20 septembre 2018

Registre mondial

Élaboré le 18 novembre 2004, conformément à l'article 6 de l'Accord concernant l'établissement de règlements techniques mondiaux applicables aux véhicules à roues, ainsi qu'aux équipements et pièces qui peuvent être montés et/ou utilisés sur les véhicules à roues (ECE/TRANS/132 et Corr.1) en date, à Genève, du 25 juin 1998

Additif 15 : Règlement technique mondial ONU nº 15

Procédure d'essai mondiale harmonisée en ce qui concerne les émissions des voitures particulières et véhicules utilitaires légers (WLTP)

Amendement 4

Les modifications apportées au texte actuel du Règlement technique mondial ONU (RTM ONU) ont été incorporées dans le texte reproduit ci-après.

Inscrit au Registre mondial le 20 juin 2018

Nations Unies

GE.18-15581 (F) 290319 040419

1815581

Merci de recycler

Règlement technique mondial ONU relatif à la procédure d'essai mondiale harmonisée en ce qui concerne les émissions des voitures particulières et véhicules utilitaires légers (WLTP)*

Table des matières

		Page
I.	Exposé de l'argumentation technique sur laquelle se fonde le projet	5
	A. Introduction	5
	B. Historique des étapes antérieures et évolution future du projet WLTP	6
	C. Historique des cycles d'essai et des procédures d'essai	8
	D. Faisabilité technique, coûts prévus et avantages	9
II.	Texte du Règlement technique mondial	11
	1. Objet	11
	2. Domaine d'application	11
	3. Définitions	11
	4. Abréviations	19
	5. Prescriptions générales	21
	6. Prescriptions concernant les résultats des essais	25
Annexes		
1.	Cycles d'essai WLTC	27
2.	Sélection des rapports et détermination du point de changement de rapports pour les véhicules équipés d'une transmission manuelle	82
3.	Carburants de référence	94
4.	Résistance à l'avancement sur route et réglage du dynamomètre	113
5.	Équipement d'essai et étalonnages	164
6.	Procédures et conditions pour l'essai de type 1	218
	Appendice 1 − Méthode d'essai pour le contrôle des émissions d'un véhicule équipé d'un système à régénération périodique.	236
	Appendice 2 − Procédure d'essai relative à la surveillance du système rechargeable de stockage de l'énergie électrique	242
	Appendice 3 − Calcul de la part de carburant gazeux (GPLet GN/biométhane) dans l'énergie consommée	248
7.	Calculs	249
8.	Véhicules électriques purs, véhicules hybrides et véhicules hybrides à pile à combustible à hydrogène comprimé	277
	Appendice 1 − Profil de niveau de charge du SRSEE	339
	Appendice 2 − Procédure de correction en fonction de la variation d'énergie du SRSEE	344

* Y compris son amendement 4.

Appendice 3 − Détermination du courant et de la tension des SRSEE pour les VHE-NRE, VHE-RE, VEP et VHPC-NRE 354

Appendice 4 − Conditions de préconditionnement, de stabilisation thermique et de charge des SRSEE pour les VEP et les VHE-RE 356

Appendice 5 − Facteurs d'utilisation pour les VHE-RE 358

Appendice 6 − Sélection des modes de fonctionnement sélectionnables 359

Appendice 7 − Mesure de la consommation de carburant des véhicules à pile à combustible alimentés en hydrogène comprimé 365

9. Détermination de l'équivalence d'une méthode 368

I. Exposé de l'argumentation technique sur laquelle se fonde le projet

A. Introduction

1. L'obligation de conformité des véhicules aux règlements concernant les émissions est un aspect clef de l'homologation des véhicules à l'échelle mondiale. Les émissions concernées comprennent des polluants de référence ayant un impact négatif direct (et principalement local) sur la santé et l'environnement ainsi que des polluants ayant un impact environnemental nuisible à une échelle mondiale. Les règlements s'appliquant aux émissions sont le plus souvent des documents complexes, décrivant des procédures de mesure dans tout un ensemble de conditions bien définies, fixant des valeurs limites pour les émissions, mais aussi réglementant d'autres caractéristiques telles que la durabilité et la surveillance par autodiagnostic des équipements antipollution.

2. La plupart des constructeurs produisent des véhicules destinés à une clientèle répartie dans le monde, ou au moins dans plusieurs régions. Bien que les véhicules ne soient pas identiques à l'échelle mondiale, du fait que les types et modèles de véhicules tendent à s'adapter aux préférences et conditions de vie locales, l'obligation de satisfaire à des prescriptions différentes en matière d'émissions dans chaque région occasionne des coûts élevés d'un point de vue administratif et du point de vue de la conception des véhicules. Les constructeurs de véhicule auraient donc beaucoup à gagner à l'harmonisation des procédures d'essai et prescriptions de résultats concernant les émissions des véhicules dans la mesure la plus large possible à une échelle mondiale. Les autorités de réglementation, elles aussi, ont à gagner à une harmonisation mondiale car elle leur offre des gains en matière d'efficacité et d'adaptation aux progrès techniques, de collaboration pour la surveillance du marché et d'échange d'informations entre les autorités.

3. Compte tenu de ces arguments, des travaux ont été lancés par les parties intéressées en vue d'établir le présent Règlement technique mondial ONU (RTM ONU) sur les procédures d'essai harmonisées concernant les émissions pour les voitures particulières et véhicules utilitaires légers (WLTP), visant à harmoniser ces procédures pour ces catégories de véhicules. Les procédures d'essai des véhicules devraient être représentatives des conditions de circulation réelles dans toute la mesure possible afin de permettre une comparaison des performances des véhicules lors de l'homologation et en circulation réelle. Malheureusement, ce critère impose certaines limitations en ce qui concerne le degré d'harmonisation pouvant être réalisé, étant donné par exemple que les températures ambiantes sont très variables à une échelle mondiale. En outre, compte tenu des niveaux différents de développement économique d'un endroit à l'autre, des variations de la densité de la population et des coûts associés à la technologie de réduction des émissions, le degré de sévérité de la réglementation continuera 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 au stade actuel.

4. L'objectif visé par le RTM ONU est celui d'une mise en œuvre dans la législation régionale par le plus grand nombre possible de Parties contractantes. Cependant, le champ d'application des législations régionales du point de vue des catégories de véhicules concernées dépend des conditions régionales et ne peut pas être prédit au stade actuel. Par contre, conformément aux règles de l'Accord CEE de 1998, les Parties contractantes qui mettent en œuvre un RTM ONU doivent inclure tous les équipements entrant dans le champ formel du RTM ONU. Il est donc important de veiller à ce que le champ d'application exagérément large d'un RTM ONU ne fasse pas obstacle à sa mise en œuvre dans la région. C'est pourquoi le champ d'application officiel du présent RTM ONU est limité à la catégorie de voitures particulières et utilitaires légers. Cette limitation, toutefois, du champ d'application ne veut pas dire que ce RTM ONU ne puisse pas être appliqué à un échantillon plus large de catégories de véhicules dans le cadre de la législation régionale. De fait, les Parties contractantes sont encouragées à élargir le champ d'application régional du RTM ONU, si cette manière de procéder est techniquement, économiquement et administrativement viable.

5. Cette première version du RTM ONU, en particulier, ne contient pas de prescriptions d'essai spécifiques pour les véhicules bicarburant et les véhicules hybrides non basés sur une combinaison de moteurs à combustion interne et de moteurs électriques. En conséquence, ces véhicules ne sont pas compris dans le champ du RTM ONU WLTP. Les Parties contractantes, cependant, peuvent appliquer les prescriptions de ce RTM ONU à de tels véhicules dans la mesure où cela est possible, et les compléter par des prescriptions additionnelles concernant par exemple les essais d'émissions avec différentes qualités et types de carburant, dans la législation régionale.

B. Historique des étapes antérieures et évolution future du projet WLTP

6. À sa session de novembre 2007, le WP.29 avait décidé d'établir un groupe informel WLTP relevant du GRPE chargé d'établir une feuille de route en ce qui concerne l'élaboration du Règlement WLTP. Après diverses réunions et des débats intensifs, le groupe informel WLTP a présenté en juin 2009 une première feuille de route comprenant trois phases, qui a été par la suite révisée à plusieurs reprises, et qui comprend désormais les tâches principales suivantes :

a) Phase 1 (2009-2015) : élaboration du cycle d'essai mondial harmonisé pour les voitures particulières et véhicules utilitaires légers et de la procédure d'essai associée pour la mesure standardisée des composés de référence, du CO_2 et de la consommation de carburant et d'énergie ;

b) Phase 2 (2014-2018) : procédure d'essai à basse température/à haute altitude, durabilité, conformité en service, prescriptions techniques concernant l'autodiagnostic (OBD), efficacité énergétique des systèmes mobiles d'air conditionné (MAC), émissions hors cycle/en conduite réelle ;

c) Phase 3 (2018-…) : fixation des valeurs limites d'émissions et des valeurs seuils OBD, définition des carburants de référence, comparaison entre prescriptions régionales.

7. Il convient de noter que dès les débuts du processus WLTP, l'Union européenne était mue par un impératif politique explicite découlant de la législation de l'Union (Règlements CE 443/2009 et 510/2011) qui prescrivait la mise au point d'un cycle d'essai nouveau et plus réaliste d'ici à 2014, ce qui a imprimé une impulsion politique majeure pour la fixation du cadre temporel de la phase 1.

8. Pour les travaux de la phase 1, les groupes de travail et sous-groupes suivants ont été établis :

a) Élaboration du cycle harmonisé (DHC) : élaboration d'un nouveau cycle d'essai mondial harmonisé pour voitures particulières et véhicules utilitaires légers (WLTC), c'est-à-dire établissement de la courbe de fonctionnement pour l'essai WLTP sur la base d'une analyse statistique des données de circulation en condition réelle ;

Le groupe DHC a commencé ses travaux en septembre 2009, lancé l'opération de collecte des données sur la circulation en 2010, et proposé une première version du cycle d'essai mi-2011, cycle d'essai qui a été révisé un certain nombre de fois pour prendre en compte des aspects techniques tels que la facilité de conduite et la prise en compte de conditions de fonctionnement plus représentatives après une première validation ;

b) Élaboration des procédures d'essai (DTP) : élaboration de procédures d'essai avec la participation de groupes d'experts spécifiques :

i) Groupe MP-NP : mesures de la masse des particules (PM) et du nombre de particules (PN) ;

ii) Groupe APM : mesures de polluants additionnels, procédures de mesure pour les polluants d'échappement qui ne sont pas encore visés par la réglementation en tant que composés, mais qui pourraient l'être dans un avenir proche, tels que le NO_2, l'éthanol, les aldéhydes et l'ammoniac ;

iii) Groupe LabProcICE : conditions d'essai et procédures de mesure des composés réglementés existants pour les véhicules équipés de moteurs à combustion interne (autres que les mesures de MP et de NP) ;

iv) Groupe VE-VHE : conditions d'essai et procédures de mesure spécifiques pour les véhicules électriques et véhicules hybrides électriques ;

v) Groupe REF-FUEL : définition des carburants de référence.

