispositifs d'alerte pour la surveillance de la température, l'intervalle entre deux validations peut être de treize mois.

Les caractéristiques du système de dilution doivent être déterminées quant au PCRf avec des particules thermiquement stables dans les conditions de fonctionnement du système, ayant un diamètre de mobilité électrique de 15, 30, 50 et 100 nm. Les PCRf ( $f_r(d_x)$ ) pour les particules d'un diamètre de mobilité électrique de 15 nm, 30 nm et 50 nm ne doivent pas être supérieurs de plus de 100%, 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. Le tableau 14.7 récapitule les prescriptions relatives aux PCRf ( $f_r(d_x)$ ) pour des particules dont le diamètre de mobilité électrique est de 15 nm, 30 nm et 50 nm. Aux fins de validation, le PCRf moyen ne doit pas s'écarter de plus de  $\pm 10\%$  de la moyenne arithmétique du PCRf ( $f_r$ ) déterminé lors du premier étalonnage du système de dilution.

Tableau 14.7

#### Prescriptions relatives aux PCRf ( $f_r(d_x)$ ) pour des particules ayant un diamètre de mobilité électrique de 15 nm, 30 nm et 50 nm

Fraction du PCRf	Valeur minimale autorisée	Valeur maximale autorisée
$(f_r(15\text{ nm}))/f_r(100\text{ nm})$	0,95	2,00
$(f_r(30\text{ nm}))/f_r(100\text{ nm})$	0,95	1,30
$(f_r(50\text{ nm}))/f_r(100\text{ nm})$	0,95	1,20

L'aérosol d'essai utilisé pour ces mesures doit être constitué de particules thermiquement stables dans les conditions de fonctionnement du système, ayant un diamètre de mobilité électrique de 15, 30, 50 et 100 nm. La concentration minimale à l'entrée du système de dilution doit être de 3 000 particules par  $\text{cm}^3$  pour les particules d'un diamètre de mobilité électrique de 15 nm, et de 5 000 particules par  $\text{cm}^3$  pour les particules d'un diamètre de mobilité électrique de 30, 50 et 100 nm. Les concentrations de particules doivent être mesurées en amont et en aval des composants. Le PCRf pour chaque granulométrie monodispersée ( $f_r(d_x)$ ) doit être calculé au moyen de l'équation 14.1.  $N_{in}(d_x)$  et  $N_{out}(d_x)$  doivent être déterminées dans les mêmes conditions (conditions normales) :

$$f_r(d_x) = \frac{N_{in}(d_x)}{N_{out}(d_x)} \quad (\text{Éq. 14.1})$$

Où :

$N_{in}(d_x)$  est la concentration en nombre de particules de diamètre de mobilité électrique  $d_x$  en amont ;

$N_{out}(d_x)$  est la concentration en nombre de particules de diamètre de mobilité électrique  $d_x$  en aval.

Pour un niveau de dilution donné, la valeur moyenne arithmétique de la réduction de la concentration en particules ( $f_r$ ) doit être calculée au moyen de l'équation 14.2 :

$$f_r = [f_r(30 \text{ nm}) + f_r(50 \text{ nm}) + f_r(100 \text{ nm})]/3 \quad (\text{Éq. 14.2})$$

Où :

$f_r(30 \text{ nm})$  est le PCRf pour des particules ayant un diamètre de mobilité électrique de 30 nm ;

$f_r(50 \text{ nm})$  est le PCRf pour des particules ayant un diamètre de mobilité électrique de 50 nm ;

$f_r(100 \text{ nm})$  est le PCRf pour des particules ayant un diamètre de mobilité électrique de 100 nm.

Le fabricant de l'instrument doit vérifier la pénétration des particules  $P_r(d_x)$  en mettant à l'essai un exemplaire de chaque modèle de système. On entend ici par modèle de système tous les systèmes ayant les mêmes caractéristiques matérielles, c'est-à-dire la même géométrie, les mêmes matériaux constitutifs des conduites et les mêmes caractéristiques d'écoulement et de température sur le trajet de l'aérosol. La pénétration des particules  $P_r(d_x)$  pour une taille de particule  $d_x$  doit être calculée au moyen de l'équation 14.3. DF est le facteur de dilution entre les positions de mesure de  $N_{in}(d_x)$  et de  $N_{out}(d_x)$ , déterminé au moyen de gaz traces ou de mesures du débit.

$$P_r(d_x) = DF \times N_{out}(d_x)/N_{in}(d_x) \quad (\text{Éq. 14.3})$$

#### 14.5.2 Séparateur de particules volatiles pour la mesure du SPN10

Il doit être procédé à l'étalonnage des PCRf applicables au VPR sur toute la plage de réglages de dilution, aux températures nominales de fonctionnement définies pour l'instrument, lorsque l'appareil est neuf ou après toute opération d'entretien importante. La seule obligation concernant la validation périodique du PCRf applicable au VPR consiste à effectuer un contrôle dans une seule station d'essai, caractéristique de celles où l'on procède aux essais de mesure des émissions de tout frein classique disponible sur le marché. Le service technique doit s'assurer qu'il existe un certificat d'étalonnage ou de validation établi dans les six mois précédant l'essai de mesure des émissions. Si le VPR est équipé de dispositifs d'alerte pour la surveillance de la température, l'intervalle entre deux validations peut être de treize mois.

Les caractéristiques du VPR doivent être déterminées quant au PCRf avec des particules solides ayant un diamètre de mobilité électrique de 15 nm, 30 nm, 50 nm et 100 nm. Les PCRf pour les particules d'un diamètre de mobilité électrique de 15 nm, 30 nm et 50 nm ne doivent pas être supérieurs de plus de 100%, 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 (tableau 14.7). Aux fins de validation, le PCRf moyen ne doit pas s'écarter de plus de  $\pm 10\%$  de la moyenne arithmétique du PCRf ( $f_r$ ) déterminé lors du dernier étalonnage du système de dilution.

L'aérosol d'essai utilisé pour ces mesures est constitué de particules solides d'un diamètre de mobilité électrique de 15, 30, 50 et 100 nm. La concentration minimale à l'entrée du système de dilution doit être de 3 000 particules par  $\text{cm}^3$  pour les particules d'un diamètre de mobilité électrique de 15 nm, et de 5 000 particules par  $\text{cm}^3$  pour les particules d'un diamètre de mobilité électrique de 30, 50 et 100 nm. Les concentrations de particules doivent être mesurées en amont et en aval des composants. Le PCRf pour chaque granulométrie monodispersée ( $f_r(d_x)$ ) doit être calculé au moyen de l'équation 14.1. Pour un niveau de dilution donné, la valeur moyenne arithmétique de la réduction de la concentration en particules ( $f_r$ ) doit être calculée au moyen de l'équation 14.2.

Il est recommandé d'étalonner et de valider le VPR en tant qu'unité complète. L'efficacité d'élimination des particules volatiles d'un VPR ne doit être prouvée qu'une seule fois pour la famille d'instruments de mesure du SPN10. Le fabricant de l'instrument doit indiquer la fréquence des entretiens ou des remplacements garantissant que ladite efficacité ne descend pas en dessous des prescriptions techniques. Si cette information n'est pas fournie, l'efficacité doit être vérifiée une fois par an pour chaque instrument.

Le VPR utilisé pour la mesure du SPN10 doit retenir à plus de 99,9% les particules de tétracontane ( $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{38}\text{CH}_3$ ) dont le diamètre de mobilité électrique médian est supérieur à 50 nm et la masse inférieure à  $1 \text{ mg/m}^3$  lorsque l'appareil fonctionne à son niveau de dilution minimal et à la température recommandée par le fabricant.

Le fabricant de l'instrument doit démontrer la pénétration des particules  $P_r(d_x)$  en mettant à l'essai un exemplaire de chaque modèle de système. On entend ici par modèle de système tous les systèmes ayant les mêmes caractéristiques matérielles, c'est-à-dire la même géométrie, les mêmes matériaux constitutifs des conduites et les mêmes caractéristiques d'écoulement et de température sur le trajet de l'aérosol. La pénétration des particules  $P_r(d_x)$  pour une taille de particule  $d_x$  doit être calculée au moyen de l'équation 14.3.

#### 14.6 Compteur de particules

L'autorité compétente doit s'assurer de l'existence d'un certificat d'étalonnage du PNC attestant la conformité de ce dernier à une norme spécifiée, établi dans les treize mois précédant l'essai de mesure des émissions. Entre les étalonnages, on doit soit contrôler l'efficacité de comptage du PNC soit remplacer tous les six mois la mèche du PNC, si le fabricant de l'instrument le recommande. Après toute opération d'entretien importante, le PNC doit être à nouveau étalonné et un nouveau certificat d'étalonnage doit être établi.

L'étalonnage doit être effectué conformément à une méthode d'étalonnage reconnue. Le laboratoire d'essai doit utiliser l'une des deux méthodes suivantes :

- a) Comparaison de la réponse du PNC à étalonner avec celle d'un électromètre à aérosol étalonné analysant simultanément des particules étalons classées électrostatiquement ;
- b) Comparaison de la réponse du PNC à étalonner avec celle d'un deuxième PNC qui a été directement étalonné selon la méthode de référence.

On procède à l'étalonnage en utilisant au moins six concentrations étalons réparties sur la plage de mesure du PNC. Cinq de ces concentrations doivent être espacées le plus uniformément possible entre la concentration étalon de 3 000 particules par  $\text{cm}^3$  ou moins et la concentration maximale à laquelle le PNC peut fonctionner en mode comptage particule par particule. L'un de ces six points est le point correspondant à une concentration nominale égale à 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 1822:2008, ou d'efficacité équivalente. Le gradient obtenu par régression linéaire (méthode des moindres carrés) 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 ( $r$ ) 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). Le facteur d'étalonnage doit être compris entre 0,9 et 1,1. Chaque concentration mesurée avec le PNC au cours de l'étalonnage doit se situer à  $\pm 5\%$  de la concentration de référence mesurée multipliée par le gradient, à l'exception du point zéro.

Lors de l'étalonnage, on doit aussi vérifier qu'il est satisfait aux prescriptions concernant l'efficacité avec laquelle le PNC détecte les particules ayant un diamètre de mobilité électrique de 10 nm. Une vérification de l'efficacité du comptage des particules de 15 nm n'est pas requise lors des étalonnages périodiques.

## Annexe A

## Manœuvres du cycle de freinage WLTP

Début de la manœuvre [s]	Fin de la manœuvre [s]	Trajet n°	Type de manœuvre	Vitesse initiale [km/h]	Vitesse finale [km/h]
0	4	1	Levée de frein	0,0	0,0
4	10	1	Accélér.	0,0	20,7
10	18	1	Marche à vitesse constante	20,7	20,7
18	24	1	Décélér.	20,7	0,0
24	27	1	Levée de frein	0,0	0,0
27	46	1	Accélér.	0,0	23,1
46	58	1	Marche à vitesse constante	23,1	23,1
58	65	1	Décélér.	23,1	5,6
65	68	1	Marche à vitesse constante	5,6	5,6
68	77	1	Accélér.	5,6	15,4
77	85	1	Marche à vitesse constante	15,4	15,4
85	89	1	Décélér.	15,4	4,4
89	92	1	Marche à vitesse constante	4,4	4,4
92	100	1	Accélér.	4,4	25,7
100	103	1	Marche à vitesse constante	25,7	25,7
103	109	1	Décélér.	25,7	7,2
109	112	1	Marche à vitesse constante	7,2	7,2
112	122	1	Accélér.	7,2	24,8
122	129	1	Marche à vitesse constante	24,8	24,8
129	132	1	Décélér.	24,8	16,7
132	135	1	Marche à vitesse constante	16,7	16,7
135	137	1	Accélér.	16,7	18,7
137	140	1	Marche à vitesse constante	18,7	18,7
140	149	1	Décélér.	18,7	0,0

Début de la manœuvre [s]	Fin de la manœuvre [s]	Trajet n°	Type de manœuvre	Vitesse initiale [km/h]	Vitesse finale [km/h]
149	153	1	Levée de frein	0,0	0,0
153	174	1	Accélér.	0,0	32,5
174	177	1	Marche à vitesse constante	32,5	32,5
177	183	1	Décélér.	32,5	0,0
183	281	1	Levée de frein	0,0	0,0
281	295	1	Accélér.	0,0	27,5
295	298	1	Marche à vitesse constante	27,5	27,5
298	303	1	Décélér.	27,5	11,8
303	306	1	Marche à vitesse constante	11,8	11,8
306	311	1	Accélér.	11,8	29,4
311	314	1	Marche à vitesse constante	29,4	29,4
314	320	1	Décélér.	29,4	9,7
320	323	1	Marche à vitesse constante	9,7	9,7
323	333	1	Accélér.	9,7	31,9
333	341	1	Marche à vitesse constante	31,9	31,9
341	347	1	Décélér.	31,9	9,5
347	351	1	Marche à vitesse constante	9,5	9,5
351	358	1	Accélér.	9,5	14,7
358	361	1	Marche à vitesse constante	14,7	14,7
361	366	1	Décélér.	14,7	0,0
366	372	1	Levée de frein	0,0	0,0
372	381	1	Accélér.	0,0	59,5
381	384	1	Marche à vitesse constante	59,5	59,5
384	388	1	Décélér.	59,5	47,6

Début de la manœuvre [s]	Fin de la manœuvre [s]	Trajet n°	Type de manœuvre	Vitesse initiale [km/h]	Vitesse finale [km/h]
388	402	1	Marche à vitesse constante	47,6	47,6
402	406	1	Décélér.	47,6	36,2
406	478	1	Marche à vitesse constante	36,2	36,2
478	480	1	Accélér.	36,2	38,2
480	486	1	Marche à vitesse constante	38,2	38,2
486	490	1	Décélér.	38,2	25,5
490	493	1	Marche à vitesse constante	25,5	25,5
493	496	1	Décélér.	25,5	18,4
496	499	1	Marche à vitesse constante	18,4	18,4
499	505	1	Décélér.	18,4	0,0
505	508	1	Levée de frein	0,0	0,0
508	516	1	Accélér.	0,0	42,3
516	543	1	Marche à vitesse constante	42,3	42,3
543	552	1	Décélér.	42,3	0,0
552	555	1	Levée de frein	0,0	0,0
555	564	1	Accélér.	0,0	42,1
564	566	1	Marche à vitesse constante	42,1	42,1
566	576	1	Décélér.	42,1	0,0
576	579	1	Levée de frein	0,0	0,0
579	587	1	Accélér.	0,0	31,3
587	592	1	Marche à vitesse constante	31,3	31,3
592	595	1	Décélér.	31,3	12,5
595	600	1	Marche à vitesse constante	12,5	12,5
600	605	1	Décélér.	12,5	0,0
605	622	1	Levée de frein	0,0	0,0
622	642	1	Accélér.	0,0	45,3
642	647	1	Marche à vitesse constante	45,3	45,3