Le groupe DTP a commencé ses travaux en avril 2010.

9. Au cours des travaux du groupe DTP il est apparu qu'un certain nombre de points, en particulier en ce qui concerne les véhicules électriques et véhicules hybrides électriques, mais aussi d'autres aspects, ne seraient pas tranchés à temps pour l'adoption de la première version du projet de règlement WLTP par le WP.29 en mars 2014. C'est pourquoi il a été décidé que les travaux relatifs à la phase 1 seraient divisés en deux sous-sections :

a) Phase 1a (2009-2013) : élaboration du cycle d'essai mondial harmonisé pour les voitures particulières et les véhicules utilitaires légers, et de la procédure d'essai de base. Ces travaux ont abouti à la première version du présent RTM ONU, qui a été publiée comme document de travail officiel ECE/TRANS/WP.29/GRPE/2013/13, et à une série d'amendements publiée comme document informel GRPE-67-04-Rev.1 ;

b) Phase 1b (2013-2015) : élaboration ultérieure et affinement de la procédure d'essai, y compris l'addition de points additionnels dans le RTM ONU.

10. Les travaux pour la phase 1b ont été organisés sur la base d'une répartition entre les groupes d'experts ci-après dans le cadre du groupe de travail informel WLTP :

i) Élaboration du RTM ONU : coordination entre tous les groupes de manière à garantir la formulation d'un RTM ONU viable, cohérent et conforme ;

ii) E-lab : conditions d'essai et procédures de mesures spécifiques pour les véhicules électriques et hybrides électriques. Ces travaux faisaient suite aux travaux du groupe EV-HEV dans le cadre de la phase1a ;

iii) Équipes spéciales : pour chaque question spécifique devant être intégrée dans le RTM ONU, le groupe de travail informel aurait à désigner un chef d'équipe, qui mènerait les travaux dans le cadre d'un groupe de parties intéressées sur l'élaboration d'une méthodologie d'essai et d'une proposition de textes de RTM ONU.

Une liste récapitulative des principaux points qui ont été traités au cours de la phase 1b et ajoutés au RTM ONU est présentée ci-après :

a) Véhicules équipés uniquement d'un moteur à combustion interne :

i) Méthodes de normalisation et index de la courbe de vitesse ;

ii) Nombre d'essais ;

iii) Méthodes de l'essai en soufflerie comme méthode alternative pour la détermination de la résistance à l'avancement sur route ;

iv) Famille de matrices de résistance à l'avancement sur route ;

v) Famille d'interpolation et concept de famille de résistance à l'avancement sur route ;

vi) Instruments d'anémométrie embarqués et conditions de vitesse du vent ;

vii) Procédure alternative de mise en température du véhicule ;

viii) Calcul et interpolation dans la consommation de carburant ;

b) Véhicules électriques et véhicules électriques hybrides (groupe d'experts E-lab) :

i) Procédure d'essai des véhicules à pile à combustible ;

ii) Procédure d'essai abrégée pour l'essai d'autonomie des véhicules électriques purs ;

iii) Mesure de CO2 (consommation de carburant) spécifique par phase pour les véhicules hybrides électriques à recharge extérieure ;

iv) Critères de détermination de l'autonomie finale des véhicules électriques ;

v) Méthode d'interpolation pour les véhicules électriques hybrides rechargeables et véhicules électriques purs ;

vi) Facteurs d'utilisation ;

vii) Mode prédominant/sélection du mode ;

c) Autres polluants à prendre en compte :

Méthodes de mesures pour l'ammoniac, l'éthanol, le formaldéhyde et l'acétaldéhyde ;

d) DHC :

i) Réduction d'échelle ultérieure pour le fonctionnement à plein gaz ;

ii) Changements de rapport.

C. Historique des cycles d'essai et des procédures d'essai

11. L'élaboration du cycle d'essai mondial harmonisé pour voitures particulières et véhicules utilitaires légers s'est fondée sur l'expérience acquise grâce aux travaux effectués sur la procédure mondiale harmonisée d'homologation des véhicules utilitaires lourds (WHDC), le cycle d'essai mondial harmonisé pour les motocycles (WMTC) et d'autres cycles nationaux.

12. Le cycle WLTC est un cycle transitoire par conception. Dans l'élaboration du cycle WLTC, des données sur les conditions de circulation provenant de toutes les Parties contractantes participantes ont été rassemblées et pondérées en fonction de la contribution relative des régions concernées au kilométrage mondial parcouru et aux données collectées pour le projet WLTP.

13. Les données sur la circulation ainsi obtenues ont été ensuite subdivisées en période de fonctionnement au ralenti et de « courts trajets » (c'est-à-dire les épisodes de circulation compris entre deux périodes de ralenti). En appliquant les valeurs de pondération précitées, on a déterminé par calcul les distributions de fréquence unifiées suivantes :

a) Distribution de durée des courts trajets ;

b) Distribution de durée des périodes de ralenti ;

c) Distribution combinée des accélérations du véhicule.

Ces distributions combinées avec les valeurs moyennes de vitesse du véhicule, et de durée des courts trajets et des périodes de ralenti ont servi de base pour l'établissement de la courbe de vitesse de l'essai WLTC.

En combinant de manière randomisée ces segments, on a obtenu un grand nombre de « cycles bruts ». À partir de la dernière famille de cycles bruts, le cycle le mieux adapté à certaines caractéristiques dynamiques de la base de données d'origine WLTP a été retenu en tant que premier « cycle brut WLTC ». Au cours des travaux ultérieurs, le cycle brut WLTC a été affiné ultérieurement, en particulier en ce qui concerne la réalisabilité et la représentativité du cycle, processus qui a abouti au cycle final WLTC.

14. La faisabilité du cycle WLTC a été évaluée de manière approfondie au cours du processus d'élaboration et a été confirmée par trois phases distinctes de validation. Des versions spécifiques du cycle pour certains véhicules ayant des performances limitées par suite d'un rapport puissance/masse défavorable ou d'une vitesse maximale limitée ont été introduites. En outre, la courbe de vitesse devant être suivie par un véhicule soumis à l'essai sera réduite à l'échelle conformément à une méthode mathématiquement définie si le véhicule devait être soumis à une proportion exagérément élevée d'épisodes de conduite « à

plein gaz » pour pouvoir suivre la courbe de vitesse d'origine. Les points de changement de rapports sont déterminés conformément à une procédure mathématique basée sur les caractéristiques des véhicules particuliers, ce qui contribue aussi à améliorer la faisabilité du cycle WLTC.

15. Pour l'élaboration des procédures d'essai, le sous-groupe DTP a pris en compte les dispositions de la législation existante en matière d'émissions et de consommation d'énergie, en particulier celles relevant des Accords de 1958 et de 1998, celles du Japon et celles émanant de l'Agence de protection de l'environnement des États-Unis (US EPA Standard Part 1066). Ces procédures d'essai ont été soumises à un examen critique, comparées l'une à l'autre, actualisées en fonction du progrès technique et complétées par de nouveaux éléments lorsqu'il était nécessaire.

D. Faisabilité technique, coûts prévus et avantages

16. Au stade de la conception et de la validation du cycle WLTP, une grande importance a été attribuée à son applicabilité pratique, qui a été garantie par un certain nombre de mesures expliquées ci-dessus.

17. Le WLTP a certes été défini par principe sur la base des meilleures technologies existant au moment de son élaboration, mais les aspects de la facilitation pratique de l'application des procédures WLTP à l'échelle mondiale n'ont pas été perdus de vue. Cette dernière considération a eu certaines incidences, par exemple sur la définition de valeurs de consigne et de tolérances pour plusieurs paramètres d'essai, tels que la température d'essai ou les écarts par rapport à la courbe de vitesse. Le nécessaire a été fait en outre pour que les installations d'essai non pourvues des équipements techniques les plus récents puissent elles aussi effectuer les essais de certification WLTP, ce qui imposait l'application de tolérances plus larges que celles qui auraient été applicables dans le cas uniquement des installations les plus performantes.

18. Initialement, le remplacement d'un cycle d'essai régional par le cycle WLTP occasionnera certains frais aux constructeurs de véhicules, aux services techniques et aux autorités, tout au moins si cette question est considérée à l'échelle locale, car il imposera de moderniser certains équipements d'essai et certaines procédures. Ces frais devraient toutefois être raisonnables, étant donné que de telles mises à jour sont de toute façon effectuées régulièrement pour adapter le matériel et les méthodes à l'évolution technique. Les frais occasionnés devraient être calculés à l'échelle régionale car ils varient notablement en fonction des conditions locales.

19. Comme il a été souligné dans l'exposé de l'argumentation technique, la mise en place d'une procédure d'essai harmonisée pour les voitures particulières et utilitaires légers, par principe, offre un potentiel de réduction des coûts pour les constructeurs. La conception des véhicules peut ainsi être plus largement unifiée sur une échelle mondiale et les procédures administratives simplifiées en conséquence. La détermination des gains monétaires dépend dans une large mesure de l'ampleur et de la date de mise en œuvre du cycle WLTP dans la législation régionale.

20. Le cycle WLTP offre une meilleure prise en compte des conditions réelles de circulation, par comparaison aux cycles d'essai régionaux antérieurs. On peut donc en attendre des avantages du point de vue de la validité de l'information donnée aux consommateurs sur la consommation de carburant et d'énergie. En outre, le cycle WLTP, du fait qu'il est plus représentatif, agira comme une incitation à la mise en application des technologies de réduction des émissions de CO_2 qui sont aussi les plus efficaces en conduite réelle. Le rapport coût-efficacité des investissements technologiques en fonction de la réduction des émissions de CO_2 en conduite réelle sera donc amélioré par rapport aux cycles d'essai antérieurs.

II. Texte du Règlement technique mondial

1. Objet

Le présent Règlement technique mondial ONU (RTM ONU) a pour objet d'établir une méthode mondiale harmonisée pour déterminer les niveaux d'émissions de composés gazeux et de particules en masse et en nombre, d'émissions de CO_2, de consommation de carburant, de consommation d'énergie électrique et d'autonomie électrique des voitures particulières et utilitaires légers selon une procédure répétable et reproductible conçue pour être représentative des conditions réelles de circulation dans le monde. Les résultats d'essai serviront de base à la réglementation applicable à ces véhicules dans le cadre des procédures d'homologation de type et de certification régionales.

2. Domaine d'application

Les prescriptions du présent RTM ONU s'appliquent aux véhicules à moteur des catégories 1-2 et 2[1], ayant une masse en charge maximale techniquement admissible n'excédant pas 3 500 kg, et à tous les véhicules à moteur de la catégorie 1-1.

3. Définitions

3.1 Équipement d'essai

3.1.1 Par « *exactitude* », on entend la différence entre une valeur mesurée et une valeur de référence, déterminée conformément à une norme nationale, qui exprime l'exactitude d'un résultat (voir fig. 1).

3.1.2 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 gamme de signaux de référence.

3.1.3 Par « *gaz d'étalonnage* », on entend un mélange de gaz utilisé pour étalonner les analyseurs de gaz.

3.1.4 Par « *méthode de double dilution* », on entend le processus consistant à prélever une fraction du flux des gaz d'échappement dilués et à la diluer avec une quantité appropriée d'air de dilution en amont du filtre de collecte des particules.

3.1.5 Par « *méthode de dilution du flux total* », on entend le processus de dilution continue de tout le flux de gaz d'échappement avec de l'air ambiant de manière réglée avec un système de prélèvement à volume constant.

3.1.6 Par « *linéarisation* », on entend l'application d'une gamme de concentrations ou de matériaux en vue d'établir une relation mathématique entre concentration et réponse du système.

3.1.7 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.

3.1.8 Par « *hydrocarbures non méthaniques* » (HCNM), on entend la somme de tous les hydrocarbures (HCT) à l'exclusion du méthane (CH_4).

[1] On peut trouver les définitions des catégories de véhicules dans l'Annexe 2 de la résolution spéciale n° 1 (ECE/TRANS/WP.29/1045).

3.1.9 Par « *précision* », on entend le degré auquel des mesures répétées dans des conditions inchangées donnent des résultats identiques (voir fig. 1), ce qui dans le présent RTM ONU, correspond toujours à un écart type.

3.1.10 Par « *valeur de référence* », on entend une valeur définie par une norme nationale (voir fig. 1).

3.1.11 Par « *point de consigne* », on entend une valeur de consigne qu'un système de réglage est censé maintenir.

3.1.12 Par « *calibrage* », on entend le réglage d'un instrument de manière à ce qu'il donne une réponse appropriée à une grandeur d'étalonnage qui représente entre 75 et 100 % de la valeur maximale de la plage de mesure de l'instrument ou de la plage d'utilisation prévue.

3.1.13 Par « *hydrocarbures totaux* » (HCT), on entend tous les composés volatils mesurables au moyen d'un détecteur à ionisation de flamme (FID).

3.1.14 Par « *vérification* », on entend le fait d'évaluer si les résultats d'un système de mesure concordent ou non avec une série de signaux de référence appliqués dans le cadre d'une ou plusieurs valeurs limites d'acceptation prédéterminées.

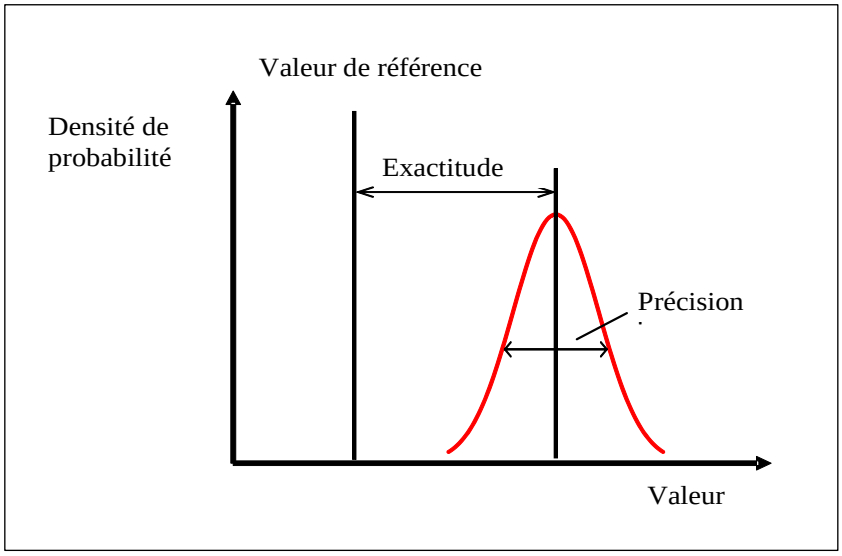
3.1.15 Par « *gaz de zéro* », on entend un gaz ne contenant aucun gaz visé par l'analyse, utilisé pour régler à zéro la réponse d'un analyseur.

3.1.16 Par « *temps de réponse* », la différence de temps entre la variation du constituant à mesurer au point de référence et une réponse du système de 90 % de la valeur de mesure finale (t_{90}), la sonde 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 du système se compose du temps de retard du système et du temps de montée du système.

3.1.17 Par « *temps de retard* », la différence de temps entre la variation du constituant à mesurer au point de référence et une réponse du système de 10 % de la valeur de mesure finale (t_{10}), la sonde de prélèvement étant définie comme point de référence. Pour les constituants gazeux, ce temps est égal au temps de transport du constituant mesuré depuis la sonde de prélèvement jusqu'au détecteur.

3.1.18 Par « *temps de montée* », le temps pris pour passer de 10 à 90 % de la valeur finale de mesure ($t_{90} - t_{10}$).

Figure 1
Définition de l'exactitude, de la précision et de la valeur de référence



3.2 Résistance à l'avancement sur route et réglage du dynamomètre

3.2.1 Par « *traînée aérodynamique* », on entend la force qui s'oppose au déplacement vers l'avant d'un véhicule dans l'air.

3.2.2 Par « *point de stagnation aérodynamique* », on entend un point situé à la surface d'un véhicule où la vitesse de l'air est égale à zéro.

3.2.3 Par « *perturbation de la mesure anémométrique* », on entend l'effet sur la mesure anémométrique de la présence du véhicule, sur lequel la vitesse apparente de l'air est différente de la vitesse de déplacement du véhicule combinée avec la vitesse du vent par rapport au sol.

3.2.4 Par « *analyse contrainte* », on entend le fait que le maître-couple du véhicule et le coefficient de traînée aérodynamique aient été déterminés indépendamment et que ces valeurs soient appliquées dans l'équation de mouvement.

3.2.5 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.

3.2.6 Par « *masse du conducteur* », on entend une masse nominale de 75 kg, placée au point de référence de place assise.

3.2.7 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, de 25 kg et la masse de l'équipement optionnel comme défini au paragraphe 3.2.8 du présent RTM ONU.

3.2.8 Par « *masse de l'équipement optionnel* », on entend la masse maximale des combinaisons d'équipement optionnel qui peuvent être montées sur le véhicule en sus de l'équipement de série selon les spécifications du constructeur.

3.2.9 Par « *équipement optionnel* », on entend toutes les caractéristiques non comprises dans l'équipement de série montées sur le véhicule sous la responsabilité du constructeur, et qui peuvent être commandées par le client.

3.2.10 Par « *conditions atmosphériques de référence (aux fins des mesures de résistance à l'avancement sur route)* », on entend les conditions atmosphériques auxquelles sont rapportés les résultats de ces mesures :

a) Pression atmosphérique : p_0 = 100 kPa ;

b) Température atmosphérique : T_0 = 20 °C ;

c) Masse volumique de l'air sec : ρ_0 = 1,189 kg/m^3 ;

d) Vitesse du vent : 0 m/s.

3.2.11 Par « *vitesse de référence* », on entend la vitesse à laquelle la résistance à l'avancement sur route est déterminée ou la force résistante sur banc à rouleaux est vérifiée.

3.2.12 Par « *résistance à l'avancement sur route* », on entend la force résistante au déplacement d'un véhicule vers l'avant, mesurée par la méthode de la décélération libre ou par des méthodes équivalentes visant à prendre en compte les pertes par frottement du train de roulement.

3.2.13 Par « *résistance au roulement* », on entend les forces résistantes dans les pneumatiques s'opposant au déplacement d'un véhicule.

3.2.14 Par « *résistance à l'avancement* », on entend le couple s'opposant au déplacement vers l'avant d'un véhicule, mesuré par des capteurs de couple montés dans les roues motrices d'un véhicule.

3.2.15 Par « *résistance à l'avancement sur route simulée* », on entend la résistance à l'avancement sur route rencontrée par le véhicule sur le banc à rouleaux qui est censée reproduire la force résistante mesurée sur route, et composée de la force appliquée par le banc à rouleaux et des forces résistantes rencontrées par le véhicule lors de l'essai sur le banc à rouleaux et qui est exprimée par approximation par les trois coefficients d'un polynôme du second degré.

3.2.16 Par « *résistance à l'avancement simulée* », on entend la résistance à l'avancement rencontrée par le véhicule sur le banc à rouleaux, censée reproduire la force résistante mesurée sur route, et composée du couple appliqué par le banc à rouleaux et du couple résistant rencontré par le véhicule lors de l'essai sur le banc à rouleaux et qui est exprimée par approximation par les trois coefficients d'un polynôme du second degré.

3.2.17 Par « *mesure anémométrique stationnaire* », on entend la mesure de la vitesse et de la direction du vent avec un anémomètre situé à un emplacement et à une hauteur au-dessus du niveau de la piste d'essai où les conditions de mesure les plus représentatives seront obtenues.

3.2.18 Par « *équipement de série* », on entend la configuration de base d'un véhicule, doté de toutes les caractéristiques qui sont prescrites 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.

3.2.19 Par « *résistance à l'avancement sur route visée* », on entend la résistance à l'avancement que l'on doit reproduire sur le banc à rouleaux.

3.2.20 Par « *résistance à l'avancement visée* », on entend la résistance à l'avancement que l'on doit reproduire.

3.2.21 Par « *mode décélération libre* », on entend un mode opératoire permettant une détermination exacte et répétable de la résistance à l'avancement sur route et un réglage exact du dynamomètre.

3.2.22 Par « *correction de l'effet du vent* », on entend une correction de l'effet du vent sur la résistance à l'avancement sur route sur la base des mesures anémométriques faites avec un équipement stationnaire ou embarqué.

3.2.23 Par « *masse maximale techniquement admissible en charge* », on entend la masse maximale autorisée du véhicule sur la base de ses caractéristiques de construction et de ses performances d'origine.

3.2.24 Par « *masse effective du véhicule* », on entend la masse en ordre de marche plus la masse de l'équipement optionnel qui peut être monté sur un véhicule donné.

3.2.25 Par « *masse d'essai du véhicule* », on entend la somme de la masse effective du véhicule, de 25 kg et de la masse représentative de la charge du véhicule.

3.2.26 Par « *masse représentative de la charge du véhicule* », on entend x % de la charge maximale du véhicule, où x est égal à 15 % pour les véhicules de la catégorie 1 et 28 % pour les véhicules de la catégorie 2.