Début de la manœuvre [s]	Fin de la manœuvre [s]	Trajet n°	Type de manœuvre	Vitesse initiale [km/h]	Vitesse finale [km/h]
647	657	1	Décélér.	45,3	0,0
657	660	1	Levée de frein	0,0	0,0
660	669	1	Accélér.	0,0	45,5
669	673	1	Marche à vitesse constante	45,5	45,5
673	683	1	Décélér.	45,5	0,0
683	685	1	Levée de frein	0,0	0,0
685	704	1	Accélér.	0,0	40,7
704	726	1	Marche à vitesse constante	40,7	40,7
726	733	1	Décélér.	40,7	12,8
733	736	1	Marche à vitesse constante	12,8	12,8
736	744	1	Accélér.	12,8	59,6
744	747	1	Marche à vitesse constante	59,6	59,6
747	751	1	Décélér.	59,6	46,7
751	758	1	Marche à vitesse constante	46,7	46,7
758	759	1	Accélér.	46,7	48,6
759	768	1	Marche à vitesse constante	48,6	48,6
768	777	1	Décélér.	48,6	0,0
777	778	1	Levée de frein	0,0	0,0
778	786	1	Accélér.	0,0	23,7
786	941	1	Marche à vitesse constante	23,7	23,7
941	945	1	Décélér.	23,7	9,8
945	948	1	Marche à vitesse constante	9,8	9,8
948	956	1	Accélér.	9,8	37,5
956	974	1	Marche à vitesse constante	37,5	37,5
974	983	1	Décélér.	37,5	0,0
983	986	1	Levée de frein	0,0	0,0
986	993	1	Accélér.	0,0	37,7

Début de la manœuvre [s]	Fin de la manœuvre [s]	Trajet n°	Type de manœuvre	Vitesse initiale [km/h]	Vitesse finale [km/h]
993	996	1	Marche à vitesse constante	37,7	37,7
996	1 005	1	Décélér.	37,7	0,0
1 005	1 008	1	Levée de frein	0,0	0,0
1 008	1 013	1	Accélér.	0,0	18,6
1 013	1 016	1	Marche à vitesse constante	18,6	18,6
1 016	1 021	1	Décélér.	18,6	0,0
1 021	1 070	1	Levée de frein	0,0	0,0
1 070	1 115	2	Levée de frein	0,0	0,0
1 115	1 119	2	Accélér.	0,0	13,8
1 119	1 122	2	Marche à vitesse constante	13,8	13,8
1 122	1 126	2	Décélér.	13,8	0,0
1 126	1 129	2	Levée de frein	0,0	0,0
1 129	1 144	2	Accélér.	0,0	34,2
1 144	1 147	2	Marche à vitesse constante	34,2	34,2
1 147	1 151	2	Décélér.	34,2	18,9
1 151	1 154	2	Marche à vitesse constante	18,9	18,9
1 154	1 162	2	Accélér.	18,9	32,9
1 162	1 174	2	Marche à vitesse constante	32,9	32,9
1 174	1 178	2	Décélér.	32,9	23,3
1 178	1 182	2	Marche à vitesse constante	23,3	23,3
1 182	1 186	2	Accélér.	23,3	25,6
1 186	1 188	2	Marche à vitesse constante	25,6	25,6
1 188	1 191	2	Décélér.	25,6	18,5
1 191	1 194	2	Marche à vitesse constante	18,5	18,5
1 194	1 206	2	Accélér.	18,5	38,7
1 206	1 209	2	Marche à vitesse constante	38,7	38,7
1 209	1 217	2	Décélér.	38,7	0,0

Début de la manœuvre [s]	Fin de la manœuvre [s]	Trajet n°	Type de manœuvre	Vitesse initiale [km/h]	Vitesse finale [km/h]
1 217	1 220	2	Levée de frein	0,0	0,0
1 220	1 236	2	Accélér.	0,0	48,4
1 236	1 253	2	Marche à vitesse constante	48,4	48,4
1 253	1 256	2	Décélér.	48,4	40,6
1 256	1 259	2	Marche à vitesse constante	40,6	40,6
1 259	1 262	2	Accélér.	40,6	42,4
1 262	1 282	2	Marche à vitesse constante	42,4	42,4
1 282	1 286	2	Décélér.	42,4	30,3
1 286	1 290	2	Marche à vitesse constante	30,3	30,3
1 290	1 295	2	Décélér.	30,3	13,7
1 295	1 298	2	Marche à vitesse constante	13,7	13,7
1 298	1 315	2	Accélér.	13,7	40,0
1 315	1 319	2	Marche à vitesse constante	40,0	40,0
1 319	1 325	2	Décélér.	40,0	20,0
1 325	1 328	2	Marche à vitesse constante	20,0	20,0
1 328	1 331	2	Accélér.	20,0	29,7
1 331	1 334	2	Marche à vitesse constante	29,7	29,7
1 334	1 338	2	Décélér.	29,7	18,9
1 338	1 341	2	Marche à vitesse constante	18,9	18,9
1 341	1 344	2	Accélér.	18,9	24,5
1 344	1 448	2	Marche à vitesse constante	24,5	24,5
1 448	1 451	2	Décélér.	24,5	17,5
1 451	1 454	2	Marche à vitesse constante	17,5	17,5
1 454	1 476	2	Accélér.	17,5	42,0
1 476	1 482	2	Marche à vitesse constante	42,0	42,0
1 482	1 491	2	Décélér.	42,0	0,0

Début de la manœuvre [s]	Fin de la manœuvre [s]	Trajet n°	Type de manœuvre	Vitesse initiale [km/h]	Vitesse finale [km/h]
1 491	1 502	2	Levée de frein	0,0	0,0
1 502	1 512	2	Accélér.	0,0	22,0
1 512	1 515	2	Marche à vitesse constante	22,0	22,0
1 515	1 519	2	Décélér.	22,0	11,8
1 519	1 522	2	Marche à vitesse constante	11,8	11,8
1 522	1 528	2	Accélér.	11,8	32,4
1 528	1 539	2	Marche à vitesse constante	32,4	32,4
1 539	1 547	2	Décélér.	32,4	6,1
1 547	1 550	2	Marche à vitesse constante	6,1	6,1
1 550	1 559	2	Accélér.	6,1	34,8
1 559	1 597	2	Marche à vitesse constante	3,8	34,8
1 597	1 605	2	Décélér.	34,8	0,0
1 605	1 608	2	Levée de frein	0,0	0,0
1 608	1 624	2	Accélér.	0,0	76,1
1 624	1 662	2	Marche à vitesse constante	76,1	76,1
1 662	1 675	2	Décélér.	76,1	0,0
1 675	1 678	2	Levée de frein	0,0	0,0
1 678	1 686	2	Accélér.	0,0	22,8
1 686	1 689	2	Marche à vitesse constante	22,8	22,8
1 689	1 694	2	Décélér.	22,8	0,0
1 694	1 697	2	Levée de frein	0,0	0,0
1 697	1 707	2	Accélér.	0,0	41,6
1 707	1 753	2	Marche à vitesse constante	41,6	41,6
1 753	1 757	2	Décélér.	41,6	27,2
1 757	1 763	2	Marche à vitesse constante	27,2	27,2
1 763	1 773	2	Accélér.	27,2	47,9
1 773	1 804	2	Marche à vitesse constante	47,9	47,9

Début de la manœuvre [s]	Fin de la manœuvre [s]	Trajet n°	Type de manœuvre	Vitesse initiale [km/h]	Vitesse finale [km/h]
1 804	1 807	2	Décélér.	47,9	35,2
1 807	1 823	2	Marche à vitesse constante	35,2	35,2
1 823	1 828	2	Décélér.	35,2	20,1
1 828	1 831	2	Marche à vitesse constante	20,1	20,1
1 831	1 843	2	Accélér.	20,1	59,2
1 843	1 870	2	Marche à vitesse constante	59,2	59,2
1 870	1 873	2	Décélér.	59,2	49,5
1 873	1 876	2	Marche à vitesse constante	49,5	49,5
1 876	1 885	2	Accélér.	49,5	72,9
1 885	1 895	2	Marche à vitesse constante	72,9	72,9
1 895	1 898	2	Décélér.	72,9	62,0
1 898	1 901	2	Marche à vitesse constante	62,0	62,0
1 901	1 904	2	Accélér.	62,0	66,4
1 904	1 907	2	Marche à vitesse constante	66,4	66,4
1 907	1 910	2	Décélér.	66,4	57,4
1 910	1 913	2	Marche à vitesse constante	57,4	57,4
1 913	1 915	2	Accélér.	57,4	60,0
1 915	1 918	2	Marche à vitesse constante	60,0	60,0
1 918	1 921	2	Décélér.	60,0	52,1
1 921	1 937	2	Marche à vitesse constante	52,1	52,1
1 937	1 947	2	Accélér.	52,1	79,7
1 947	1 951	2	Marche à vitesse constante	79,7	79,7
1 951	1 954	2	Décélér.	79,7	72,1
1 954	1 959	2	Marche à vitesse constante	72,1	72,1
1 959	1 960	2	Accélér.	72,1	74,0

Début de la manœuvre [s]	Fin de la manœuvre [s]	Trajet n°	Type de manœuvre	Vitesse initiale [km/h]	Vitesse finale [km/h]
1 960	1 972	2	Marche à vitesse constante	74,0	74,0
1 972	1 978	2	Décélér.	74,0	52,4
1 978	2 062	2	Marche à vitesse constante	52,4	52,4
2 062	2 074	2	Décélér.	52,4	0,0
2 074	2 077	2	Levée de frein	0,0	0,0
2 077	2 093	2	Accélér.	0,0	60,3
2 093	2 123	2	Marche à vitesse constante	60,3	60,3
2 123	2 133	2	Décélér.	60,3	0,0
2 133	2 137	2	Levée de frein	0,0	0,0
2 137	2 152	2	Accélér.	0,0	62,9
2 152	2 187	2	Marche à vitesse constante	62,9	62,9
2 187	2 195	2	Décélér.	62,9	0,0
2 195	2 199	2	Levée de frein	0,0	0,0
2 199	2 212	2	Accélér.	0,0	60,1
2 212	2 218	2	Marche à vitesse constante	60,1	60,1
2 218	2229	2	Décélér.	60,1	15,2
2 229	2 233	2	Marche à vitesse constante	15,2	15,2
2 233	2 244	2	Accélér.	15,2	53,3
2 244	2 250	2	Marche à vitesse constante	53,3	53,3
2 250	2 261	2	Décélér.	53,3	0,0
2 261	2 266	2	Levée de frein	0,0	0,0
2 266	2 272	2	Accélér.	0,0	20,7
2 272	2 520	2	Marche à vitesse constante	20,7	20,7
2 520	2 526	2	Décélér.	20,7	0,0
2 526	2 529	2	Levée de frein	0,0	0,0
2 529	2 548	2	Accélér.	0,0	23,1
2 548	2 560	2	Marche à vitesse constante	23,1	23,1

Début de la manœuvre [s]	Fin de la manœuvre [s]	Trajet n°	Type de manœuvre	Vitesse initiale [km/h]	Vitesse finale [km/h]
2 560	2 567	2	Décélér.	23,1	5,6
2 567	2 570	2	Marche à vitesse constante	5,6	5,6
2 570	2 579	2	Accélér.	5,6	15,4
2 579	2 587	2	Marche à vitesse constante	15,4	15,4
2 587	2 591	2	Décélér.	15,4	4,4
2 591	2 594	2	Marche à vitesse constante	4,4	4,4
2 594	2 602	2	Accélér.	4,4	25,7
2 602	2 605	2	Marche à vitesse constante	25,7	25,7
2 605	2 611	2	Décélér.	25,7	7,2
2 611	2 614	2	Marche à vitesse constante	7,2	7,2
2 614	2 624	2	Accélér.	7,2	24,8
2 624	2 631	2	Marche à vitesse constante	24,8	24,8
2 631	2 634	2	Décélér.	24,8	16,7
2 634	2 637	2	Marche à vitesse constante	16,7	16,7
2 637	2 639	2	Accélér.	16,7	18,7
2 639	2 642	2	Marche à vitesse constante	18,7	18,7
2 642	2 650	2	Décélér.	18,7	0,0
2 650	2 655	2	Levée de frein	0,0	0,0
2 655	2 669	2	Accélér.	0,0	4,6
2 669	2 672	2	Marche à vitesse constante	46,6	46,6
2 672	2 677	2	Décélér.	46,6	9,4
2 677	2 680	2	Marche à vitesse constante	9,4	9,4
2 680	2 690	2	Accélér.	9,4	52,0
2 690	2 698	2	Marche à vitesse constante	52,0	52,0
2 698	2 701	2	Décélér.	52,0	41,5
2 701	2 704	2	Marche à vitesse constante	41,5	41,5

Début de la manœuvre [s]	Fin de la manœuvre [s]	Trajet n°	Type de manœuvre	Vitesse initiale [km/h]	Vitesse finale [km/h]
2 704	2 708	2	Accélér.	41,5	49,9
2 708	2 714	2	Marche à vitesse constante	49,9	49,9
2 714	2 719	2	Décélér.	49,9	34,0
2 719	2 722	2	Marche à vitesse constante	34,0	34,0
2 722	2 728	2	Accélér.	34,0	49,0
2 728	2 738	2	Marche à vitesse constante	49,0	49,0
2 738	2 745	2	Décélér.	49,0	23,8
2 745	2 748	2	Marche à vitesse constante	23,8	23,8
2 748	2 754	2	Accélér.	23,8	41,6
2 754	2 759	2	Marche à vitesse constante	41,6	41,6
2 759	2 767	2	Décélér.	41,6	0,0
2 767	2 835	2	Levée de frein	0,0	0,0
2 835	2 883	3	Levée de frein	0,0	0,0
2 883	2 892	3	Accélér.	0,0	32,1
2 892	2 897	3	Marche à vitesse constante	32,1	32,1
2 897	2 903	3	Décélér.	32,1	5,5
2 903	2 906	3	Marche à vitesse constante	5,5	5,5
2 906	2 924	3	Accélér.	5,5	50,5
2 924	2 946	3	Marche à vitesse constante	50,5	50,5
2 946	2 949	3	Décélér.	50,5	42,8
2 949	2 952	3	Marche à vitesse constante	42,8	42,8
2 952	2 955	3	Accélér.	42,8	45,0
2 955	2 958	3	Marche à vitesse constante	45,0	45,0
2 958	2 963	3	Décélér.	45,0	29,8
2 963	2 966	3	Marche à vitesse constante	29,8	29,8
2 966	2 971	3	Décélér.	29,8	0,0