3.2.27 Par « *masse maximale techniquement admissible en charge d'un ensemble de véhicules* », on entend la masse maximale autorisée de l'ensemble constitué d'un véhicule à moteur et d'une ou plusieurs remorques sur la base de leurs caractéristiques de construction et performances d'origine ou la masse maximale autorisée de l'ensemble constitué d'un tracteur et d'une semi-remorque.

3.2.28 Par « *rapport régime/vitesse* », on entend le régime moteur divisé par la vitesse du véhicule dans un rapport de particulier.

3.2.29 Par « *dynamomètre à rouleau simple* », on entend un dynamomètre où chaque roue d'un essieu du véhicule est en contact avec un seul rouleau.

3.2.30 Par « *dynamomètre à deux rouleaux* », on entend un dynamomètre où chaque roue d'un essieu du véhicule est en contact avec deux rouleaux.

3.3 Véhicules électriques purs, véhicules électriques hybrides, véhicules à pile à combustible et véhicules à carburant de remplacement

3.3.1 Par « *autonomie en mode électrique* », on entend la distance totale parcourue par un véhicule hybride électrique rechargeable de l'extérieur (VHE-RE) depuis le début de l'essai d'épuisement de la charge jusqu'à l'instant où le moteur à combustion commence à consommer du carburant thermique.

3.3.2 Par « *autonomie en mode électrique pur* », on entend la distance totale parcourue par un véhicule électrique pur (VEP) depuis le début de l'essai d'épuisement de la charge jusqu'à l'instant où le critère de déconnexion automatique est atteint.

3.3.3 Par « *autonomie réelle en mode épuisement de la charge* » (R_{CDA}), on entend la distance parcourue au cours d'un certain nombre de cycles WLTC en mode épuisement de la charge jusqu'à ce que le système rechargeable de stockage de l'énergie électrique (SRSEE) soit déchargé.

3.3.4 Par « *autonomie en mode cycle d'épuisement de la charge* » (R_{CDC}), on entend la distance parcourue depuis le début de l'essai d'épuisement de la charge jusqu'à la fin du dernier cycle précédant le ou les cycles répondant au critère de déconnexion automatique, y compris le cycle de transition où le véhicule peut avoir fonctionné en mode épuisement de la charge ainsi qu'en mode maintien de la charge.

3.3.5 Par « *conditions de fonctionnement en mode épuisement de la charge* », on entend des conditions de fonctionnement dans lesquelles l'énergie stockée dans le SRSEE peut fluctuer mais tend à diminuer pendant que le véhicule roule jusqu'à la transition au mode maintien de la charge.

3.3.6 Par « *conditions de fonctionnement en mode maintien de la charge* », on entend des conditions de fonctionnement dans lesquelles l'énergie stockée dans le SRSEE peut fluctuer mais en moyenne est maintenue à un niveau de charge stable pendant que le véhicule roule.

3.3.7 Par « *facteurs d'utilisation* », on entend des rapports, basés sur les statistiques de circulation, tenant compte de l'autonomie obtenue en mode épuisement de la charge, qui sont utilisés pour pondérer les valeurs des émissions de composés d'échappement, des émissions de CO_2 et de la consommation de carburant pendant les phases d'épuisement de la charge et de maintien de la charge pour les véhicules hybrides électriques rechargeables.

3.3.8 Par « *machine électrique* » (ME), on entend un convertisseur d'énergie faisant la conversion entre énergie électrique et énergie mécanique.

3.3.9 Par « *convertisseur d'énergie* », on entend un système dans lequel l'énergie de sortie est différente de l'énergie d'entrée.

3.3.9.1 Par « *convertisseur de l'énergie de propulsion* », on entend un convertisseur d'énergie de la chaîne de traction autre qu'un dispositif périphérique et dont l'énergie de sortie est utilisée directement ou indirectement aux fins de la propulsion du véhicule.

3.3.9.2 Par « *catégorie de convertisseur d'énergie de propulsion* », on entend i) un moteur à combustion interne ou ii) une machine électrique, ou iii) une pile à combustible.

3.3.10 Par « *système de stockage de l'énergie* », on entend un système qui peut stocker l'énergie et la libérer sous la même forme que l'énergie d'entrée.

3.3.10.1 Par « *système de stockage de l'énergie de propulsion* », on entend un système de stockage de l'énergie de la chaîne de traction qui n'est pas un dispositif

périphérique et dont l'énergie de sortie est utilisée directement ou indirectement aux fins de la propulsion du véhicule.

3.3.10.2 Par « *catégorie de système de stockage de l'énergie de propulsion* », on entend i) un système rechargeable de stockage du carburant, ou ii) un système rechargeable de stockage de l'énergie électrique, ou iii) un système rechargeable de stockage de l'énergie mécanique.

3.3.10.3 Par « *forme d'énergie* », on entend i) l'énergie électrique, ou ii) l'énergie mécanique, ou iii) l'énergie chimique (y compris celle contenue dans les carburants).

3.3.10.4 Par « *système de stockage du carburant* », on entend un système de stockage de l'énergie de propulsion qui stocke l'énergie chimique en tant que carburant liquide ou gazeux.

3.3.11 Par « *autonomie équivalente en mode électrique pur* » (AEMEP), on entend la portion de l'autonomie réelle totale en mode épuisement de la charge (R_{CDA}) imputable à l'utilisation de l'électricité provenant du SRSEE au cours de l'essai d'autonomie en mode épuisement de la charge.

3.3.12 Par « *véhicule hybride électrique* » (VHE), on entend un véhicule hybride sur lequel l'un des convertisseurs d'énergie de propulsion est une machine électrique.

3.3.13 Par « *véhicule hybride* » (VH), on entend un véhicule dont la chaîne de traction comprend au moins deux catégories différentes de convertisseurs d'énergie et au moins deux catégories différentes de systèmes de stockage de l'énergie de propulsion.

3.3.14 Par « *variation énergétique nette* », on entend la variation d'énergie dans le SRSEE divisée par la demande d'énergie par cycle du véhicule soumis à l'essai.

3.3.15 Par « *véhicule hybride électrique non rechargeable de l'extérieur* » (VHE-NRE), on entend un véhicule hybride électrique qui ne peut pas être rechargé depuis une source extérieure.

3.3.16 Par « *véhicule hybride électrique rechargeable de l'extérieur* » (VHE-RE), on entend un véhicule hybride électrique qui peut être rechargé depuis une source extérieure.

3.3.17 Par « *véhicule électrique pur* », on entend un véhicule équipé d'une chaîne de traction comportant exclusivement des machines électriques comme convertisseurs de l'énergie de propulsion et des systèmes rechargeables de stockage de l'énergie électrique comme systèmes de stockage de l'énergie de propulsion.

3.3.18 Par « *pile à combustible* », on entend un convertisseur d'énergie transformant l'énergie chimique (énergie d'entrée) en énergie électrique (énergie de sortie) ou inversement.

3.3.19 Par « *véhicule à pile à combustible* » (VPC), on entend un véhicule équipé d'une chaîne de traction comportant exclusivement une ou plusieurs piles à combustible et une ou plusieurs machines électriques comme convertisseur(s) de l'énergie de propulsion.

3.3.20 Par « *véhicule hybride à pile à combustible* », on entend un véhicule à pile à combustible équipé d'une chaîne de traction comportant au moins un système de stockage du carburant et au moins un système rechargeable de stockage de l'énergie électrique comme systèmes de stockage de l'énergie de propulsion.

3.3.21 Par « *véhicule bicarburant* », un véhicule doté de deux systèmes distincts de stockage du carburant conçu pour fonctionner avec un seul carburant à la fois. Toutefois, l'utilisation simultanée des deux carburants est autorisée dans des quantités et des durées limitées.

3.3.22 Par « *véhicule bicarburant à gaz* », un véhicule bicarburant qui peut fonctionner à l'essence (en mode essence), mais aussi au GPL, au GN/biométhane ou à l'hydrogène (en mode gaz).

3.3.23 Par « *véhicule équipé uniquement d'un moteur à combustion interne* », un véhicule dans lequel tous les convertisseurs de l'énergie de propulsion sont des moteurs à combustion interne.

3.4 Chaîne de traction

3.4.1 Par « *chaîne de traction* », on entend sur un véhicule l'ensemble du ou des systèmes de stockage de l'énergie de propulsion, du ou des convertisseurs de l'énergie de propulsion, du ou des groupes motopropulseurs, y compris les dispositifs périphériques, servant à fournir de l'énergie mécanique aux roues aux fins de la propulsion du véhicule.

3.4.2 Par « *dispositifs auxiliaires* », on entend des dispositifs ou systèmes non périphériques consommant, convertissant, stockant ou fournissant de l'énergie, qui sont installés sur le véhicule à d'autres fins que pour sa propulsion et qui ne sont donc pas considérés comme faisant partie de la chaîne de traction.

3.4.3 Par « *dispositifs périphériques* », on entend des dispositifs consommant, convertissant, stockant ou fournissant de l'énergie, dont l'énergie ne sert pas principalement à la propulsion du véhicule, ou encore d'autres composants, systèmes ou modules indispensables au fonctionnement de la chaîne de traction.

3.4.4 Par « *groupe motopropulseur* », on entend les éléments reliés de la chaîne de traction servant à la transmission de l'énergie mécanique entre le ou les convertisseurs de l'énergie de propulsion et les roues.

3.4.5 Par « *transmission manuelle* », on entend une transmission sur laquelle le changement de rapports se fait seulement sur action du conducteur.

3.5 Généralités

3.5.1 Par « é*missions de référence* », on entend les émissions de composés pour lesquels des limites sont fixées dans la législation régionale.

3.5.2 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.

3.5.3 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 peut transporter des voyageurs debout.

3.5.4 Par « *véhicule de la catégorie 1-2* », on entend un véhicule de la catégorie 1 conçu pour transporter, outre le conducteur, plus de huit voyageurs, qu'ils soient assis ou debout.

3.5.5 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 ;

b) Des châssis conçus spécifiquement pour être aménagés avec un équipement spécial.

3.5.6 Par « *demande d'énergie sur le cycle* », on entend l'énergie positive calculée nécessaire au véhicule pour effectuer le cycle prescrit.

3.5.7 Par « *dispositif d'invalidation* » tout élément de conception qui prend en compte la température, la vitesse du véhicule, le régime moteur (tours par min), le rapport de transmission, la dépression à l'admission ou d'autres paramètres en vue d'activer, de moduler, de retarder ou de désactiver le fonctionnement d'un élément du système antipollution, avec pour effet de réduire l'efficacité

de ce système dans les conditions normalement susceptibles d'être rencontrées dans le fonctionnement et l'usage normaux du véhicule. Un tel élément de conception, toutefois, dans certains cas, n'est pas considéré comme un dispositif d'invalidation, à savoir :

a) Si la nécessité de ce dispositif pour protéger le moteur contre des avaries ou accidents et pour assurer la sécurité de fonctionnement du véhicule est démontrée ; ou

b) Si ce dispositif ne fonctionne pas en dehors des conditions nécessaires pour le démarrage du moteur ; ou

c) Si les conditions pertinentes sont essentiellement prises en compte dans les procédures d'essai de type 1.

3.5.8 Par « *mode sélectionnable* », on entend un régime de fonctionnement distinct sélectionnable par le conducteur, pouvant avoir des incidences sur les émissions et/ou la consommation de carburant et d'énergie.

3.5.9 Par « *mode prépondérant* » aux fins du présent RTM ONU, on entend un mode particulier qui est toujours sélectionné quand le véhicule est mis en marche, quel qu'ait été le mode sélectionné quand le véhicule a été pour la dernière fois arrêté, et qui ne peut pas être modifié ou commuté sur un mode différent sans une manœuvre délibérée du conducteur.

3.5.10 Par « *conditions de référence (aux fins du calcul des émissions massiques)* », on entend les conditions sur la base desquelles les masses volumiques de gaz sont déterminées, à savoir 101,325 kPa et 273,15 K (0 °C).

3.5.11 Par « *émissions d'échappement* », on entend les composés gazeux, solides et liquides émis par le tuyau d'échappement.

3.6 MP/NP

Le terme « particules » est utilisé par convention pour les matières qui sont mesurées alors qu'elles sont en suspension dans l'air, et le terme « particulat » pour les matières déposées.

3.6.1 Par « *émissions en nombre de particules* » (PN), on entend le nombre total de particules solides émises dans les gaz d'échappement des véhicules, quantifié selon les méthodes de dilution, de prélèvement et de mesure comme spécifié dans le présent RTM ONU.

3.6.2 Par « *masse de matières particulaires* » (MP), on entend la masse de toute matière particulaire émise dans les gaz d'échappement, quantifiée selon les méthodes de dilution, de prélèvement et de mesure comme spécifié dans le présent RTM ONU.

3.7 WLTC

3.7.1 Par « *puissance nominale du moteur* » (P_{rated}), on entend la puissance maximale nette du moteur en kW, déterminée dans le cadre de la procédure de certification conformément au règlement régional en vigueur. En l'absence de définition, la puissance nominale du moteur sera celle déclarée par le constructeur conformément au Règlement ONU nº 85.

3.7.2 Par « *vitesse maximale* » (v_{max}), on entend la vitesse maximale d'un véhicule comme définie par la Partie contractante. En l'absence de définition, la vitesse maximale sera celle (v_{max}) déclarée par le constructeur conformément au Règlement ONU nº 68.

3.8 Procédure

3.8.1 Par « *système à régénération discontinue* », on entend un dispositif antipollution aval (catalyseur, filtre à particules, par exemple) nécessitant une régénération à intervalles réguliers.

4. Abréviations

4.1 Abréviations générales

AC	Courant alternatif
ACL	Analyseur par chimiluminescence
CFO	Orifice à régime critique
CFV	Venturi-tuyère en régime critique
CG	Chromatographie en phase gazeuse
CVS	Prélèvement à volume constant
CRR	Coefficient de résistance au roulement
DC	Courant continu
DCL	Détecteur par chimiluminescence
EAF	Somme de l'éthanol, de l'acétaldéhyde et du formaldéhyde
ECD	Détecteur à capture d'électrons
ET	Tube d'évaporation
Extra $High_2$	Phase extra-haute du WLTC pour les véhicules de la classe 2
Extra $High_3$	Phase extra-haute du WLTC pour les véhicules de la classe 3
FCHV	Véhicule hybride à pile à combustible
FID	Détecteur à ionisation de flamme
FRCP	Facteur de réduction de la concentration des particules
FSD	Déviation à fond d'échelle
FTIR	Analyseur infrarouge à transformée de Fourier
GPL	Gaz de pétrole liquéfié
HFID	Détecteur à ionisation de flamme chauffé
$High_2$	Phase haute du WLTC pour les véhicules de la classe 2
$High_{3a}$	Phase haute du WLTC pour les véhicules de la classe 3a
$High_{3b}$	Phase haute du WLTC pour les véhicules de la classe 3b
ICE	Moteur à combustion interne
LoD	Limite de détection
LoQ	Limite de quantification
Low_1	Phase basse du WLTC pour les véhicules de la classe 1
Low_2	Phase basse du WLTC pour les véhicules de la classe 2
Low_3	Phase basse du WLTC pour les véhicules de la classe 3
$Medium_1$	Phase moyenne du WLTC pour les véhicules de la classe 1

$Medium_2$	Phase moyenne du WLTC pour les véhicules de la classe 2
$Medium_{3a}$	Phase moyenne du WLTC pour les véhicules de la classe 3a
$Medium_{3b}$	Phase moyenne du WLTC pour les véhicules de la classe 3b
LC	Chromatographie en phase liquide
LDS	Spectromètre à diode laser
NDIR	Analyseur de gaz dans l'infrarouge non dispersif
NDUV	Analyseur de gaz dans l'ultraviolet non dispersif
NG/biométhane	Gaz naturel/biométhane
NMC	Convertisseur de HCNM
NRE	Non rechargeable de l'extérieur
P_a	Masse de particules collectées sur le filtre de concentrations ambiantes
P_e	Masse de particules collectées sur le filtre d'échantillon
PAO	Poly-alpha-oléfine
PCF	Séparateur primaire
PDP	Pompe volumétrique
PER	Autonomie en mode électrique pur
% FS	Pourcentage de l'échelle totale
PM	Émissions de matières particulaires
PN	Émissions en nombre de particules
PNC	Compteur du nombre de particules
PND_1	Premier étage de dilution de la concentration en nombre de particules
PND_2	Deuxième étage de dilution de la concentration en nombre de particules
PTS	Système de transfert des particules
PTT	Tube de transfert des particules
QCL-IR	Laser à cascade quantique
R_{CDA}	Autonomie réelle en mode épuisement de la charge
RCB	Bilan de charge du SRSEE
SRSEE	Système rechargeable de stockage de l'énergie électrique
SSV	Venturi subsonique
THE	Filtre à très haute efficacité (à particules)
USFM	Débitmètre ultrasonique
VHE-NRE	Véhicule hybride électrique non rechargeable de l'extérieur
VHE-RE	Véhicule hybride électrique rechargeable de l'extérieur
VHPC-NRE	Véhicule hybride électrique à pile à combustible non rechargeable de l'extérieur
VPR	Séparateur de particules volatiles
WLTC	Cycle d'essai mondial harmonisé pour les voitures particulières et véhicules utilitaires légers

4.2 Symboles et abréviations des composants chimiques

C_1	Hydrocarbures en équivalent carbone 1
CH_4	Méthane
C_2H_6	Éthane
C_2H_5OH	Éthanol
C_3H_8	Propane
CH_3CHO	Acétaldéhyde
CO	Monoxyde de carbone
CO_2	Dioxyde de carbone
DOP	Di-octylphtalate
H_2O	Eau
HCHO	Formaldéhyde
NH_3	Ammoniac
NMHC	Hydrocarbures non méthaniques
NO_x	Oxydes d'azote
NO	Oxyde nitrique
NO_2	Dioxyde d'azote
N_2O	Oxyde nitreux
THC	Hydrocarbures totaux

5. Prescriptions générales

5.1 Le véhicule et les éléments susceptibles d'influer sur les émissions de composés gazeux et de matières particulaires et le nombre de particules doivent être conçus, construits et montés de telle façon que dans des conditions normales d'utilisation telles que l'exposition aux effets tels qu'humidité, pluie, chaleur, froid, sable, poussière, vibrations, usure, etc., auxquels ils peuvent être soumis, le véhicule puisse continuer à satisfaire aux prescriptions du présent RTM ONU pendant sa durée de vie utile.

Cette condition doit s'appliquer aussi à l'intégrité de tous les tuyaux flexibles, ainsi que de leurs joints et raccords utilisés sur les systèmes antipollution.

5.2 Le véhicule d'essai doit être représentatif, du point de vue de ses composants relatifs à la réduction des émissions et des fonctions assurées des véhicules de la série de production à laquelle s'applique l'homologation. Le constructeur et l'autorité compétente conviendront du choix du modèle de véhicule à essayer comme étant représentatif.

5.3 Conditions d'essai du véhicule

5.3.1 Les types et quantités de lubrifiant et de liquide de refroidissement pour les essais de mesure des émissions doivent être ceux spécifiés pour le fonctionnement normal du véhicule par le constructeur.

5.3.2 Le type de carburant pour les essais de mesure des émissions doit être comme spécifié à l'annexe 3 du présent RTM ONU.

5.3.3 Tous les systèmes antipollution doivent être en état de marche.

5.3.4 L'utilisation de tout dispositif d'invalidation est interdite.

5.3.5 Le moteur doit être conçu de façon à ce qu'il n'y ait pas d'émissions de gaz de carter.

5.3.6 Les pneumatiques utilisés pour les essais de mesure des émissions doivent être comme spécifié au paragraphe 2.4.5 de l'annexe 6 du présent RTM ONU.

5.4 Orifice de remplissage du réservoir à essence

5.4.1 Sous réserve des dispositions du paragraphe 5.4.2 du présent RTM ONU, l'orifice de remplissage du réservoir d'essence ou d'éthanol doit être conçu de manière à empêcher le remplissage avec un pistolet distributeur de carburant dont l'embout a un diamètre extérieur égal ou supérieur à 23,6 mm.

5.4.2 Les dispositions du paragraphe 5.4.1 du présent RTM ONU ne s'appliquent pas à un véhicule pour lequel les deux conditions suivantes sont remplies, à savoir :

a) Si le véhicule est conçu et construit de telle façon qu'aucun dispositif de réduction des émissions ne soit détérioré par l'utilisation de carburant avec plomb ;

b) Et s'il est apposé sur le véhicule, dans une position immédiatement visible pour une personne remplissant le réservoir de carburant, de manière nettement lisible et indélébile, le symbole pour l'essence sans plomb tel que spécifié dans la norme ISO 2575:2010. Des marquages complémentaires sont permis.

5.5 Dispositions relatives à la sûreté du système électronique

5.5.1 Tout véhicule équipé d'un calculateur de commande des systèmes antipollution doit comporter des fonctions empêchant toute modification, sauf avec l'autorisation du constructeur. Le constructeur doit autoriser de telles modifications uniquement lorsque ces dernières sont nécessaires pour le diagnostic, l'entretien, l'inspection, la mise en conformité ou la réparation du véhicule. Tous les codes ou paramètres d'exploitation reprogrammables doivent être protégés contre les interventions non autorisées et offrir un niveau de protection au moins égal aux dispositions de la norme ISO 15031-7 (15 mars 2001). Toutes les puces mémoire amovibles doivent être moulées, encastrées dans un boîtier scellé ou protégées par des algorithmes, et ne doivent pas pouvoir être remplacées sans outils et procédures spéciaux.