Début de la manœuvre [s]	Fin de la manœuvre [s]	Trajet n°	Type de manœuvre	Vitesse initiale [km/h]	Vitesse finale [km/h]
2 971	2 976	3	Levée de frein	0,0	0,0
2 976	3 001	3	Accélér.	0,0	49,2
3 001	3 006	3	Marche à vitesse constante	49,2	49,2
3 006	3 011	3	Décélér.	49,2	33,1
3 011	3 014	3	Marche à vitesse constante	33,1	33,1
3 014	3 025	3	Accélér.	33,1	56,2
3 025	3 032	3	Marche à vitesse constante	56,2	56,2
3 032	3 036	3	Décélér.	56,2	44,0
3 036	3 039	3	Marche à vitesse constante	44,0	44,0
3 039	3 049	3	Accélér.	44,0	59,0
3 049	3 053	3	Marche à vitesse constante	59,0	59,0
3 053	3 056	3	Décélér.	59,0	51,2
3 056	3 059	3	Marche à vitesse constante	51,2	51,2
3 059	3 062	3	Accélér.	51,2	55,0
3 062	3 078	3	Marche à vitesse constante	55,0	55,0
3 078	3 081	3	Décélér.	55,0	47,5
3 081	3 084	3	Marche à vitesse constante	47,5	47,5
3 084	3 093	3	Accélér.	47,5	59,5
3 093	3 096	3	Marche à vitesse constante	59,5	59,5
3 096	3 101	3	Décélér.	59,5	39,9
3 101	3 159	3	Marche à vitesse constante	39,9	39,9
3 159	3 165	3	Décélér.	39,9	14,2
3 165	3 168	3	Marche à vitesse constante	14,2	14,2
3 168	3 192	3	Accélér.	14,2	58,3
3 192	3 195	3	Marche à vitesse constante	58,3	58,3
3 195	3 201	3	Décélér.	58,3	34,8

Début de la manœuvre [s]	Fin de la manœuvre [s]	Trajet n°	Type de manœuvre	Vitesse initiale [km/h]	Vitesse finale [km/h]
3 201	3 257	3	Marche à vitesse constante	34,8	34,8
3 257	3 261	3	Accélér.	34,8	39,5
3 261	3 268	3	Marche à vitesse constante	39,5	39,5
3 268	3 271	3	Décélér.	39,5	30,0
3 271	3 274	3	Marche à vitesse constante	30,0	30,0
3 274	3 292	3	Accélér.	30,0	56,2
3 292	3 308	3	Marche à vitesse constante	56,2	56,2
3 308	3 311	3	Décélér.	56,2	46,0
3 311	3 314	3	Marche à vitesse constante	46,0	46,0
3 314	3 318	3	Accélér.	46,0	54,4
3 318	3 418	3	Marche à vitesse constante	54,4	54,4
3 418	3 422	3	Décélér.	54,4	40,4
3 422	3 432	3	Marche à vitesse constante	40,4	40,4
3 432	3 438	3	Accélér.	40,4	53,5
3 438	3 441	3	Marche à vitesse constante	53,5	53,5
3 441	3 445	3	Décélér.	53,5	40,8
3 445	3 480	3	Marche à vitesse constante	40,8	40,8
3 480	3 483	3	Décélér.	40,8	32,0
3 483	3 486	3	Marche à vitesse constante	32,0	32,0
3 486	3 489	3	Accélér.	32,0	34,7
3 489	3 492	3	Marche à vitesse constante	34,7	34,7
3 492	3 495	3	Décélér.	34,7	26,4
3 495	3 498	3	Marche à vitesse constante	26,4	26,4
3 498	3 514	3	Accélér.	26,4	50,6
3 514	3 557	3	Marche à vitesse constante	50,6	50,6

Début de la manœuvre [s]	Fin de la manœuvre [s]	Trajet n°	Type de manœuvre	Vitesse initiale [km/h]	Vitesse finale [km/h]
3 557	3 561	3	Décélér.	50,6	37,6
3 561	3 621	3	Marche à vitesse constante	37,6	37,6
3 621	3 626	3	Décélér.	37,6	22,4
3 626	3 629	3	Marche à vitesse constante	22,4	22,4
3 629	3 640	3	Accélér.	22,4	36,8
3 640	3 647	3	Marche à vitesse constante	36,8	36,8
3 647	3 651	3	Décélér.	36,8	22,9
3 651	3 654	3	Marche à vitesse constante	22,9	22,9
3 654	3 675	3	Accélér.	22,9	55,3
3 675	3 684	3	Marche à vitesse constante	55,3	55,3
3 684	3 688	3	Décélér.	55,3	39,5
3 688	3 692	3	Marche à vitesse constante	39,5	39,5
3 692	3 698	3	Décélér.	39,5	15,5
3 698	3 701	3	Marche à vitesse constante	15,5	15,5
3 701	3 717	3	Accélér.	15,5	44,3
3 717	3 729	3	Marche à vitesse constante	44,3	44,3
3 729	3 732	3	Décélér.	44,3	36,6
3 732	3 773	3	Marche à vitesse constante	36,6	36,6
3 773	3 778	3	Décélér.	36,6	20,8
3 778	3 796	3	Marche à vitesse constante	20,8	20,8
3 796	3 802	3	Accélér.	20,8	32,0
3802	3 849	3	Marche à vitesse constante	32,0	32,0
3 849	3 852	3	Décélér.	32,0	24,8
3 852	3 855	3	Marche à vitesse constante	24,8	24,8
3 855	3 875	3	Accélér.	24,8	51,6

Début de la manœuvre [s]	Fin de la manœuvre [s]	Trajet n°	Type de manœuvre	Vitesse initiale [km/h]	Vitesse finale [km/h]
3 875	3 879	3	Marche à vitesse constante	51,6	51,6
3 879	3 883	3	Décélér.	51,6	39,3
3 883	3 895	3	Marche à vitesse constante	39,3	39,3
3 895	3 898	3	Décélér.	39,3	32,4
3 898	3 939	3	Marche à vitesse constante	32,4	32,4
3 939	3 946	3	Décélér.	32,4	0,0
3 946	3 947	3	Levée de frein	0,0	0,0
3 947	3 949	4	Levée de frein	0,0	0,0
3 949	3 966	4	Accélér.	0,0	75,8
3 966	4 001	4	Marche à vitesse constante	75,8	75,8
4 001	4 005	4	Décélér.	75,8	63,9
4 005	4 081	4	Marche à vitesse constante	63,9	63,9
4 081	4 086	4	Accélér.	63,9	72,4
4 086	4 089	4	Marche à vitesse constante	72,4	72,4
4 089	4 093	4	Décélér.	72,4	58,7
4 093	4 096	4	Marche à vitesse constante	58,7	58,7
4 096	4 104	4	Accélér.	58,7	65,9
4 104	4 118	4	Marche à vitesse constante	65,9	65,9
4 118	4 122	4	Décélér.	65,9	53,7
4 122	4 136	4	Marche à vitesse constante	53,7	53,7
4 136	4 137	4	Accélér.	53,7	54,9
4 137	4 147	4	Marche à vitesse constante	54,9	54,9
4 147	4 157	4	Décélér.	54,9	0,0
4 157	4 164	4	Levée de frein	0,0	0,0
4 164	4 196	4	Accélér.	0,0	90,6
4 196	4 551	4	Marche à vitesse constante	90,6	90,6

Début de la manœuvre [s]	Fin de la manœuvre [s]	Trajet n°	Type de manœuvre	Vitesse initiale [km/h]	Vitesse finale [km/h]
4 551	4 566	4	Décélér.	90,6	0,0
4 566	4 570	4	Levée de frein	0,0	0,0
4 570	4 578	4	Accélér.	0,0	33,0
4 578	4 586	4	Marche à vitesse constante	33,0	33,0
4 586	4 601	4	Accélér.	33,0	75,0
4 601	4 612	4	Marche à vitesse constante	75,0	75,0
4 612	4 619	4	Accélér.	75,0	80,3
4 619	4 635	4	Marche à vitesse constante	80,3	80,3
4 635	4 653	4	Accélér.	80,3	95,6
4 653	4 668	4	Marche à vitesse constante	95,6	95,6
4 668	4 683	4	Décélér.	95,6	25,5
4 683	4 688	4	Marche à vitesse constante	25,5	25,5
4 688	4 714	4	Accélér.	25,5	98,4
4 714	5 004	4	Marche à vitesse constante	98,4	98,4
5 004	5 019	4	Décélér.	98,4	0,0
5 019	5 022	4	Levée de frein	0,0	0,0
5 022	5 060	4	Accélér.	0,0	82,8
5 060	5 071	4	Marche à vitesse constante	82,8	82,8
5 071	5 076	4	Décélér.	82,8	69,4
5 076	5 135	4	Marche à vitesse constante	69,4	69,4
5 135	5 149	4	Décélér.	69,4	10,1
5 149	5 152	4	Marche à vitesse constante	10,1	10,1
5 152	5 170	4	Accélér.	10,1	69,0
5 170	5 190	4	Marche à vitesse constante	69,0	69,0
5 190	5 193	4	Décélér.	69,0	61,7
5 193	5 290	4	Marche à vitesse constante	61,7	61,7
5 290	5 293	4	Accélér.	61,7	64,7

Début de la manœuvre [s]	Fin de la manœuvre [s]	Trajet n°	Type de manœuvre	Vitesse initiale [km/h]	Vitesse finale [km/h]
5 293	5 297	4	Marche à vitesse constante	64,7	64,7
5297	5 300	4	Décélér.	64,7	57,8
5 300	5 314	4	Marche à vitesse constante	57,8	57,8
5 314	5 326	4	Décélér.	57,8	0,0
5 326	5 336	4	Levée de frein	0,0	0,0
5 336	5 342	4	Accélér.	0,0	20,7
5 342	5 350	4	Marche à vitesse constante	20,7	20,7
5 350	5 356	4	Décélér.	20,7	0,0
5 356	5 359	4	Levée de frein	0,0	0,0
5 359	5 378	4	Accélér.	0,0	23,1
5 378	5 390	4	Marche à vitesse constante	23,1	23,1
5 390	5 397	4	Décélér.	23,1	5,6
5 397	5 400	4	Marche à vitesse constante	5,6	5,6
5 400	5 409	4	Accélér.	5,6	15,4
5 409	5 417	4	Marche à vitesse constante	15,4	15,4
5 417	5 421	4	Décélér.	15,4	4,4
5 421	5 424	4	Marche à vitesse constante	4,4	4,4
5 424	5 432	4	Accélér.	4,4	25,7
5 432	5 435	4	Marche à vitesse constante	25,7	25,7
5 435	5 441	4	Décélér.	25,7	7,2
5 441	5 444	4	Marche à vitesse constante	7,2	7,2
5 444	5 454	4	Accélér.	7,2	24,8
5 454	5 461	4	Marche à vitesse constante	24,8	24,8
5 461	5 464	4	Décélér.	24,8	16,7
5 464	5 467	4	Marche à vitesse constante	16,7	16,7
5 467	5 469	4	Accélér.	16,7	18,7

Début de la manœuvre [s]	Fin de la manœuvre [s]	Trajet n°	Type de manœuvre	Vitesse initiale [km/h]	Vitesse finale [km/h]
5 469	5 472	4	Marche à vitesse constante	18,7	18,7
5 472	5 480	4	Décélér.	18,7	0,0
5480	5 484	4	Levée de frein	0,0	0,0
5 484	5 488	5	Levée de frein	0,0	0,0
5 488	5 496	5	Accélér.	0,0	41,8
5 496	5 514	5	Marche à vitesse constante	41,8	41,8
5 514	5 524	5	Décélér.	41,8	0,0
5 524	5 527	5	Levée de frein	0,0	0,0
5 527	5 542	5	Accélér.	0,0	34,6
5 542	5 554	5	Marche à vitesse constante	34,6	34,6
5 554	5 557	5	Décélér.	34,6	27,3
5 557	5 560	5	Marche à vitesse constante	27,3	27,3
5 560	5 568	5	Accélér.	27,3	43,5
5 568	5 571	5	Marche à vitesse constante	43,5	43,5
5 571	5 581	5	Décélér.	43,5	0,0
5 581	5 587	5	Levée de frein	0,0	0,0
5 587	5 601	5	Accélér.	0,0	30,0
5 601	5 624	5	Marche à vitesse constante	30,0	30,0
5 624	5 629	5	Décélér.	30,0	13,6
5 629	5 632	5	Marche à vitesse constante	13,6	13,6
5 632	5 639	5	Accélér.	13,6	37,0
5 639	5 647	5	Marche à vitesse constante	37,0	37,0
5 647	5 656	5	Décélér.	37,0	0,0
5 656	5 713	5	Levée de frein	0,0	0,0
5 713	5 734	5	Accélér.	0,0	41,2
5 734	5 749	5	Marche à vitesse constante	41,2	41,2
5 749	5 753	5	Décélér.	41,2	29,5

Début de la manœuvre [s]	Fin de la manœuvre [s]	Trajet n°	Type de manœuvre	Vitesse initiale [km/h]	Vitesse finale [km/h]
5 753	5 789	5	Marche à vitesse constante	29,5	29,5
5 789	5 792	5	Décélér.	29,5	18,0
5 792	5 795	5	Marche à vitesse constante	18,0	18,0
5 795	5 800	5	Décélér.	18,0	0,0
5 800	5 803	5	Levée de frein	0,0	0,0
5 803	5 811	5	Accélér.	0,0	29,5
5 811	5 814	5	Marche à vitesse constante	29,5	29,5
5 814	5 817	5	Décélér.	29,5	22,1
5 817	5 820	5	Marche à vitesse constante	22,1	22,1
5 820	5 824	5	Décélér.	22,1	8,1
5 824	5 827	5	Marche à vitesse constante	8,1	8,1
5 827	5 832	5	Accélér.	8,1	16,9
5 832	5 844	5	Marche à vitesse constante	16,9	16,9
5 844	5 849	5	Décélér.	16,9	0,0
5 849	5 952	5	Levée de frein	0,0	0,0
5 952	5 958	5	Accélér.	0,0	14,4
5 958	5 965	5	Marche à vitesse constante	14,4	14,4
5 965	5 968	5	Décélér.	14,4	3,5
5 968	5 971	5	Marche à vitesse constante	3,5	3,5
5 971	6 010	5	Accélér.	3,5	56,4
6 010	6 074	5	Marche à vitesse constante	56,4	56,4
6 074	6 078	5	Décélér.	56,4	41,2
6 078	6 081	5	Marche à vitesse constante	41,2	41,2
6 081	6 088	5	Décélér.	41,2	13,9
6 088	6 091	5	Marche à vitesse constante	13,9	13,9
6 091	6 111	5	Accélér.	13,9	56,4