5.5.2 Les paramètres de fonctionnement du moteur codés informatiquement ne doivent pas pouvoir être modifiés sans l'aide d'outils et de procédures spéciaux par exemple, les composants du calculateur doivent être soudés ou moulés, ou l'enceinte doit être scellée (ou soudée).

5.5.3 Les constructeurs peuvent demander à l'autorité compétente d'être exemptés d'une de ces obligations pour les véhicules sur lesquels une telle protection ne semble pas nécessaire. Les critères que l'autorité doit évaluer pour prendre une décision sur l'exemption incluront notamment, mais non exclusivement, la disponibilité de microprocesseurs augmentant les performances, le potentiel de hautes performances du véhicule et son volume de vente probable.

5.5.4 Les constructeurs qui utilisent des systèmes à calculateurs programmables doivent rendre impossible une reprogrammation illicite. Ils devront appliquer des stratégies renforcées de prévention des manipulations et des fonctions de protection de l'écriture rendant obligatoire l'accès électronique à un ordinateur hors site géré par le constructeur. L'autorité compétente doit approuver les méthodes offrant un niveau de protection adéquat contre les manipulations.

5.6 Famille d'interpolation

5.6.1 Famille d'interpolation pour les véhicules équipés uniquement d'un moteur à combustion interne

5.6.1.1 Des véhicules peuvent être considérés comme appartenant à la même famille de véhicules du point de vue de l'interpolation même dans le cas où :

a) Ils appartiennent à des classes de véhicules différentes (voir par. 2 de l'annexe 1) ;

b) Ils ont des niveaux de réajustement de la vitesse différents (voir par. 8 de l'annexe 1) ;

c) Ils ont des vitesses limitées différentes (voir par. 9 de l'annexe 1).

5.6.1.2 Seuls des véhicules identiques en ce qui concerne les caractéristiques suivantes relatives au véhicule/à la chaîne de traction/et à la transmission sont considérés comme appartenant à la même famille de véhicules du point de vue de l'interpolation :

a) Le type de moteur à combustion interne : type de carburant, procédé de combustion, cylindrée, caractéristiques à pleine charge, technologie moteur et système de suralimentation, ainsi que d'autres sous-systèmes moteurs ou caractéristiques ayant une incidence non négligeable sur les émissions massiques de CO_2 dans les conditions du cycle WLTP ;

b) La stratégie de fonctionnement de tous les composants influant sur les émissions massiques de CO_2 dans la chaîne de traction ;

c) Le type de transmission (manuelle, automatique ou à variation continue) ; et le modèle (couple maximum, nombre de rapports, nombre d'embrayages, etc.) ;

d) Les rapports régime/vitesse (régime moteur divisé par vitesse du véhicule). Cette prescription est considérée comme satisfaite si, pour tous les rapports de démultiplication concernés, la différence avec les rapports régime/vitesse du type de transmission le plus couramment installé n'est pas supérieure à 8 % ;

e) Le nombre d'essieux moteurs.

5.6.1.3 Si un autre paramètre est utilisé, par exemple une valeur plus élevée de n_{min_drive} comme spécifié à l'alinéa k) du paragraphe 2 de l'annexe 2, ou le coefficient ASM tel que défini au paragraphe 3.4 de l'annexe 2, ce paramètre doit être le même au sein d'une famille d'interpolation donnée.

5.6.2 Famille d'interpolation pour les véhicules hybrides électriques non rechargeables de l'extérieur et véhicules hybrides électriques rechargeables de l'extérieur (VHE-NRE et VHE-RE)

Outre les prescriptions du paragraphe 5.6.1 du présent RTM, seuls des véhicules VHE-NRE et VHE-RE identiques en ce qui concerne les caractéristiques suivantes sont considérés comme appartenant à la même famille de véhicules du point de vue de l'interpolation :

a) Le type et le nombre de machines électriques : type de construction (asynchrone/synchrone, etc.), mode de refroidissement (air, liquide) et toutes autres caractéristiques ayant une influence non négligeable sur les émissions massiques de CO_2 et la consommation d'énergie électrique dans les conditions de l'essai WLTP ;

b) Le type de SRSEE de traction (modèle, capacité, tension nominale, puissance nominale, mode de refroidissement (air, liquide)) ;

c) Le type de convertisseur d'énergie électrique entre la machine électrique et le SRSEE de traction, entre le SRSEE de traction et l'alimentation à basse tension et entre le module de recharge sur secteur et le SRSEE de traction, et toutes autres caractéristiques ayant une influence non négligeable sur les émissions massiques de CO_2 et la consommation d'énergie électrique dans les conditions de l'essai WLTP ;

d) La différence entre le nombre de cycles d'épuisement de la charge depuis le début de l'essai jusqu'au cycle de transition (compris) ne doit pas être de plus d'un.

5.6.3 Famille d'interpolation pour les véhicules électriques purs (VEP)

Seuls des véhicules électriques purs (VEP) identiques en ce qui concerne les caractéristiques électriques suivantes relatives à la chaîne de traction/et à la transmission sont considérés comme appartenant à la même famille de véhicules du point de vue de l'interpolation :

a) Le type et le nombre de machines électriques : type de construction (asynchrone/synchrone, etc.), mode de refroidissement (air, liquide) et toutes autres caractéristiques ayant une influence non négligeable sur la consommation d'énergie électrique et l'autonomie dans les conditions de l'essai WLTP ;

b) Le type de SRSEE de traction (modèle, capacité, tension nominale, puissance nominale, mode de refroidissement (air, liquide)) ;

c) Le type de transmission (manuelle, automatique ou à variation continue) et le modèle (couple maximum, nombre de rapports, nombre d'embrayages, etc.) ;

d) Le nombre d'essieux moteurs ;

e) Le type de convertisseur d'énergie électrique entre la machine électrique et le SRSEE de traction, entre le SRSEE de traction et l'alimentation à basse tension et entre le module de recharge sur secteur et le SRSEE de traction, et toutes autres caractéristiques ayant une influence non négligeable sur la consommation d'énergie électrique et l'autonomie dans les conditions de l'essai WLTP ;

f) La stratégie de fonctionnement de tous les composants influant sur la consommation d'énergie électrique du groupe motopropulseur ;

g) Les rapports régime/vitesse (régime moteur divisé par vitesse du véhicule). Cette prescription est considérée comme satisfaite si, pour tous les rapports de démultiplication concernés, la différence avec les rapports régime/vitesse du type de transmission le plus couramment installé n'est pas supérieure à 8 %.

5.7 Famille de résistance à l'avancement sur route

Seuls des véhicules identiques en ce qui concerne les caractéristiques suivantes sont considérés comme appartenant à la même famille du point de vue de la résistance à l'avancement sur route :

a) Le type de transmission (manuelle, automatique ou à variation continue) et le modèle (couple maximum, nombre de rapports, nombre d'embrayages, etc.) ; à la demande du constructeur, et avec l'accord de l'autorité compétente, une transmission présentant des pertes de puissance moindres peut être incluse dans la famille ;

b) Les rapports régime/vitesse (régime moteur divisé par vitesse du véhicule). Cette prescription est considérée comme satisfaite si, pour tous les rapports de démultiplication concernés, la différence avec les

rapports de démultiplication du type de transmission le plus couramment installé n'est pas supérieure à 25 % ;

c) Le nombre d'essieux moteurs.

Si au moins une machine électrique est accouplée dans la position point mort de la boîte de vitesses et si le véhicule n'est pas équipé d'un mode de décélération libre (selon le paragraphe 4.2.1.8.5 de l'annexe 4) tel que la machine électrique n'influe pas sur la résistance à l'avancement sur route, les critères des paragraphes 5.6.2 a) et 5.6.3 a) du présent RTM ONU sont applicables.

En cas de différence de caractéristiques, en dehors de la masse du véhicule, de la résistance à l'avancement et de facteurs aérodynamiques, ayant une influence non négligeable sur la résistance à l'avancement sur route, le véhicule en cause n'est pas considéré comme appartenant à la même famille sauf accord de l'autorité compétente.

5.8 Famille de matrices de résistance à l'avancement sur route

La famille de matrices de résistance à l'avancement sur route peut être appliquée aux véhicules conçus pour une masse maximale techniquement admissible en charge ≥ 3 000 kg.

Seuls des véhicules identiques en ce qui concerne les caractéristiques suivantes sont considérés comme appartenant à la même famille de matrices de résistance à l'avancement sur route :

a) Le type de transmission (manuelle, automatique ou à variation continue) ;

b) Le nombre d'essieux moteurs.

5.9 Famille de systèmes à régénération périodique (K_i)

Seuls des véhicules identiques en ce qui concerne les caractéristiques suivantes sont considérés comme appartenant à la même famille de systèmes à régénération périodique :

a) Le type de moteur à combustion interne : type de carburant, procédé de combustion ;

b) Le système à régénération périodique (catalyseur, filtre à particules) :

i) Configuration (type d'enceinte, type de métal précieux, type de substrat, densité des canaux) ;

ii) Type et principe de fonctionnement ;

iii) Volume ±10 % ;

iv) Emplacement (température ±100 ºC à la seconde plus haute vitesse de référence) ;

c) La masse d'essai de chaque véhicule de la famille doit être inférieure ou égale à la masse d'essai du véhicule utilisé pour l'essai de contrôle de K_i plus 250 kg.

6. Prescriptions concernant les résultats des essais

6.1 Valeurs limites

Lors de la mise en œuvre de la procédure d'essai définie dans le présent RTM ONU dans le cadre de leur législation ou réglementation nationale, les Parties contractantes à l'Accord de 1998 sont invitées à appliquer des valeurs limites qui soient au moins aussi rigoureuses que celles de leur réglementation actuelle, en attendant l'établissement de valeurs limites harmonisées par le

Comité exécutif (AC.3) de l'Accord de 1998 qui seront intégrées au RTM ONU à une date ultérieure.

6.2 Essais

Les essais doivent être exécutés conformément :

a) Aux cycles WLTC comme spécifié à l'annexe 1 ;

b) Aux modalités de sélection des rapports et de points de changement des rapports comme spécifié à l'annexe 2 ;

c) Au carburant approprié comme spécifié à l'annexe 3 ;

d) À la résistance à l'avancement sur route et au réglage sur dynamomètre comme spécifié à l'annexe 4 ;

e) À l'équipement d'essai comme spécifié à l'annexe 5 ;

f) Aux procédures d'essai comme spécifié aux annexes 6 et 8 ;

g) Aux méthodes de calcul comme spécifié aux annexes 7 et 8.