Début de la manœuvre [s]	Fin de la manœuvre [s]	Trajet n°	Type de manœuvre	Vitesse initiale [km/h]	Vitesse finale [km/h]
6 111	6 175	5	Marche à vitesse constante	56,4	56,4
6 175	6 180	5	Décélér.	56,4	41,3
6 180	6 183	5	Marche à vitesse constante	41,3	41,3
6 183	6 200	5	Accélér.	41,3	58,0
6 200	6 208	5	Marche à vitesse constante	58,0	58,0
6 208	6 213	5	Décélér.	58,0	39,6
6 213	6 248	5	Marche à vitesse constante	39,6	39,6
6 248	6 252	5	Décélér.	39,6	22,3
6 252	6 255	5	Marche à vitesse constante	22,3	22,3
6 255	6 258	5	Accélér.	22,3	26,7
6 258	6 320	5	Marche à vitesse constante	26,7	26,7
6 320	6 330	5	Décélér.	26,7	0,0
6 330	6 339	5	Levée de frein	0,0	0,0
6 339	6 425	5	Accélér.	0,0	105,2
6 425	6 872	5	Marche à vitesse constante	105,2	105,2
6 872	6 876	5	Décélér.	105,2	90,4
6 876	6 884	5	Marche à vitesse constante	90,4	90,4
6 884	6 893	5	Accélér.	90,4	102,2
6 893	6 898	5	Marche à vitesse constante	102,2	102,2
6 898	6 901	5	Décélér.	102,2	91,6
6 901	6 923	5	Marche à vitesse constante	91,6	91,6
6 923	6 926	5	Accélér.	91,6	94,6
6 926	6 930	5	Marche à vitesse constante	94,6	94,6
6 930	6 932	5	Décélér.	94,6	87,2
6 932	6 953	5	Marche à vitesse constante	87,2	87,2
6 953	6 957	5	Décélér.	87,2	72,3

Début de la manœuvre [s]	Fin de la manœuvre [s]	Trajet n°	Type de manœuvre	Vitesse initiale [km/h]	Vitesse finale [km/h]
6 957	6 960	5	Marche à vitesse constante	72,3	72,3
6 960	6 973	5	Accélér.	72,3	84,8
6 973	6 977	5	Marche à vitesse constante	84,8	84,8
6 977	6 981	5	Décélér.	84,8	73,8
6 981	6 985	5	Marche à vitesse constante	73,8	73,8
6 985	6 995	5	Accélér.	73,8	87,8
6 995	6 999	5	Marche à vitesse constante	87,8	87,8
6 999	7 005	5	Décélér.	87,8	69,0
7 005	7 069	5	Marche à vitesse constante	69,0	69,0
7 069	7 074	5	Décélér.	69,0	50,2
7 074	7 090	5	Marche à vitesse constante	50,2	50,2
7 090	7 104	5	Accélér.	50,2	83,5
7 104	7 114	5	Marche à vitesse constante	83,5	83,5
7 114	7 117	5	Décélér.	83,5	71,3
7 117	7 177	5	Marche à vitesse constante	71,3	71,3
7 177	7 182	5	Décélér.	71,3	53,5
7 182	7 185	5	Marche à vitesse constante	53,5	53,5
7 185	7 198	5	Accélér.	53,5	80,0
7 198	7 201	5	Marche à vitesse constante	80,0	80,0
7 201	7 205	5	Décélér.	80,0	66,0
7 205	7 346	5	Marche à vitesse constante	66,0	66,0
7 346	7 349	5	Décélér.	66,0	56,7
7 349	7 354	5	Marche à vitesse constante	56,7	56,7
7 354	7 368	5	Accélér.	56,7	83,9
7 368	7 381	5	Marche à vitesse constante	83,9	83,9

Début de la manœuvre [s]	Fin de la manœuvre [s]	Trajet n°	Type de manœuvre	Vitesse initiale [km/h]	Vitesse finale [km/h]
7 381	7 388	5	Décélér.	83,9	42,5
7 388	7 400	5	Marche à vitesse constante	42,5	42,5
7 400	7 414	5	Accélér.	42,5	73,8
7 414	7 442	5	Marche à vitesse constante	73,8	73,8
7 442	7 455	5	Décélér.	73,8	24,4
7 455	7 490	5	Marche à vitesse constante	24,4	24,4
7 490	7 496	5	Décélér.	24,4	0,0
7 496	7 503	5	Levée de frein	0,0	0,0
7 503	7 509	5	Accélér.	0,0	22,9
7 509	7 518	5	Marche à vitesse constante	22,9	22,9
7 518	7 522	5	Décélér.	22,9	13,5
7 522	7 525	5	Marche à vitesse constante	13,5	13,5
7 525	7 531	5	Accélér.	13,5	23,0
7 531	7 534	5	Marche à vitesse constante	23,0	23,0
7 534	7 537	5	Décélér.	23,0	15,4
7 537	7 540	5	Marche à vitesse constante	15,4	15,4
7 540	7 545	5	Accélér.	15,4	19,0
7 545	7 548	5	Marche à vitesse constante	19,0	19,0
7 548	7 551	5	Décélér.	19,0	12,2
7 551	7 554	5	Marche à vitesse constante	12,2	12,2
7 554	7 558	5	Accélér.	12,2	18,8
7 558	7 561	5	Marche à vitesse constante	18,8	18,8
7 561	7 567	5	Décélér.	18,8	0,0
7 567	7 688	5	Levée de frein	0,0	0,0
7 688	7 699	5	Accélér.	00	37,9
7 699	7 704	5	Marche à vitesse constante	37,9	37,9
7 704	7 709	5	Décélér.	37,9	24,4

Début de la manœuvre [s]	Fin de la manœuvre [s]	Trajet n°	Type de manœuvre	Vitesse initiale [km/h]	Vitesse finale [km/h]
7 709	7 748	5	Marche à vitesse constante	24,4	24,4
7 748	7 752	5	Décélér.	24,4	14,9
7 752	7 755	5	Marche à vitesse constante	14,9	14,9
7 755	7 764	5	Accélér.	14,9	45,3
7 764	7 769	5	Marche à vitesse constante	45,3	45,3
7 769	7 774	5	Décélér.	45,3	25,9
7 774	7 777	5	Marche à vitesse constante	25,9	25,9
7 777	7 787	5	Accélér.	25,9	40,6
7 787	7 795	5	Marche à vitesse constante	40,6	40,6
7 795	7 800	5	Décélér.	40,6	25,4
7 800	7 803	5	Marche à vitesse constante	25,4	25,4
7 803	7 814	5	Accélér.	25,4	37,2
7 814	7 817	5	Marche à vitesse constante	37,2	37,2
7 817	7 822	5	Décélér.	37,2	20,8
7 822	7 825	5	Marche à vitesse constante	20,8	20,8
7 825	7 829	5	Accélér.	20,8	26,3
7 829	7 883	5	Marche à vitesse constante	26,3	26,3
7 883	7 889	5	Décélér.	26,3	0,0
7 889	7 892	5	Levée de frein	0,0	0,0
7 892	7 904	5	Accélér.	0,0	53,4
7 904	7 907	5	Marche à vitesse constante	53,4	53,4
7 907	7 913	5	Décélér.	53,4	28,2
7 913	7 916	5	Marche à vitesse constante	28,2	28,2
7 916	7 926	5	Accélér.	28,2	42,6
7 926	7 941	5	Marche à vitesse constante	42,6	42,6
7 941	7 947	5	Décélér.	42,6	19,0

Début de la manœuvre [s]	Fin de la manœuvre [s]	Trajet n°	Type de manœuvre	Vitesse initiale [km/h]	Vitesse finale [km/h]
7 947	7950	5	Marche à vitesse constante	19,0	19,0
7 950	7 962	5	Accélér.	19,0	57,1
7 962	7 973	5	Marche à vitesse constante	57,1	57,1
7 973	7 979	5	Décélér.	57,1	31,8
7 979	7 982	5	Marche à vitesse constante	31,8	31,8
7 982	7 988	5	Accélér.	31,8	50,0
7 988	8 064	5	Marche à vitesse constante	50,0	50,0
8 064	8 069	5	Décélér.	50,0	24,4
8 069	8 072	5	Marche à vitesse constante	24,4	24,4
8 072	8 078	5	Accélér.	24,4	58,2
8 078	8 081	5	Marche à vitesse constante	58,2	58,2
8 081	8 088	5	Décélér.	58,2	29,9
8 088	8 120	5	Marche à vitesse constante	29,9	29,9
8 120	8 123	5	Décélér.	29,9	21,2
8 123	8 126	5	Marche à vitesse constante	21,2	21,2
8 126	8 129	5	Accélér.	21,2	25,0
8 129	8 162	5	Marche à vitesse constante	25,0	25,0
8 162	8 165	5	Accélér.	25,0	32,6
8 165	8 168	5	Marche à vitesse constante	32,6	32,6
8 168	8 174	5	Décélér.	32,6	0,0
8 174	8 175	5	Levée de frein	0,0	0,0
8 175	8 177	6	Levée de frein	0,0	0,0
8 177	8 189	6	Accélér.	0,0	21,2
8 189	8 413	6	Marche à vitesse constante	21,2	21,2
8 413	8 418	6	Décélér.	21,2	9,5

Début de la manœuvre [s]	Fin de la manœuvre [s]	Trajet n°	Type de manœuvre	Vitesse initiale [km/h]	Vitesse finale [km/h]
8 418	8 421	6	Marche à vitesse constante	9,5	9,5
8 421	8 425	6	Décélér.	9,5	0,0
8 425	8 483	6	Levée de frein	0,0	0,0
8 483	8 540	7	Levée de frein	0,0	0,0
8 540	8 547	7	Accélér.	0,0	35,1
8 547	8 552	7	Marche à vitesse constante	35,1	35,1
8 552	8 560	7	Décélér.	35,1	5,5
8 560	8 563	7	Marche à vitesse constante	5,5	5,5
8 563	8 577	7	Accélér.	5,5	16,5
8 577	8 609	7	Marche à vitesse constante	16,5	16,5
8 609	8 614	7	Décélér.	16,5	0,0
8 614	8 625	7	Levée de frein	0,0	0,0
8 625	8 670	7	Accélér.	0,0	96,9
8 670	9 081	7	Marche à vitesse constante	96,9	96,9
9 081	9 089	7	Décélér.	96,9	73,3
9 089	9 117	7	Marche à vitesse constante	73,3	73,3
9 117	9 127	7	Décélér.	73,3	20,1
9 127	9 130	7	Marche à vitesse constante	20,1	20,1
9 130	9 143	7	Accélér.	20,1	62,2
9 143	9 146	7	Marche à vitesse constante	62,2	62,2
9 146	9 155	7	Décélér.	62,2	6,6
9 155	9 158	7	Marche à vitesse constante	6,6	6,6
9 158	9 171	7	Accélér.	6,6	53,2
9 171	9 174	7	Marche à vitesse constante	53,2	53,2
9 174	9 187	7	Décélér.	53,2	0,0
9 187	9 188	7	Levée de frein	0,0	0,0

Début de la manœuvre [s]	Fin de la manœuvre [s]	Trajet n°	Type de manœuvre	Vitesse initiale [km/h]	Vitesse finale [km/h]
9 188	9 190	8	Levée de frein	0,0	0,0
9 190	9 238	8	Accélér.	0,0	83,6
9 238	9 264	8	Marche à vitesse constante	83,6	83,6
9 264	9 279	8	Décélér.	83,6	0,0
9 279	9 366	8	Levée de frein	0,0	0,0
9 366	9 372	8	Accélér.	0,0	23,9
9 372	9 375	8	Marche à vitesse constante	23,9	23,9
9 375	9 382	8	Décélér.	23,9	0,0
9 382	9 386	8	Levée de frein	0,0	0,0
9 386	9 402	8	Accélér.	0,0	65,3
9 402	9 427	8	Marche à vitesse constante	65,3	65,3
9 427	9 439	8	Décélér.	65,3	0,0
9 439	9 443	8	Levée de frein	0,0	0,0
9 443	9 453	8	Accélér.	0,0	40,5
9 453	9 489	8	Marche à vitesse constante	40,5	40,5
9 489	9 493	8	Décélér.	40,5	29,3
9 493	9 496	8	Marche à vitesse constante	29,3	29,3
9 496	9 516	8	Accélér.	29,3	63,0
9 516	9 812	8	Marche à vitesse constante	63,0	63,0
9 812	9 815	8	Décélér.	63,0	52,2
9 815	9 845	8	Marche à vitesse constante	52,2	52,2
9 845	9 848	8	Décélér.	52,2	44,6
9 848	9 851	8	Marche à vitesse constante	44,6	44,6
9 851	9 859	8	Accélér.	44,6	59,2
9 859	9 864	8	Marche à vitesse constante	59,2	59,2
9 864	9 869	8	Décélér.	59,2	45,2
9 869	9 872	8	Marche à vitesse constante	45,2	45,2

Début de la manœuvre [s]	Fin de la manœuvre [s]	Trajet n°	Type de manœuvre	Vitesse initiale [km/h]	Vitesse finale [km/h]
9 872	9 876	8	Accélér.	45,2	53,9
9 876	9 888	8	Marche à vitesse constante	53,9	53,9
9 888	9 898	8	Décélér.	53,9	0,0
9 898	9 899	8	Levée de frein	0,0	0,0
9 899	9 901	9	Levée de frein	0,0	0,0
9 901	9 909	9	Accélér.	0,0	19,1
9 909	10 036	9	Marche à vitesse constante	19,1	19,1
10 036	10 041	9	Décélér.	19,1	6,4
10 041	10 044	9	Marche à vitesse constante	6,4	6,4
10 044	10 046	9	Accélér.	6,4	10,5
10 046	10 049	9	Marche à vitesse constante	10,5	10,5
10 049	10 054	9	Décélér.	10,5	0,0
10 054	10 056	9	Levée de frein	0,0	0,0
10 056	10 066	9	Accélér.	0,0	29,6
10 066	10 273	9	Marche à vitesse constante	29,6	29,6
10 273	10 280	9	Décélér.	29,6	0,0
10 280	10 284	9	Levée de frein	0,0	0,0
10 284	10 294	9	Accélér.	0,0	24,3
10 294	10 453	9	Marche à vitesse constante	24,3	24,3
10 453	10 458	9	Décélér.	24,3	4,5
10 458	10 461	9	Marche à vitesse constante	4,5	4,5
10 461	10 469	9	Accélér.	4,5	27,8
10 469	10 475	9	Marche à vitesse constante	27,8	27,8
10 475	10 479	9	Décélér.	27,8	17,3
10 479	10 482	9	Marche à vitesse constante	17,3	17,3
10 482	10 486	9	Décélér.	17,3	6,5
10 486	10 489	9	Marche à vitesse constante	6,5	6,5

Début de la manœuvre [s]	Fin de la manœuvre [s]	Trajet n°	Type de manœuvre	Vitesse initiale [km/h]	Vitesse finale [km/h]
10 489	10 496	9	Accélér.	6,5	26,8
10 496	10 507	9	Marche à vitesse constante	26,8	26,8
10 507	10 514	9	Décélér.	26,8	0,0
10 514	10 554	9	Levée de frein	0,0	0,0
10 554	10 626	10	Levée de frein	0,0	0,0
10 626	10 632	10	Accélér.	0,0	27,5
10 632	10 638	10	Marche à vitesse constante	27,5	27,5
10 638	10 647	10	Décélér.	27,5	0,0
10 647	10 650	10	Levée de frein	0,0	0,0
10 650	10 663	10	Accélér.	0,0	39,0
10 663	10 696	10	Marche à vitesse constante	39,0	39,0
10 696	10 700	10	Décélér.	39,0	29,0
10 700	10 707	10	Marche à vitesse constante	29,0	29,0
10 707	10 712	10	Accélér.	29,0	35,1
10 712	10 721	10	Marche à vitesse constante	35,1	35,1
10 721	10 725	10	Décélér.	35,1	24,5
10 725	10 728	10	Marche à vitesse constante	24,5	24,5
10 728	10 737	10	Accélér.	24,5	41,9
10 737	10 758	10	Marche à vitesse constante	41,9	41,9
10 758	10 761	10	Décélér.	41,9	34,1
10 761	10 764	10	Marche à vitesse constante	34,1	34,1
10 764	10 768	10	Accélér.	34,1	39,4
10 768	10 792	10	Marche à vitesse constante	39,4	39,4
10 792	10 797	10	Décélér.	39,4	24,9
10 797	10 800	10	Marche à vitesse constante	24,9	24,9
10 800	10 808	10	Accélér.	24,9	36,4

Début de la manœuvre [s]	Fin de la manœuvre [s]	Trajet n°	Type de manœuvre	Vitesse initiale [km/h]	Vitesse finale [km/h]
10 808	10 811	10	Marche à vitesse constante	36,4	36,4
10 811	10 822	10	Décélér.	36,4	0,0
10 822	10 825	10	Levée de frein	0,0	0,0
10 825	10 838	10	Accélér.	0,0	55,7
10 838	10 868	10	Marche à vitesse constante	55,7	55,7
10 868	10 879	10	Décélér.	55,7	0,0
10 879	10 888	10	Levée de frein	0,0	0,0
10 888	10 901	10	Accélér.	0,0	56,2
10 901	11 088	10	Marche à vitesse constante	56,2	56,2
11 088	11 101	10	Décélér.	56,2	0,0
11 101	11 104	10	Levée de frein	0,0	0,0
11 104	11 114	10	Accélér.	0,0	43,6
11 114	11 117	10	Marche à vitesse constante	43,6	43,6
11 117	11 126	10	Décélér.	43,6	0,0
11 126	11 238	10	Levée de frein	0,0	0,0
11 238	11 242	10	Accélér.	0,0	11,2
11 242	11 245	10	Marche à vitesse constante	11,2	11,2
11 245	11 249	10	Décélér.	11,2	4,1
11 249	11 252	10	Marche à vitesse constante	4,1	4,1
11 252	11 258	10	Accélér.	4,1	15,0
11 258	11 261	10	Marche à vitesse constante	15,0	15,0
11 261	11 265	10	Décélér.	15,0	6,2
11 265	11 268	10	Marche à vitesse constante	6,2	6,2
11 268	11 273	10	Accélér.	6,2	10,1
11 273	11 276	10	Marche à vitesse constante	10,1	10,1
11 276	11 281	10	Décélér.	10,1	0,0
11 281	11 284	10	Levée de frein	0,0	0,0

Début de la manœuvre [s]	Fin de la manœuvre [s]	Trajet n°	Type de manœuvre	Vitesse initiale [km/h]	Vitesse finale [km/h]
11 284	11 293	10	Accélér.	0,0	31,3
11 293	11 313	10	Marche à vitesse constante	31,3	31,3
11 313	11 316	10	Décélér.	31,3	23,8
11 316	11 348	10	Marche à vitesse constante	23,8	23,8
11 348	11 351	10	Décélér.	23,8	16,9
11 351	11 354	10	Marche à vitesse constante	16,9	16,9
11 354	11 361	10	Décélér.	16,9	0,0
11 361	11 364	10	Levée de frein	0,0	0,0
11 364	11 373	10	Accélér.	0,0	40,0
11 373	11 512	10	Marche à vitesse constante	40,0	40,0
11 512	11 519	10	Décélér.	40,0	10,6
11 519	11 522	10	Marche à vitesse constante	10,6	10,6
11 522	11 528	10	Accélér.	10,6	15,6
11 528	11 541	10	Marche à vitesse constante	15,6	15,6
11 541	11 545	10	Décélér.	15,6	6,3
11 545	11 548	10	Marche à vitesse constante	6,3	6,3
11 548	11 552	10	Accélér.	6,3	15,6
11552	11 557	10	Marche à vitesse constante	15,6	15,6
11 557	11 560	10	Décélér.	15,6	8,8
11 560	11 563	10	Marche à vitesse constante	8,8	8,8
11 563	11 567	10	Accélér.	8,8	13,1
11 567	11 574	10	Marche à vitesse constante	13,1	13,1
11 574	11 579	10	Décélér.	13,1	0,0
11 579	11 646	10	Levée de frein	0,0	0,0
11 646	11 652	10	Accélér.	0,0	23,1
11 652	11 659	10	Marche à vitesse constante	23,1	23,1
11 659	11 662	10	Décélér.	23,1	15,0

Début de la manœuvre [s]	Fin de la manœuvre [s]	Trajet n°	Type de manœuvre	Vitesse initiale [km/h]	Vitesse finale [km/h]
11 662	11 665	10	Marche à vitesse constante	15,0	15,0
11 665	11 666	10	Accélér.	15,0	18,1
11 666	11 669	10	Marche à vitesse constante	18,1	18,1
11 669	11 671	10	Décélér.	18,1	13,6
11 671	11 674	10	Marche à vitesse constante	13,6	13,6
11 674	11 680	10	Accélér.	13,6	19,4
11 680	11 684	10	Marche à vitesse constante	19,4	19,4
11 684	11 687	10	Décélér.	19,4	11,5
11 687	11 690	10	Marche à vitesse constante	11,5	11,5
11 690	11 694	10	Décélér.	11,5	0,0
11 694	11 830	10	Levée de frein	0,0	0,0
11 830	11 842	10	Accélér.	0,0	34,9
11 842	11 845	10	Marche à vitesse constante	34,9	34,9
11 845	11 848	10	Décélér.	34,9	27,9
11 848	11 851	10	Marche à vitesse constante	27,9	27,9
11 851	11 858	10	Accélér.	27,9	43,7
11 858	11 861	10	Marche à vitesse constante	43,7	43,7
11 861	11 865	10	Décélér.	43,7	32,1
11 865	11 868	10	Marche à vitesse constante	32,1	32,1
11 868	11 873	10	Décélér.	32,1	12,4
11 873	11 880	10	Marche à vitesse constante	12,4	12,4
11 880	11 884	10	Décélér.	12,4	0,0
11 884	12 054	10	Levée de frein	0,0	0,0
12 054	12 064	10	Accélér.	0,0	14,7
12 064	12 067	10	Marche à vitesse constante	14,7	14,7
12 067	12 072	10	Décélér.	14,7	0,0

Début de la manœuvre [s]	Fin de la manœuvre [s]	Trajet n°	Type de manœuvre	Vitesse initiale [km/h]	Vitesse finale [km/h]
12 072	12 075	10	Levée de frein	0,0	0,0
12 075	12 079	10	Accélér.	0,0	13,8
12 079	12 082	10	Marche à vitesse constante	13,8	13,8
12 082	12 086	10	Décélér.	13,8	0,0
12 086	12 096	10	Levée de frein	0,0	0,0
12 096	12 100	10	Accélér.	0,0	12,4
12 100	12 103	10	Marche à vitesse constante	12,4	12,4
12 103	12 106	10	Décélér.	12,4	0,0
12 106	12 124	10	Levée de frein	0,0	0,0
12 124	12 129	10	Accélér.	0,0	18,7
12 129	12 132	10	Marche à vitesse constante	18,7	18,7
12 132	12 140	10	Décélér.	18,7	0,0
12 140	12 173	10	Levée de frein	0,0	0,0
12 173	12 178	10	Accélér.	0,0	18,4
12 178	12 181	10	Marche à vitesse constante	18,4	18,4
12 181	12 187	10	Décélér.	18,4	0,0
12 187	12 188	10	Levée de frein	0,0	0,0
12 188	12 197	10	Accélér.	0,0	41,2
12 197	12 198	10	Marche à vitesse constante	41,2	41,2
12 198	12 202	10	Décélér.	41,2	30,4
12 202	12 208	10	Marche à vitesse constante	30,4	30,4
12 208	12 213	10	Décélér.	30,4	14,8
12 213	12 216	10	Marche à vitesse constante	14,8	14,8
12 216	12 231	10	Accélér.	14,8	50,5
12 231	12 267	10	Marche à vitesse constante	50,5	50,5
12 267	12 272	10	Décélér.	50,5	30,8
12 272	12 276	10	Marche à vitesse constante	30,8	30,8

Début de la manœuvre [s]	Fin de la manœuvre [s]	Trajet n°	Type de manœuvre	Vitesse initiale [km/h]	Vitesse finale [km/h]
12 276	12 284	10	Décélér.	30,8	0,0
12 284	12 328	10	Levée de frein	0,0	0,0
12 328	12 333	10	Accélér.	0,0	12,4
12 333	12 336	10	Marche à vitesse constante	12,4	12,4
12 336	12 340	10	Décélér.	12,4	0,0
12 340	12 356	10	Levée de frein	0,0	0,0
12 356	12 361	10	Accélér.	0,0	14,7
12 361	12 364	10	Marche à vitesse constante	14,7	14,7
12 364	12 368	10	Décélér.	14,7	0,0
12 368	12 371	10	Levée de frein	0,0	0,0
12 371	12 376	10	Accélér.	0,0	18,7
12 376	12 461	10	Marche à vitesse constante	18,7	18,7
12 461	12 469	10	Décélér.	18,7	0,0
12 469	12 478	10	Levée de frein	0,0	0,0
12 478	12 484	10	Accélér.	0,0	18,4
12 484	12 487	10	Marche à vitesse constante	18,4	18,4
12 487	12 493	10	Décélér.	18,4	0,0
12 493	12 503	10	Levée de frein	0,0	0,0
12 503	12 507	10	Accélér.	0,0	13,8
12 507	12 510	10	Marche à vitesse constante	13,8	13,8
12 510	12 514	10	Décélér.	13,8	0,0
12 514	12 517	10	Levée de frein	0,0	0,0
12 517	12 521	10	Accélér.	0,0	12,4
12 521	12 524	10	Marche à vitesse constante	12,4	12,4
12 524	12 528	10	Décélér.	12,4	0,0
12 528	12 544	10	Levée de frein	0,0	0,0
12 544	12 549	10	Accélér.	0,0	14,7
12 549	12 552	10	Marche à vitesse constante	14,7	14,7
12 552	12 556	10	Décélér.	14,7	0,0

Début de la manœuvre [s]	Fin de la manœuvre [s]	Trajet n°	Type de manœuvre	Vitesse initiale [km/h]	Vitesse finale [km/h]
12 556	12 559	10	Levée de frein	0,0	0,0
12 559	12 602	10	Accélér.	0,0	105,0
12 602	12 614	10	Marche à vitesse constante	105,0	105,0
12 614	12 617	10	Décélér.	105,0	95,4
12 617	12 622	10	Marche à vitesse constante	95,4	95,4
12 622	12 626	10	Décélér.	95,4	82,4
12 626	12 629	10	Marche à vitesse constante	82,4	82,4
12 629	12 639	10	Accélér.	82,4	97,4
12 639	12 642	10	Marche à vitesse constante	97,4	97,4
12 642	12 646	10	Décélér.	97,4	82,7
12 646	12 651	10	Marche à vitesse constante	82,7	82,7
12 651	12 654	10	Décélér.	82,7	74,5
12 654	12 658	10	Marche à vitesse constante	74,5	74,5
12 658	12 668	10	Décélér.	74,5	38,7
12 668	12 671	10	Marche à vitesse constante	38,7	38,7
12 671	12 679	10	Accélér.	38,7	64,0
12 679	12 695	10	Marche à vitesse constante	64,0	64,0
12 695	12 702	10	Décélér.	64,0	25,9
12 702	12 705	10	Marche à vitesse constante	25,9	25,9
12 705	12 711	10	Accélér.	25,9	47,8
12 711	12 714	10	Marche à vitesse constante	47,8	47,8
12 714	12 718	10	Décélér.	47,8	36,0
12 718	12 721	10	Marche à vitesse constante	36,0	36,0
12 721	12 728	10	Accélér.	36,0	60,3
12 728	12 790	10	Marche à vitesse constante	60,3	60,3
12 790	12 796	10	Décélér.	60,3	36,4

Début de la manœuvre [s]	Fin de la manœuvre [s]	Trajet n°	Type de manœuvre	Vitesse initiale [km/h]	Vitesse finale [km/h]
12 796	12 799	10	Marche à vitesse constante	36,4	36,4
12 799	12 806	10	Accélér.	36,4	49,0
12 806	12 854	10	Marche à vitesse constante	49,0	49,0
12 854	12 858	10	Décélér.	49,0	37,0
12 858	12 861	10	Marche à vitesse constante	37,0	37,0
12 861	12 877	10	Accélér.	37,0	61,0
12 877	12 926	10	Marche à vitesse constante	61,0	61,0
12 926	12 932	10	Décélér.	61,0	28,0
12 932	12 938	10	Marche à vitesse constante	28,0	28,0
12 938	12 944	10	Accélér.	28,0	43,2
12 944	12 959	10	Marche à vitesse constante	43,2	43,2
12 959	12 965	10	Décélér.	43,2	25,0
12 965	12 968	10	Marche à vitesse constante	25,0	25,0
12 968	12 974	10	Accélér.	25,0	46,7
12 974	12 977	10	Marche à vitesse constante	46,7	46,7
12 977	12 980	10	Décélér.	46,7	37,9
12 980	12 983	10	Marche à vitesse constante	37,9	37,9
12 983	12 997	10	Accélér.	37,9	54,9
12 997	13 053	10	Marche à vitesse constante	54,9	54,9
13 053	13 060	10	Décélér.	54,9	22,4
13 060	13 063	10	Marche à vitesse constante	22,4	22,4
13 063	13 067	10	Accélér.	22,4	26,2
13 067	13 072	10	Marche à vitesse constante	26,2	26,2
13 072	13 075	10	Décélér.	26,2	18,6
13 075	13 078	10	Marche à vitesse constante	18,6	18,6