Annexe 1

Cycles d'essai WLTC

1. Prescriptions générales

Le cycle d'essai à appliquer dépend du rapport puissance nominale/masse en ordre de marche du véhicule d'essai moins 75 kg, W/kg, et de sa vitesse maximale v_{max}.

Le cycle résultant des prescriptions énoncées dans la présente annexe est désigné « cycle applicable » dans les autres parties du RTM ONU.

2. Classes de véhicules

2.1 Les véhicules de la classe 1 ont un rapport puissance/masse en ordre de marche moins 75 kg (P_{mr}) inférieur ou égal à 22 W/kg.

2.2 Les véhicules de la classe 2 ont un rapport puissance/masse en ordre de marche moins 75 kg supérieur à 22 mais inférieur ou égal à 34 W/kg.

2.3 Les véhicules de la classe 3 ont un rapport puissance/masse en ordre de marche moins 75 kg supérieur à 34 W/kg.

2.3.1 Les véhicules de la classe 3 sont répartis dans deux sous-classes en fonction de leur vitesse maximale, v_{max} :

2.3.1.1 Les véhicules de la classe 3a, pour lesquels $v_{max} < 120$ km/h ;

2.3.1.2 Les véhicules de la classe 3b, pour lesquels $v_{max} \geq 120$ km/h.

2.3.2 Tous les véhicules soumis à essai conformément aux dispositions de l'annexe 8 sont considérés comme des véhicules de la classe 3.

3. Cycles d'essai

3.1 Cycle pour les véhicules de la classe 1

3.1.1 Pour les véhicules de la classe 1, un cycle d'essai complet comprend une phase à basse vitesse (Low_1), une phase à vitesse moyenne ($Medium_1$) et une phase à basse vitesse additionnelle (Low_1).

3.1.2 La phase Low_1 est décrite à la figure A1/1 et au tableau A1/1.

3.1.3 La phase $Medium_1$ est décrite à la figure A1/2 et au tableau A1/2.

3.2 Cycle pour les véhicules de la classe 2

3.2.1 Pour les véhicules de la classe 2, un cycle d'essai complet comprend une phase à basse vitesse (Low_2), une phase à vitesse moyenne ($Medium_2$), une phase à haute vitesse ($High_2$) et une phase à extra-haute vitesse (Extra $High_2$).

3.2.2 La phase Low_2 est décrite à la figure A1/3 et au tableau A1/3.

3.2.3 La phase $Medium_2$ est décrite à la figure A1/4 et au tableau A1/4.

3.2.4 La phase $High_2$ est décrite à la figure A1/5 et au tableau A1/5.

3.2.5 La phase Extra $High_2$ est décrite à la figure A1/6 et au tableau A1/6.

3.2.6 Au choix de la Partie contractante, la phase Extra $High_2$ peut être omise.

3.3 Cycles pour les véhicules de la classe 3

Les cycles pour les véhicules de la classe 3 sont répartis dans deux sous-classes correspondant aux subdivisions de la classe 3.

3.3.1 Cycle pour les véhicules de la classe 3a

3.3.1.1 Un cycle d'essai complet comprend une phase à basse vitesse (Low_3), une phase à vitesse moyenne ($Medium_{3a}$), une phase à haute vitesse ($High_{3a}$) et une phase à extra-haute vitesse (Extra $High_3$).

3.3.1.2 La phase Low_3 est décrite à la figure A1/7 et au tableau A1/7.

3.3.1.3 La phase $Medium_{3a}$ est décrite à la figure A1/8 et au tableau A1/8.

3.3.1.4 La phase $High_{3a}$ est décrite à la figure A1/10 et au tableau A1/10.

3.3.1.5 La phase Extra $High_3$ est décrite à la figure A1/12 et au tableau A1/12.

3.3.1.6 Au choix de la Partie contractante, la phase Extra $High_3$ peut être omise.

3.3.2 Cycles pour les véhicules de la classe 3b

3.3.2.1 Un cycle d'essai complet comprend une phase à basse vitesse (Low_3), une phase à vitesse moyenne ($Medium_{3b}$), une phase à haute vitesse ($High_{3b}$) et une phase à extra-haute vitesse (Extra $High_3$).

3.3.2.2 La phase Low_3 est décrite à la figure A1/7 et au tableau A1/7.

3.3.2.3 La phase $Medium_{3b}$ est décrite à la figure A1/9 et au tableau A1/9.

3.3.2.4 La phase $High_{3b}$ est décrite à la figure A1/11 et au tableau A1/11.

3.3.2.5 La phase Extra $High_3$ est décrite à la figure A1/12 et au tableau A1/12.

3.3.2.6 Au choix de la Partie contractante, la phase Extra $High_3$ peut être omise.

3.4 Durée de toutes les phases

3.4.1 Toutes les phases à basse vitesse durent 589 s.

3.4.2 Toutes les phases à vitesse moyenne durent 433 s.

3.4.3 Toutes les phases à haute vitesse durent 455 s.

3.4.4 Toutes les phases à extra-haute vitesse durent 323 s.

3.5 Cycle WLTC urbain

Les véhicules hybrides électriques rechargeables de l'extérieur (VHE-RE) et les véhicules électriques purs (VEP) doivent être soumis aux cycles d'essai WLTC et WLTC urbain correspondant à leur classe (3a ou 3b) (voir l'annexe 8).

Le cycle WLTC urbain comporte uniquement les phases à basse vitesse et à moyenne vitesse.

Au choix de la Partie contractante, le cycle WLTC urbain pour les véhicules des classes 3a et 3b peut être omis.