Début de la manœuvre [s]	Fin de la manœuvre [s]	Trajet n°	Type de manœuvre	Vitesse initiale [km/h]	Vitesse finale [km/h]
13 078	13 080	10	Accélér.	18,6	20,1
13 080	13 084	10	Marche à vitesse constante	20,1	20,1
13 084	13 090	10	Décélér.	20,1	7,0
13 090	13 093	10	Marche à vitesse constante	7,0	7,0
13 093	13 097	10	Décélér.	7,0	0,0
13 097	13 100	10	Levée de frein	0,0	0,0
13 100	13 112	10	Accélér.	0,0	28,0
13 112	13 175	10	Marche à vitesse constante	28,0	28,0
13 175	13 179	10	Décélér.	28,0	16,3
13 179	13 182	10	Marche à vitesse constante	16,3	16,3
13 182	13 185	10	Accélér.	16,3	18,6
13 185	13 188	10	Marche à vitesse constante	18,6	18,6
13 188	13 192	10	Décélér.	18,6	7,6
13 192	13 195	10	Marche à vitesse constante	7,6	7,6
13 195	13 207	10	Accélér.	7,6	28,7
13 207	13 273	10	Marche à vitesse constante	28,7	28,7
13 273	13 278	10	Décélér.	28,7	14,6
13 278	13 281	10	Marche à vitesse constante	14,6	14,6
13 281	13 286	10	Accélér.	14,6	22,9
13 286	13 290	10	Marche à vitesse constante	22,9	22,9
13 290	13 294	10	Décélér.	22,9	12,0
13 294	13 297	10	Marche à vitesse constante	12,0	12,0
13 297	13 314	10	Accélér.	12,0	46,0
13 314	13 334	10	Marche à vitesse constante	46,0	46,0
13 334	13 344	10	Décélér.	46,0	0,0
13 344	13 347	10	Levée de frein	0,0	0,0
13 347	13 364	10	Accélér.	0,0	46,2

Début de la manœuvre [s]	Fin de la manœuvre [s]	Trajet n°	Type de manœuvre	Vitesse initiale [km/h]	Vitesse finale [km/h]
13 364	13 379	10	Marche à vitesse constante	46,2	46,2
13 379	13 384	10	Décélér.	46,2	32,1
13 384	13 408	10	Marche à vitesse constante	32,1	32,1
13 408	13 412	10	Décélér.	32,1	20,8
13 412	13 442	10	Marche à vitesse constante	20,8	20,8
13 442	13 445	10	Décélér.	20,8	12,4
13 445	13 448	10	Marche à vitesse constante	12,4	12,4
13 448	13 460	10	Accélér.	12,4	42,5
13 460	13 482	10	Marche à vitesse constante	42,5	42,5
13 482	13 488	10	Décélér.	42,5	17,8
13 488	13 491	10	Marche à vitesse constante	17,8	17,8
13 491	13 495	10	Accélér.	17,8	22,7
13 495	13 498	10	Marche à vitesse constante	22,7	22,7
13 498	13 506	10	Décélér.	22,7	0,0
13 506	13 509	10	Levée de frein	0,0	0,0
13 509	13 518	10	Accélér.	0,0	25,0
13 518	13 521	10	Marche à vitesse constante	25,0	25,0
13 521	13 524	10	Décélér.	25,0	17,2
13 524	13 527	10	Marche à vitesse constante	17,2	17,2
13 527	13 532	10	Accélér.	17,2	30,9
13 532	13 535	10	Marche à vitesse constante	30,9	30,9
13 535	13 539	10	Décélér.	30,9	16,7
13 539	13 542	10	Marche à vitesse constante	16,7	16,7
13 542	13 548	10	Accélér.	16,7	43,0
13 548	13 578	10	Marche à vitesse constante	43,0	43,0
13 578	13 583	10	Décélér.	43,0	29,8

Début de la manœuvre [s]	Fin de la manœuvre [s]	Trajet n°	Type de manœuvre	Vitesse initiale [km/h]	Vitesse finale [km/h]
13 583	13 586	10	Marche à vitesse constante	29,8	29,8
13 586	13 598	10	Accélér.	29,8	58,8
13 598	13 633	10	Marche à vitesse constante	58,8	58,8
13 633	13 636	10	Décélér.	58,8	48,7
13 636	13 639	10	Marche à vitesse constante	48,7	48,7
13 639	13 645	10	Décélér.	48,7	23,8
13 645	13 648	10	Marche à vitesse constante	23,8	23,8
13 648	13 654	10	Accélér.	23,8	44,3
13 654	13 676	10	Marche à vitesse constante	44,3	44,3
13 676	13 681	10	Décélér.	44,3	30,3
13 681	13 684	10	Marche à vitesse constante	30,3	30,3
13 684	13 689	10	Accélér.	30,3	41,4
13 689	13 716	10	Marche à vitesse constante	41,4	41,4
13 716	13 720	10	Décélér.	41,4	28,4
13 720	13 723	10	Marche à vitesse constante	28,4	28,4
13 723	13 730	10	Accélér.	28,4	51,4
13 730	13 739	10	Marche à vitesse constante	51,4	51,4
13 739	13 745	10	Décélér.	51,4	32,0
13 745	13 748	10	Marche à vitesse constante	32,0	32,0
13 748	13 754	10	Décélér.	32,0	10,0
13 754	13 760	10	Marche à vitesse constante	10,0	10,0
13 760	13 765	10	Décélér.	10,0	0,0
13 765	13 768	10	Levée de frein	0,0	0,0
13 768	13 772	10	Accélér.	0,0	16,3
13 772	13 775	10	Marche à vitesse constante	16,3	16,3
13 775	13 780	10	Décélér.	16,3	0,0

Début de la manœuvre [s]	Fin de la manœuvre [s]	Trajet n°	Type de manœuvre	Vitesse initiale [km/h]	Vitesse finale [km/h]
13 780	13 783	10	Levée de frein	0,0	0,0
13 783	13 796	10	Accélér.	0,0	45,8
13 796	13 817	10	Marche à vitesse constante	45,8	45,8
13 817	13 822	10	Décélér.	45,8	28,6
13 822	13 825	10	Marche à vitesse constante	28,6	28,6
13 825	13 833	10	Accélér.	28,6	40,9
13 833	13 836	10	Marche à vitesse constante	40,9	40,9
13 836	13 841	10	Décélér.	40,9	25,4
13 841	13 844	10	Marche à vitesse constante	25,4	25,4
13 844	13 850	10	Accélér.	25,4	41,1
13 850	13 853	10	Marche à vitesse constante	41,1	41,1
13 853	13 856	10	Décélér.	41,1	30,7
13 856	13 862	10	Marche à vitesse constante	30,7	30,7
13 862	13 865	10	Décélér.	30,7	22,1
13 865	13 868	10	Marche à vitesse constante	22,1	22,1
13 868	13 873	10	Accélér.	22,1	28,2
13 873	13 878	10	Marche à vitesse constante	28,2	28,2
13 878	13 881	10	Décélér.	28,2	21,2
13 881	13 947	10	Marche à vitesse constante	21,2	21,2
13 947	13 953	10	Accélér.	21,2	37,6
13 953	13 956	10	Marche à vitesse constante	37,6	37,6
13 956	13 959	10	Décélér.	37,6	29,8
13 959	13 962	10	Marche à vitesse constante	29,8	29,8
13 962	13 972	10	Accélér.	29,8	42,8
13 972	13 975	10	Marche à vitesse constante	42,8	42,8
13 975	13 978	10	Décélér.	42,8	34,5

Début de la manœuvre [s]	Fin de la manœuvre [s]	Trajet n°	Type de manœuvre	Vitesse initiale [km/h]	Vitesse finale [km/h]
13 978	13 981	10	Marche à vitesse constante	34,5	34,5
13 981	13 988	10	Accélér.	34,5	50,6
13 988	13 994	10	Marche à vitesse constante	50,6	50,6
13 994	14 001	10	Décélér.	50,6	21,2
14 001	14 004	10	Marche à vitesse constante	21,2	21,2
14 004	14 016	10	Accélér.	21,2	49,9
14 016	14 019	10	Marche à vitesse constante	49,9	49,9
14 019	14 025	10	Décélér.	49,9	25,2
14 025	14 028	10	Marche à vitesse constante	25,2	25,2
14 028	14 031	10	Accélér.	25,2	38,8
14 031	14 034	10	Marche à vitesse constante	38,8	38,8
14 034	14 040	10	Décélér.	38,8	19,6
14 040	14 113	10	Marche à vitesse constante	19,6	19,6
14 113	14 118	10	Accélér.	19,6	30,8
14 118	14 121	10	Marche à vitesse constante	30,8	30,8
14 121	14 127	10	Décélér.	30,8	10,2
14 127	14 130	10	Marche à vitesse constante	10,2	10,2
14 130	14 135	10	Accélér.	10,2	26,3
14 135	14 138	10	Marche à vitesse constante	26,3	26,3
14 138	14 142	10	Décélér.	26,3	16,5
14 142	14 145	10	Marche à vitesse constante	16,5	16,5
14 145	14 147	10	Accélér.	16,5	19,0
14 147	14 150	10	Marche à vitesse constante	19,0	19,0
14 150	14 154	10	Décélér.	19,0	7,6
14 154	14 157	10	Marche à vitesse constante	7,6	7,6

Début de la manœuvre [s]	Fin de la manœuvre [s]	Trajet n°	Type de manœuvre	Vitesse initiale [km/h]	Vitesse finale [km/h]
14 157	14 161	10	Décélér.	7,6	0,0
14 161	14 164	10	Levée de frein	0,0	0,0
14 164	14 172	10	Accélér.	0,0	32,2
14 172	14 175	10	Marche à vitesse constante	32,2	32,2
14 175	14 180	10	Décélér.	32,2	13,6
14 180	14 189	10	Marche à vitesse constante	13,6	13,6
14 189	14 195	10	Décélér.	13,6	0,0
14 195	14 257	10	Levée de frein	0,0	0,0
14 257	14 263	10	Accélér.	0,0	24,9
14 263	14 266	10	Marche à vitesse constante	24,9	24,9
14 266	14 270	10	Décélér.	24,9	10,9
14 270	14 277	10	Marche à vitesse constante	10,9	10,9
14 277	14 281	10	Décélér.	10,9	0,0
14 281	14 284	10	Levée de frein	0,0	0,0
14 284	14 287	10	Accélér.	0,0	11,0
14 287	14 290	10	Marche à vitesse constante	11,0	11,0
14 290	14 294	10	Décélér.	11,0	0,0
14 294	14 296	10	Levée de frein	0,0	0,0
14 296	14 310	10	Accélér.	0,0	64,9
14 310	14 325	10	Marche à vitesse constante	64,9	64,9
14 325	14 333	10	Décélér.	64,9	25,5
14 333	14 336	10	Marche à vitesse constante	25,5	25,5
14 336	14 360	10	Accélér.	25,5	112,0
14 360	14 992	10	Marche à vitesse constante	112,0	112,0
14 992	15 001	10	Décélér.	112,0	56,1
15 001	15 004	10	Marche à vitesse constante	56,1	56,1
15 004	15 010	10	Accélér.	56,1	68,2

Début de la manœuvre [s]	Fin de la manœuvre [s]	Trajet n°	Type de manœuvre	Vitesse initiale [km/h]	Vitesse finale [km/h]
15 010	15 013	10	Marche à vitesse constante	68,2	68,2
15 013	15 021	10	Décélér.	68,2	12,0
15 021	15 024	10	Marche à vitesse constante	12,0	12,0
15 024	15 045	10	Accélér.	12,0	80,9
15 045	15 048	10	Marche à vitesse constante	80,9	80,9
15 048	15 057	10	Décélér.	80,9	35,3
15 057	15 060	10	Marche à vitesse constante	35,3	35,3
15 060	15 073	10	Accélér.	35,3	73,4
15 073	15 076	10	Marche à vitesse constante	73,4	73,4
15 076	15 083	10	Décélér.	73,4	39,3
15 083	15 086	10	Marche à vitesse constante	39,3	39,3
15 086	15 098	10	Décélér.	39,3	0,0
15 098	15 102	10	Levée de frein	0,0	0,0
15 102	15 148	10	Accélér.	0,0	132,5
15 148	15 457	10	Marche à vitesse constante	132,5	132,5
15 457	15 472	10	Décélér.	132,5	34,0
15 472	15 475	10	Marche à vitesse constante	34,0	34,0
15 475	15 479	10	Accélér.	34,0	41,6
15 479	15 482	10	Marche à vitesse constante	41,6	41,6
15 482	15 491	10	Décélér.	41,6	0,0
15 491	15 542	10	Levée de frein	0,0	0,0
15 542	15 557	10	Accélér.	0,0	33,1
15 557	15 584	10	Marche à vitesse constante	33,1	33,1
15 584	15 590	10	Décélér.	33,1	6,3
15 590	15 593	10	Marche à vitesse constante	6,3	6,3
15 593	15 605	10	Accélér.	6,3	37,6

Début de la manœuvre [s]	Fin de la manœuvre [s]	Trajet n°	Type de manœuvre	Vitesse initiale [km/h]	Vitesse finale [km/h]
15 605	15 625	10	Marche à vitesse constante	37,6	37,6
15 625	15 636	10	Décélér.	37,6	0,0
15 636	15 639	10	Levée de frein	0,0	0,0
15 639	15 654	10	Accélér.	0,0	52,0
15 654	15 664	10	Marche à vitesse constante	52,0	52,0
15 664	15 675	10	Décélér.	52,0	0,0
15 675	15 676	10	Levée de frein	0,0	0,0
15 676	15 690	10	Accélér.	0,0	50,6
15 690	15 717	10	Marche à vitesse constante	50,6	50,6
15 717	15 724	10	Décélér.	50,6	22,9
15 724	15 727	10	Marche à vitesse constante	22,9	22,9
15 727	15 738	10	Accélér.	22,9	47,7

Début de la manœuvre [s]	Fin de la manœuvre [s]	Trajet n°	Type de manœuvre	Vitesse initiale [km/h]	Vitesse finale [km/h]
15 738	15 742	10	Marche à vitesse constante	47,7	47,7
15 742	15 749	10	Décélér.	47,7	23,4
15 749	15 752	10	Marche à vitesse constante	23,4	23,4
15 752	15 769	10	Accélér.	23,4	45,9
15 769	15 791	10	Marche à vitesse constante	45,9	45,9
15 791	15 797	10	Décélér.	45,9	23,6
15 797	15 802	10	Marche à vitesse constante	23,6	23,6
15 802	15 808	10	Accélér.	23,6	37,6
15 808	15 815	10	Marche à vitesse constante	37,6	37,6
15 815	15 822	10	Décélér.	37,6	0,0
15 822	15 826	10	Levée de frein	0,0	0,0

## Annexe B

## Manœuvres de freinage du cycle de freinage WLTP

Trajet n°	Manœuvre de freinage n°	Début [s]	Fin [s]	Durée de la manœuvre [s]	Point de consigne de la vitesse initiale [km/h]	Point de consigne de la vitesse finale [km/h]	Taux de décélération [m/s <sup>2</sup> ]	Distance parcourue pendant la manœuvre [m]	Travail de frottement spécifique (énergie cinétique) (pour la décélération seulement) [J/kg]
1	1	18	24	6,0	20.7	0.0	0,958	17,24	16,52
1	2	58	65	7,0	23.1	5.6	0,695	27,88	19,39
1	3	85	89	4,0	15.4	4.4	0,760	11,01	8,37
1	4	103	109	6,0	25.7	7.2	0,857	27,47	23,55
1	5	129	132	3,0	24.8	16.7	0,748	17,28	12,92
1	6	140	149	9,0	18.7	0.0	0,577	23,36	13,48
1	7	177	183	6,0	32.5	0.0	1,506	27,11	40,83
1	8	298	303	5,0	27.5	11.8	0,872	27,31	23,82
1	9	314	320	6,0	29.4	9.7	0,915	32,59	29,83
1	10	341	347	6,0	31.9	9.5	1,037	34,47	35,74
1	11	361	366	5,0	14.7	0.0	0,814	10,18	8,29
1	12	384	388	4,0	59.5	47.6	0,820	59,50	48,79
1	13	402	406	4,0	47.6	36.2	0,793	46,59	36,95
1	14	486	490	4,0	38.2	25.5	0,881	35,42	31,19
1	15	493	496	3,0	25.5	18.4	0,659	18,32	12,08
1	16	499	505	6,0	18.4	0.0	0,853	15,35	13,09
1	17	543	552	9,0	42.3	0.0	1,306	52,88	69,03
1	18	566	576	10,0	42.1	0.0	1,170	58,48	68,38
1	19	592	595	3,0	31.3	12.5	1,746	18,25	31,87
1	20	600	605	5,0	12.5	0.0	0,693	8,66	6,00
1	21	647	657	10,0	45.3	0.0	1,258	62,88	79,07
1	22	673	683	10,0	45.5	0.0	1,265	63,25	80,01
1	23	726	733	7,0	40.7	12.8	1,109	52,03	57,70
1	24	747	751	4,0	59.6	46.7	0,893	59,04	52,72
1	25	768	777	9,0	48.6	0.0	1,500	60,77	91,16
1	26	941	945	4,0	23.7	9.8	0,969	18,60	18,03
1	27	974	983	9,0	37.5	0.0	1,157	46,86	54,22
1	28	996	1 005	9,0	37.7	0.0	1,164	47,14	54,86
1	29	1 016	1 021	5,0	18.6	0.0	1,036	12,95	13,40
2	30	1 122	1 126	4,0	13.8	0.0	0,960	7,68	7,38
2	31	1 147	1 151	4,0	34.2	18.9	1,059	29,52	31,26
2	32	1 174	1 178	4,0	32.9	23.3	0,664	31,19	20,71
2	33	1 188	1 191	3,0	25.6	18.5	0,653	18,37	11,99
2	34	1 209	1 217	8,0	38.7	0.0	1,343	42,98	57,72
2	35	1 253	1 256	3,0	48.4	40.6	0,728	37,09	26,99
2	36	1 282	1 286	4,0	42.4	30.3	0,840	40,41	33,96
2	37	1 290	1 295	5,0	30.3	13.7	0,921	30,60	28,18
2	38	1 319	1 325	6,0	40.0	20.0	0,929	49,98	46,44
2	39	1 334	1 338	4,0	29.7	18.9	0,747	26,98	20,16
2	40	1 448	1 451	3,0	24.5	17.5	0,643	17,51	11,25
2	41	1 482	1 491	9,0	42.0	0.0	1,296	52,49	68,02
2	42	1 515	1 519	4,0	22.0	11.8	0,704	18,77	13,21
2	43	1 539	1 547	8,0	32.4	6.1	0,915	42,81	39,17

Trajet n°	Manœuvre de freinage n°	Début [s]	Fin [s]	Durée de la manœuvre [s]	Point de consigne de la vitesse initiale [km/h]	Point de consigne de la vitesse finale [km/h]	Taux de décélération [m/s <sup>2</sup> ]	Distance parcourue pendant la manœuvre [m]	Travail de frottement spécifique (énergie cinétique) (pour la décélération seulement) [J/kg]
2	44	1 597	1 605	8,0	34.8	0.0	1,208	38,66	46,70
2	45	1 662	1 675	13,0	76.1	0.0	1,626	137,41	223,43
2	46	1 689	1 694	5,0	22.8	0.0	1,269	15,86	20,13
2	47	1 753	1 757	4,0	41.6	27.2	0,995	38,23	38,04
2	48	1 804	1 807	3,0	47.9	35.2	1,177	34,59	40,70
2	49	1 823	1 828	5,0	35.2	20.1	0,836	38,37	32,08
2	50	1 870	1 873	3,0	59.2	49.5	0,904	45,29	40,92
2	51	1 895	1 898	3,0	72.9	62.0	1,010	56,23	56,80
2	52	1 907	1 910	3,0	66.4	57.4	0,828	51,58	42,69
2	53	1 918	1 921	3,0	60.0	52.1	0,727	46,71	33,95
2	54	1 951	1 954	3,0	79.7	72.1	0,697	63,26	44,10
2	55	1 972	1 978	6,0	74.0	52.4	0,999	105,35	105,20
2	56	2 062	2 074	12,0	52.4	0.0	1,213	87,37	106,01
2	57	2 123	2 133	10,0	60.3	0.0	1,676	83,80	140,42
2	58	2 187	2 195	8,0	62.9	0.0	2,183	69,86	152,49
2	59	2 218	2 229	11,0	60.1	15.2	1,133	115,11	130,45
2	60	2 250	2 261	11,0	53.3	0.0	1,345	81,39	109,48
2	61	2 520	2 526	6,0	20.7	0.0	0,958	17,24	16,52
2	62	2 560	2 567	7,0	23.1	5.6	0,695	27,88	19,39
2	63	2 587	2 591	4,0	15.4	4.4	0,760	11,01	8,37
2	64	2 605	2 611	6,0	25.7	7.2	0,857	27,47	23,55
2	65	2 631	2 634	3,0	24.8	16.7	0,748	17,28	12,92
2	66	2 642	2 650	8,0	18.7	0.0	0,649	20,77	13,48
2	67	2 672	2 677	5,0	46.6	9.4	2,070	38,89	80,50
2	68	2 698	2 701	3,0	52.0	41.5	0,970	38,99	37,83
2	69	2 714	2 719	5,0	49.9	34.0	0,884	58,20	51,44
2	70	2 738	2 745	7,0	49.0	23.8	0,998	70,76	70,59
2	71	2 759	2 767	8,0	41.6	0.0	1,446	46,26	66,86
3	72	2 897	2 903	6,0	32.1	5.5	1,232	31,37	38,63
3	73	2 946	2 949	3,0	50.5	42.8	0,714	38,91	27,77
3	74	2 958	2 963	5,0	45.0	29.8	0,843	51,91	43,77
3	75	2 966	2 971	5,0	29.8	0.0	1,655	20,68	34,21
3	76	3 006	3 011	5,0	49.2	33.1	0,893	57,16	51,06
3	77	3 032	3 036	4,0	56.2	44.0	0,841	55,66	46,81
3	78	3 053	3 056	3,0	59.0	51.2	0,722	45,95	33,19
3	79	3 078	3 081	3,0	55.0	47.5	0,692	42,72	29,55
3	80	3 096	3 101	5,0	59.5	39.9	1,085	69,02	74,89
3	81	3 159	3 165	6,0	39.9	14.2	1,189	45,14	53,69
3	82	3 195	3 201	6,0	58.3	34.8	1,086	77,60	84,28
3	83	3 268	3 271	3,0	39.5	30.0	0,882	28,98	25,57
3	84	3 308	3 311	3,0	56.2	46.0	0,943	42,56	40,12
3	85	3 418	3 422	4,0	54.4	40.4	0,974	52,67	51,32
3	86	3 441	3 445	4,0	53.5	40.8	0,885	52,37	46,33
3	87	3 480	3 483	3,0	40.8	32.0	0,815	30,30	24,69
3	88	3 492	3 495	3,0	34.7	26.4	0,776	25,45	19,75
3	89	3 557	3 561	4,0	50.6	37.6	0,900	48,97	44,07
3	90	3 621	3 626	5,0	37.6	22.4	0,842	41,68	35,10

Trajet n°	Manœuvre de freinage n°	Début [s]	Fin [s]	Durée de la manœuvre [s]	Point de consigne de la vitesse initiale [km/h]	Point de consigne de la vitesse finale [km/h]	Taux de décélération [m/s <sup>2</sup> ]	Distance parcourue pendant la manœuvre [m]	Travail de frottement spécifique (énergie cinétique) (pour la décélération seulement) [J/kg]
3	91	3 647	3 651	4,0	36.8	22.9	0,964	33,20	32,00
3	92	3 684	3 688	4,0	55.3	39.5	1,099	52,67	57,90
3	93	3 692	3 698	6,0	39.5	15.5	1,111	45,82	50,91
3	94	3 729	3 732	3,0	44.3	36.6	0,710	33,68	23,92
3	95	3 773	3 778	5,0	36.6	20.8	0,879	39,82	35,00
3	96	3 849	3 852	3,0	32.0	24.8	0,662	23,67	15,67
3	97	3 879	3 883	4,0	51.6	39.3	0,858	50,49	43,34
3	98	3 895	3 898	3,0	39.3	32.4	0,634	29,86	18,94
3	99	3 939	3 946	7,0	32.4	0.0	1,286	31,51	40,53
4	100	4 001	4 005	4,0	75.8	63.9	0,832	77,61	64,57
4	101	4 089	4 093	4,0	72.4	58.7	0,958	72,83	69,74
4	102	4 118	4 122	4,0	65.9	53.7	0,849	66,48	56,46
4	103	4 147	4 157	10,0	54.9	0.0	1,524	76,18	116,07
4	104	4 551	4 566	15,0	90.6	0.0	1,677	188,65	316,33
4	105	4 668	4 683	15,0	95.6	25.5	1,299	252,30	327,79
4	106	5 004	5 019	15,0	98.4	0.0	1,822	204,95	373,33
4	107	5 071	5 076	5,0	82.8	69.4	0,748	105,67	79,02
4	108	5 135	5 149	14,0	69.4	10.1	1,176	154,45	181,63
4	109	5 190	5 193	3,0	69.0	61.7	0,673	54,48	36,67
4	110	5 297	5 300	3,0	64.7	57.8	0,641	51,07	32,72
4	111	5 314	5 326	12,0	57.8	0.0	1,338	96,37	128,98
4	112	5 350	5 356	6,0	20.7	0.0	0,958	17,24	16,52
4	113	5 390	5 397	7,0	23.1	5.6	0,695	27,88	19,39
4	114	5 417	5 421	4,0	15.4	4.4	0,760	11,01	8,37
4	115	5 435	5 441	6,0	25.7	7.2	0,857	27,47	23,55
4	116	5 461	5 464	3,0	24.8	16.7	0,748	17,28	12,92
4	117	5 472	5 480	8,0	18.7	0.0	0,649	20,77	13,48
5	118	5 514	5 524	10,0	41.8	0.0	1,160	57,99	67,25
5	119	5 554	5 557	3,0	34.6	27.3	0,680	25,79	17,53
5	120	5 571	5 581	10,0	43.5	0.0	1,207	60,36	72,87
5	121	5 624	5 629	5,0	30.0	13.6	0,913	30,29	27,67
5	122	5 647	5 656	9,0	37.0	0.0	1,140	46,19	52,67
5	123	5 749	5 753	4,0	41.2	29.5	0,812	39,29	31,89
5	124	5 789	5 792	3,0	29.5	18.0	1,066	19,80	21,10
5	125	5 795	5 800	5,0	18.0	0.0	1,000	12,50	12,50
5	126	5 814	5 817	3,0	29.5	22.1	0,677	21,50	14,55
5	127	5 820	5 824	4,0	22.1	8.1	0,974	16,81	16,37
5	128	5 844	5 849	5,0	16.9	0.0	0,939	11,74	11,03
5	129	5 965	5 968	3,0	14.4	3.5	1,007	7,44	7,49
5	130	6 074	6 078	4,0	56.4	41.2	1,061	54,21	57,52
5	131	6 081	6 088	7,0	41.2	13.9	1,083	53,47	57,93
5	132	6 175	6 180	5,0	56.4	41.3	0,835	67,83	56,64
5	133	6 208	6 213	5,0	58.0	39.6	1,020	67,74	69,09
5	134	6 248	6 252	4,0	39.6	22.3	1,199	34,40	41,23
5	135	6 320	6 330	10,0	26.7	0.0	0,741	37,06	27,46
5	136	6 872	6 876	4,0	105.2	90.4	1,028	108,66	111,67
5	137	6 898	6 901	3,0	102.2	91.6	0,977	80,77	78,89

Trajet n°	Manœuvre de freinage n°	Début [s]	Fin [s]	Durée de la manœuvre [s]	Point de consigne de la vitesse initiale [km/h]	Point de consigne de la vitesse finale [km/h]	Taux de décélération [m/s <sup>2</sup> ]	Distance parcourue pendant la manœuvre [m]	Travail de frottement spécifique (énergie cinétique) (pour la décélération seulement) [J/kg]
5	138	6 930	6 932	2,0	94.6	87.2	1,039	50,50	52,46
5	139	6 953	6 957	4,0	87.2	72.3	1,031	88,60	91,36
5	140	6 977	6 981	4,0	84.8	73.8	0,766	88,11	67,49
5	141	6 999	7 005	6,0	87.8	69.0	0,871	130,61	113,79
5	142	7 069	7 074	5,0	69.0	50.2	1,039	82,77	86,04
5	143	7 114	7 117	3,0	83.5	71.3	1,128	64,49	72,72
5	144	7 177	7 182	5,0	71.3	53.5	0,991	86,64	85,81
5	145	7 201	7 205	4,0	80.0	66.0	0,974	81,14	78,99
5	146	7 346	7 349	3,0	66.0	56.7	0,859	51,14	43,94
5	147	7 381	7 388	7,0	83.9	42.5	1,642	122,89	201,73
5	148	7 442	7 455	13,0	73.8	24.4	1,056	177,40	187,36
5	149	7 490	7 496	6,0	24.4	0.0	1,130	20,34	22,99
5	150	7 518	7 522	4,0	22.9	13.5	0,651	20,19	13,15
5	151	7 534	7 537	3,0	23.0	15.4	0,702	16,02	11,24
5	152	7 548	7 551	3,0	19.0	12.2	0,631	12,99	8,19
5	153	7 561	7 567	6,0	18.8	0.0	0,869	15,65	13,61
5	154	7 704	7 709	5,0	37.9	24.4	0,750	43,29	32,47
5	155	7 748	7 752	4,0	24.4	14.9	0,661	21,85	14,44
5	156	7 769	7 774	5,0	45.3	25.9	1,075	49,44	53,15
5	157	7 795	7 800	5,0	40.6	25.4	0,849	45,84	38,91
5	158	7 817	7 822	5,0	37.2	20.8	0,913	40,30	36,78
5	159	7 883	7 889	6,0	26.3	0.0	1,215	21,88	26,58
5	160	7 907	7 913	6,0	53.4	28.2	1,167	67,98	79,34
5	161	7 941	7 947	6,0	42.6	19.0	1,093	51,27	56,01
5	162	7 973	7 979	6,0	57.1	31.8	1,170	74,11	86,70
5	163	8 064	8 069	5,0	50.0	24.4	1,422	51,67	73,48
5	164	8 081	8 088	7,0	58.2	29.9	1,123	85,65	96,14
5	165	8 120	8 123	3,0	29.9	21.2	0,803	21,31	17,10
5	166	8 168	8 174	6,0	32.6	0.0	1,507	27,13	40,88
6	167	8 413	8 418	5,0	21.2	9.5	0,653	21,29	13,91
6	168	8 421	8 425	4,0	9.5	0.0	0,656	5,25	3,45
7	169	8 552	8 560	8,0	35.1	5.5	1,028	45,06	46,32
7	170	8 609	8 614	5,0	16.5	0.0	0,915	11,44	10,47
7	171	9 081	9 089	8,0	96.9	73.3	0,821	189,13	155,30
7	172	9 117	9 127	10,0	73.3	20.1	1,477	129,73	191,56
7	173	9 146	9 155	9,0	62.2	6.6	1,716	86,05	147,67
7	174	9 174	9 187	13,0	53.2	0.0	1,137	96,11	109,31
8	175	9 264	9 279	15,0	83.6	0.0	1,549	174,24	269,83
8	176	9 375	9 382	7,0	23.9	0.0	0,946	23,19	21,95
8	177	9 427	9 439	12,0	65.3	0.0	1,512	108,86	164,56
8	178	9 489	9 493	4,0	40.5	29.3	0,783	38,78	30,38
8	179	9 812	9 815	3,0	63.0	52.2	1,006	48,01	48,28
8	180	9 845	9 848	3,0	52.2	44.6	0,701	40,33	28,27
8	181	9 864	9 869	5,0	59.2	45.2	0,777	72,49	56,30
8	182	9 888	9 898	10,0	53.9	0.0	1,497	74,85	112,04
9	183	10 036	10 041	5,0	19.1	6.4	0,704	17,66	12,43
9	184	10 049	10 054	5,0	10.5	0.0	0,582	7,27	4,23

Trajet n°	Manœuvre de freinage n°	Début [s]	Fin [s]	Durée de la manœuvre [s]	Point de consigne de la vitesse initiale [km/h]	Point de consigne de la vitesse finale [km/h]	Taux de décélération [m/s <sup>2</sup> ]	Distance parcourue pendant la manœuvre [m]	Travail de frottement spécifique (énergie cinétique) (pour la décélération seulement) [J/kg]
9	185	10 273	10 280	7,0	29.6	0.0	1,175	28,79	33,83
9	186	10 453	10 458	5,0	24.3	4.5	1,101	19,98	21,99
9	187	10 475	10 479	4,0	27.8	17.3	0,734	25,05	18,39
9	188	10 482	10 486	4,0	17.3	6.5	0,747	13,20	9,86
9	189	10 507	10 514	7,0	26.8	0.0	1,062	26,02	27,63
10	190	10 638	10 647	9,0	27.5	0.0	0,849	34,38	29,18
10	191	10 696	10 700	4,0	39.0	29.0	0,689	37,77	26,02
10	192	10 721	10 725	4,0	35.1	24.5	0,740	33,12	24,49
10	193	10 758	10 761	3,0	41.9	34.1	0,720	31,66	22,81
10	194	10 792	10 797	5,0	39.4	24.9	0,807	44,68	36,04
10	195	10 811	10 822	11,0	36.4	0.0	0,920	55,67	51,23
10	196	10 868	10 879	11,0	55.7	0.0	1,407	85,10	119,69
10	197	11 088	11 101	13,0	56.2	0.0	1,201	101,50	121,90
10	198	11 117	11 126	9,0	43.6	0.0	1,347	54,55	73,47
10	199	11 245	11 249	4,0	11.2	4.1	0,494	8,54	4,22
10	200	11 261	11 265	4,0	15.0	6.2	0,611	11,80	7,21
10	201	11 276	11 281	5,0	10.1	0.0	0,561	7,01	3,94
10	202	11 313	11 316	3,0	31.3	23.8	0,694	22,92	15,91
10	203	11 348	11 351	3,0	23.8	16.9	0,636	16,93	10,77
10	204	11 354	11 361	7,0	16.9	0.0	0,670	16,41	10,99
10	205	11 512	11 519	7,0	40.0	10.6	1,166	49,23	57,37
10	206	11 541	11 545	4,0	15.6	6.3	0,651	12,16	7,92
10	207	11 557	11 560	3,0	15.6	8.8	0,637	10,16	6,47
10	208	11 574	11 579	5,0	13.1	0.0	0,729	9,12	6,65
10	209	11 659	11 662	3,0	23.1	15.0	0,753	15,89	11,96
10	210	11 669	11 671	2,0	18.1	13.6	0,625	8,82	5,51
10	211	11 684	11 687	3,0	19.4	11.5	0,730	12,87	9,39
10	212	11 690	11 694	4,0	11.5	0.0	0,799	6,39	5,10
10	213	11 845	11 848	3,0	34.9	27.9	0,652	26,18	17,06
10	214	11 861	11 865	4,0	43.7	32.1	0,802	42,12	33,78
10	215	11 868	11 873	5,0	32.1	12.4	1,097	30,91	33,91
10	216	11 880	11 884	4,0	12.4	0.0	0,860	6,88	5,91
10	217	12 067	12 072	5,0	14.7	0.0	0,814	10,18	8,29
10	218	12 082	12 086	4,0	13.8	0.0	0,960	7,68	7,38
10	219	12 103	12 106	3,0	12.4	0.0	1,145	5,15	5,89
10	220	12 132	12 140	8,0	18.7	0.0	0,649	20,77	13,48
10	221	12 181	12 187	6,0	18.4	0.0	0,853	15,35	13,09
10	222	12 198	12 202	4,0	41.2	30.4	0,748	39,74	29,72
10	223	12 208	12 213	5,0	30.4	14.8	0,863	31,40	27,11
10	224	12 267	12 272	5,0	50.5	30.8	1,092	56,43	61,63
10	225	12 276	12 284	8,0	30.8	0.0	1,069	34,22	36,60
10	226	12 336	12 340	4,0	12.4	0.0	0,860	6,88	5,91
10	227	12 364	12 368	4,0	14.7	0.0	1,018	8,14	8,29
10	228	12 461	12 469	8,0	18.7	0.0	0,649	20,77	13,48
10	229	12 487	12 493	6,0	18.4	0.0	0,853	15,35	13,09
10	230	12 510	12 514	4,0	13.8	0.0	0,960	7,68	7,38
10	231	12 524	12 528	4,0	12.4	0.0	0,860	6,88	5,91

Trajet n°	Manœuvre de freinage n°	Début [s]	Fin [s]	Durée de la manœuvre [s]	Point de consigne de la vitesse initiale [km/h]	Point de consigne de la vitesse finale [km/h]	Taux de décélération [m/s <sup>2</sup> ]	Distance parcourue pendant la manœuvre [m]	Travail de frottement spécifique (énergie cinétique) (pour la décélération seulement) [J/kg]
10	232	12 552	12 556	4,0	14.7	0.0	1,018	8,14	8,29
10	233	12 614	12 617	3,0	105.0	95.4	0,888	83,49	74,13
10	234	12 622	12 626	4,0	95.4	82.4	0,901	98,78	89,04
10	235	12 642	12 646	4,0	97.4	82.7	1,025	100,07	102,57
10	236	12 651	12 654	3,0	82.7	74.5	0,756	65,50	49,49
10	237	12 658	12 668	10,0	74.5	38.7	0,994	157,30	156,37
10	238	12 695	12 702	7,0	64.0	25.9	1,512	87,35	132,06
10	239	12 714	12 718	4,0	47.8	36.0	0,822	46,56	38,28
10	240	12 790	12 796	6,0	60.3	36.4	1,108	80,57	89,29
10	241	12 854	12 858	4,0	49.0	37.0	0,829	47,77	39,58
10	242	12 926	12 932	6,0	61.0	28.0	1,529	74,17	113,38
10	243	12 959	12 965	6,0	43.2	25.0	0,843	56,75	47,82
10	244	12 977	12 980	3,0	46.7	37.9	0,815	35,24	28,71
10	245	13 053	13 060	7,0	54.9	22.4	1,289	75,09	96,75
10	246	13 072	13 075	3,0	26.2	18.6	0,704	18,67	13,14
10	247	13 084	13 090	6,0	20.1	7.0	0,603	22,57	13,60
10	248	13 093	13 097	4,0	7.0	0.0	0,488	3,91	1,91
10	249	13 175	13 179	4,0	28.0	16.3	0,808	24,62	19,88
10	250	13 188	13 192	4,0	18.6	7.6	0,761	14,55	11,07
10	251	13 273	13 278	5,0	28.7	14.6	0,783	30,06	23,54
10	252	13 290	13 294	4,0	22.9	12.0	0,760	19,40	14,75
10	253	13 334	13 344	10,0	46.0	0.0	1,279	63,95	81,78
10	254	13 379	13 384	5,0	46.2	32.1	0,779	54,38	42,39
10	255	13 408	13 412	4,0	32.1	20.8	0,791	29,38	23,24
10	256	13 442	13 445	3,0	20.8	12.4	0,777	13,80	10,72
10	257	13 482	13 488	6,0	42.5	17.8	1,146	50,21	57,53
10	258	13 498	13 506	8,0	22.7	0.0	0,787	25,19	19,83
10	259	13 521	13 524	3,0	25.0	17.2	0,721	17,55	12,66
10	260	13 535	13 539	4,0	30.9	16.7	0,983	26,43	25,97
10	261	13 578	13 583	5,0	43.0	29.8	0,734	50,52	37,10
10	262	13 633	13 636	3,0	58.8	48.7	0,942	44,80	42,18
10	263	13 639	13 645	6,0	48.7	23.8	1,151	60,40	69,52
10	264	13 676	13 681	5,0	44.3	30.3	0,775	51,77	40,12
10	265	13 716	13 720	4,0	41.4	28.4	0,905	38,75	35,06
10	266	13 739	13 745	6,0	51.4	32.0	0,898	69,57	62,48
10	267	13 748	13 754	6,0	32.0	10.0	1,020	35,04	35,75
10	268	13 760	13 765	5,0	10.0	0.0	0,556	6,94	3,86
10	269	13 775	13 780	5,0	16.3	0.0	0,906	11,33	10,26
10	270	13 817	13 822	5,0	45.8	28.6	0,955	51,70	49,37
10	271	13 836	13 841	5,0	40.9	25.4	0,856	46,04	39,41
10	272	13 853	13 856	3,0	41.1	30.7	0,956	29,91	28,58
10	273	13 862	13 865	3,0	30.7	22.1	0,800	22,01	17,61
10	274	13 878	13 881	3,0	28.2	21.2	0,646	20,55	13,28
10	275	13 956	13 959	3,0	37.6	29.8	0,724	28,08	20,33
10	276	13 975	13 978	3,0	42.8	34.5	0,761	32,20	24,51
10	277	13 994	14 001	7,0	50.6	21.2	1,166	69,82	81,42
10	278	14 019	14 025	6,0	49.9	25.2	1,145	62,60	71,64

Trajet n°	Manœuvre de freinage n°	Début [s]	Fin [s]	Durée de la manœuvre [s]	Point de consigne de la vitesse initiale [km/h]	Point de consigne de la vitesse finale [km/h]	Taux de décélération [m/s <sup>2</sup> ]	Distance parcourue pendant la manœuvre [m]	Travail de frottement spécifique (énergie cinétique) (pour la décélération seulement) [J/kg]
10	279	14 034	14 040	6,0	38.8	19.6	0,888	48,66	43,18
10	280	14 121	14 127	6,0	30.8	10.2	0,954	34,14	32,58
10	281	14 138	14 142	4,0	26.3	16.5	0,680	23,75	16,15
10	282	14 150	14 154	4,0	19.0	7.6	0,794	14,78	11,74
10	283	14 157	14 161	4,0	7.6	0.0	0,526	4,21	2,22
10	284	14 175	14 180	5,0	32.2	13.6	1,036	31,83	32,97
10	285	14 189	14 195	6,0	13.6	0.0	0,630	11,33	7,14
10	286	14 266	14 270	4,0	24.9	10.9	0,977	19,90	19,44
10	287	14 277	14 281	4,0	10.9	0.0	0,755	6,04	4,56
10	288	14 290	14 294	4,0	11.0	0.0	0,766	6,13	4,69
10	289	14 325	14 333	8,0	64.9	25.5	1,367	100,49	137,40
10	290	14 992	15 001	9,0	112.0	56.1	1,724	210,12	362,31
10	291	15 013	15 021	8,0	68.2	12.0	1,949	89,14	173,75
10	292	15 048	15 057	9,0	80.9	35.3	1,407	145,18	204,23
10	293	15 076	15 083	7,0	73.4	39.3	1,356	109,57	148,61
10	294	15 086	15 098	12,0	39.3	0.0	0,909	65,44	59,47
10	295	15 457	15 472	15,0	132.5	34.0	1,824	346,87	632,62
10	296	15 482	15 491	9,0	41.6	0.0	1,283	51,98	66,70
10	297	15 584	15 590	6,0	33.1	6.3	1,239	32,84	40,70
10	298	15 625	15 636	11,0	37.6	0.0	0,948	57,37	54,40
10	299	15 664	15 675	11,0	52.0	0.0	1,313	79,42	104,24
10	300	15 717	15 724	7,0	50.6	22.9	1,102	71,46	78,77
10	301	15 742	15 749	7,0	47.7	23.4	0,964	69,13	66,66
10	302	15 791	15 797	6,0	45.9	23.6	1,032	57,87	59,74
10	303	15 815	15 822	7,0	37.6	0.0	1,491	36,53	54,46