4. Cycle WLTC pour les véhicules de la classe 1

Figure A1/1
Cycle WLTC, véhicules de la classe 1, phase Low_1

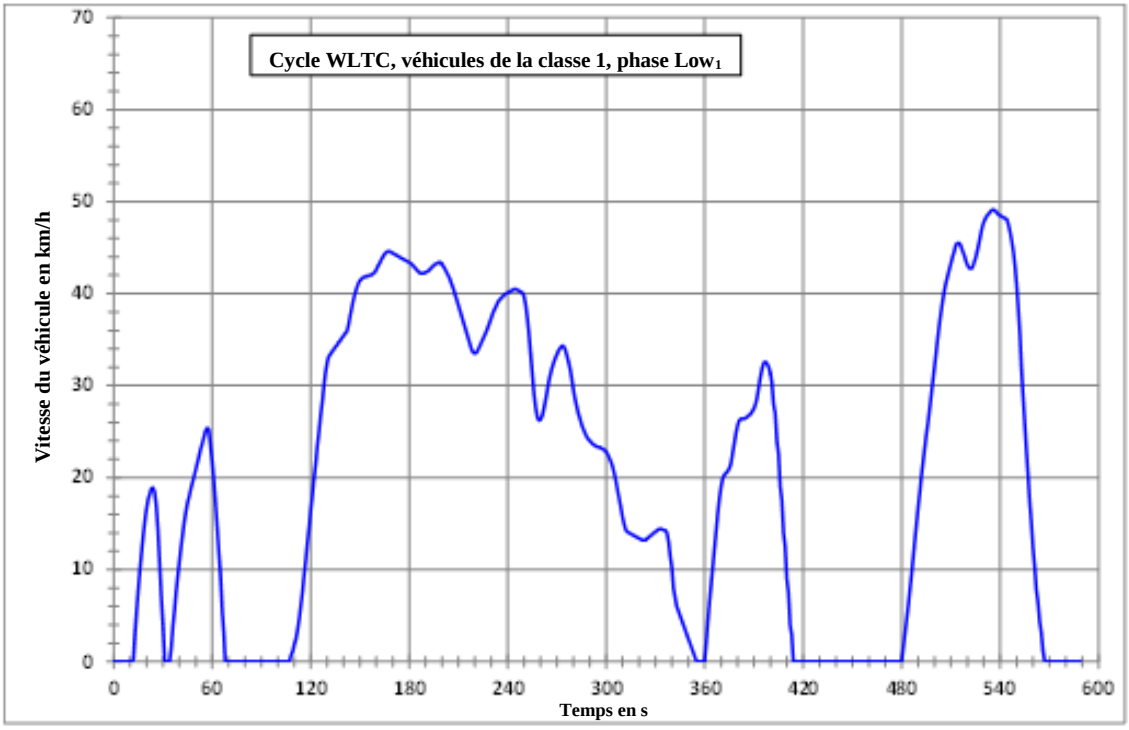


Figure A1/2
Cycle WLTC, véhicules de la classe 1, phase $Medium_1$

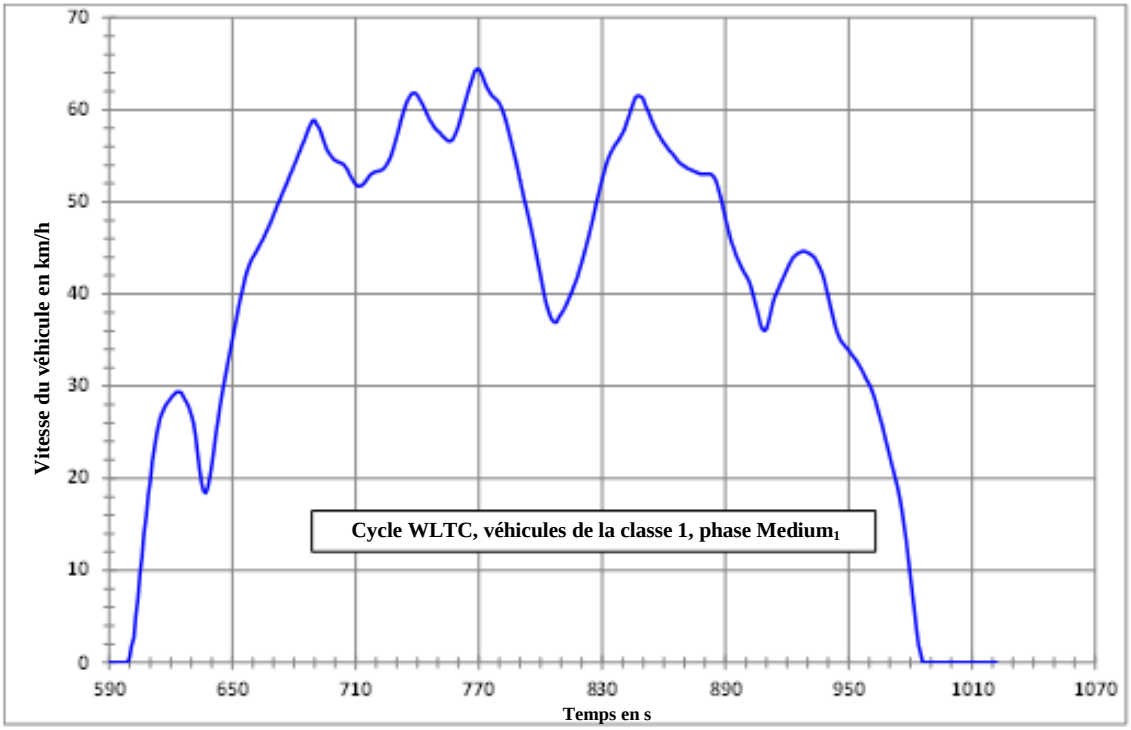


Tableau A1/1
Cycle WLTC, véhicules de la classe 1, phase Low1

Temps en s	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*
0	0,0	47	18,8	94	0,0	141	35,7
1	0,0	48	19,5	95	0,0	142	35,9
2	0,0	49	20,2	96	0,0	143	36,6
3	0,0	50	20,9	97	0,0	144	37,5
4	0,0	51	21,7	98	0,0	145	38,4
5	0,0	52	22,4	99	0,0	146	39,3
6	0,0	53	23,1	100	0,0	147	40,0
7	0,0	54	23,7	101	0,0	148	40,6
8	0,0	55	24,4	102	0,0	149	41,1
9	0,0	56	25,1	103	0,0	150	41,4
10	0,0	57	25,4	104	0,0	151	41,6
11	0,0	58	25,2	105	0,0	152	41,8
12	0,2	59	23,4	106	0,0	153	41,8
13	3,1	60	21,8	107	0,0	154	41,9
14	5,7	61	19,7	108	0,7	155	41,9
15	8,0	62	17,3	109	1,1	156	42,0
16	10,1	63	14,7	110	1,9	157	42,0
17	12,0	64	12,0	111	2,5	158	42,2
18	13,8	65	9,4	112	3,5	159	42,3
19	15,4	66	5,6	113	4,7	160	42,6
20	16,7	67	3,1	114	6,1	161	43,0
21	17,7	68	0,0	115	7,5	162	43,3
22	18,3	69	0,0	116	9,4	163	43,7
23	18,8	70	0,0	117	11,0	164	44,0
24	18,9	71	0,0	118	12,9	165	44,3
25	18,4	72	0,0	119	14,5	166	44,5
26	16,9	73	0,0	120	16,4	167	44,6
27	14,3	74	0,0	121	18,0	168	44,6
28	10,8	75	0,0	122	20,0	169	44,5
29	7,1	76	0,0	123	21,5	170	44,4
30	4,0	77	0,0	124	23,5	171	44,3
31	0,0	78	0,0	125	25,0	172	44,2
32	0,0	79	0,0	126	26,8	173	44,1
33	0,0	80	0,0	127	28,2	174	44,0
34	0,0	81	0,0	128	30,0	175	43,9
35	1,5	82	0,0	129	31,4	176	43,8
36	3,8	83	0,0	130	32,5	177	43,7
37	5,6	84	0,0	131	33,2	178	43,6
38	7,5	85	0,0	132	33,4	179	43,5
39	9,2	86	0,0	133	33,7	180	43,4
40	10,8	87	0,0	134	33,9	181	43,3
41	12,4	88	0,0	135	34,2	182	43,1
42	13,8	89	0,0	136	34,4	183	42,9
43	15,2	90	0,0	137	34,7	184	42,7
44	16,3	91	0,0	138	34,9	185	42,5
45	17,3	92	0,0	139	35,2	186	42,3
46	18,0	93	0,0	140	35,4	187	42,2

Temps en s	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*
188	42,2	237	39,7	286	25,3	335	14,3
189	42,2	238	39,9	287	24,9	336	14,3
190	42,3	239	40,0	288	24,5	337	14,0
191	42,4	240	40,1	289	24,2	338	13,0
192	42,5	241	40,2	290	24,0	339	11,4
193	42,7	242	40,3	291	23,8	340	10,2
194	42,9	243	40,4	292	23,6	341	8,0
195	43,1	244	40,5	293	23,5	342	7,0
196	43,2	245	40,5	294	23,4	343	6,0
197	43,3	246	40,4	295	23,3	344	5,5
198	43,4	247	40,3	296	23,3	345	5,0
199	43,4	248	40,2	297	23,2	346	4,5
200	43,2	249	40,1	298	23,1	347	4,0
201	42,9	250	39,7	299	23,0	348	3,5
202	42,6	251	38,8	300	22,8	349	3,0
203	42,2	252	37,4	301	22,5	350	2,5
204	41,9	253	35,6	302	22,1	351	2,0
205	41,5	254	33,4	303	21,7	352	1,5
206	41,0	255	31,2	304	21,1	353	1,0
207	40,5	256	29,1	305	20,4	354	0,5
208	39,9	257	27,6	306	19,5	355	0,0
209	39,3	258	26,6	307	18,5	356	0,0
210	38,7	259	26,2	308	17,6	357	0,0
211	38,1	260	26,3	309	16,6	358	0,0
212	37,5	261	26,7	310	15,7	359	0,0
213	36,9	262	27,5	311	14,9	360	0,0
214	36,3	263	28,4	312	14,3	361	2,2
215	35,7	264	29,4	313	14,1	362	4,5
216	35,1	265	30,4	314	14,0	363	6,6
217	34,5	266	31,2	315	13,9	364	8,6
218	33,9	267	31,9	316	13,8	365	10,6
219	33,6	268	32,5	317	13,7	366	12,5
220	33,5	269	33,0	318	13,6	367	14,4
221	33,6	270	33,4	319	13,5	368	16,3
222	33,9	271	33,8	320	13,4	369	17,9
223	34,3	272	34,1	321	13,3	370	19,1
224	34,7	273	34,3	322	13,2	371	19,9
225	35,1	274	34,3	323	13,2	372	20,3
226	35,5	275	33,9	324	13,2	373	20,5
227	35,9	276	33,3	325	13,4	374	20,7
228	36,4	277	32,6	326	13,5	375	21,0
229	36,9	278	31,8	327	13,7	376	21,6
230	37,4	279	30,7	328	13,8	377	22,6
231	37,9	280	29,6	329	14,0	378	23,7
232	38,3	281	28,6	330	14,1	379	24,8
233	38,7	282	27,8	331	14,3	380	25,7
234	39,1	283	27,0	332	14,4	381	26,2
235	39,3	284	26,4	333	14,4	382	26,4
236	39,5	285	25,8	334	14,4	383	26,4

Temps en s	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*
384	26,4	433	0,0	482	3,1	531	48,2
385	26,5	434	0,0	483	4,6	532	48,5
386	26,6	435	0,0	484	6,1	533	48,7
387	26,8	436	0,0	485	7,8	534	48,9
388	26,9	437	0,0	486	9,5	535	49,1
389	27,2	438	0,0	487	11,3	536	49,1
390	27,5	439	0,0	488	13,2	537	49,0
391	28,0	440	0,0	489	15,0	538	48,8
392	28,8	441	0,0	490	16,8	539	48,6
393	29,9	442	0,0	491	18,4	540	48,5
394	31,0	443	0,0	492	20,1	541	48,4
395	31,9	444	0,0	493	21,6	542	48,3
396	32,5	445	0,0	494	23,1	543	48,2
397	32,6	446	0,0	495	24,6	544	48,1
398	32,4	447	0,0	496	26,0	545	47,5
399	32,0	448	0,0	497	27,5	546	46,7
400	31,3	449	0,0	498	29,0	547	45,7
401	30,3	450	0,0	499	30,6	548	44,6
402	28,0	451	0,0	500	32,1	549	42,9
403	27,0	452	0,0	501	33,7	550	40,8
404	24,0	453	0,0	502	35,3	551	38,2
405	22,5	454	0,0	503	36,8	552	35,3
406	19,0	455	0,0	504	38,1	553	31,8
407	17,5	456	0,0	505	39,3	554	28,7
408	14,0	457	0,0	506	40,4	555	25,8
409	12,5	458	0,0	507	41,2	556	22,9
410	9,0	459	0,0	508	41,9	557	20,2
411	7,5	460	0,0	509	42,6	558	17,3
412	4,0	461	0,0	510	43,3	559	15,0
413	2,9	462	0,0	511	44,0	560	12,3
414	0,0	463	0,0	512	44,6	561	10,3
415	0,0	464	0,0	513	45,3	562	7,8
416	0,0	465	0,0	514	45,5	563	6,5
417	0,0	466	0,0	515	45,5	564	4,4
418	0,0	467	0,0	516	45,2	565	3,2
419	0,0	468	0,0	517	44,7	566	1,2
420	0,0	469	0,0	518	44,2	567	0,0
421	0,0	470	0,0	519	43,6	568	0,0
422	0,0	471	0,0	520	43,1	569	0,0
423	0,0	472	0,0	521	42,8	570	0,0
424	0,0	473	0,0	522	42,7	571	0,0
425	0,0	474	0,0	523	42,8	572	0,0
426	0,0	475	0,0	524	43,3	573	0,0
427	0,0	476	0,0	525	43,9	574	0,0
428	0,0	477	0,0	526	44,6	575	0,0
429	0,0	478	0,0	527	45,4	576	0,0
430	0,0	479	0,0	528	46,3	577	0,0
431	0,0	480	0,0	529	47,2	578	0,0
432	0,0	481	1,6	530	47,8	579	0,0

Temps en s	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*
580	0,0						
581	0,0						
582	0,0						
583	0,0						
584	0,0						
585	0,0						
586	0,0						
587	0,0						
588	0,0						
589	0,0						

Tableau A1/2
Cycle WLTC, véhicules de la classe 1, phase Medium[1]

Temps en s	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*
590	0,0	637	18,4	684	56,2	731	57,9
591	0,0	638	19,0	685	56,7	732	58,8
592	0,0	639	20,1	686	57,3	733	59,6
593	0,0	640	21,5	687	57,9	734	60,3
594	0,0	641	23,1	688	58,4	735	60,9
595	0,0	642	24,9	689	58,8	736	61,3
596	0,0	643	26,4	690	58,9	737	61,7
597	0,0	644	27,9	691	58,4	738	61,8
598	0,0	645	29,2	692	58,1	739	61,8
599	0,0	646	30,4	693	57,6	740	61,6
600	0,6	647	31,6	694	56,9	741	61,2
601	1,9	648	32,8	695	56,3	742	60,8
602	2,7	649	34,0	696	55,7	743	60,4
603	5,2	650	35,1	697	55,3	744	59,9
604	7,0	651	36,3	698	55,0	745	59,4
605	9,6	652	37,4	699	54,7	746	58,9
606	11,4	653	38,6	700	54,5	747	58,6
607	14,1	654	39,6	701	54,4	748	58,2
608	15,8	655	40,6	702	54,3	749	57,9
609	18,2	656	41,6	703	54,2	750	57,7
610	19,7	657	42,4	704	54,1	751	57,5
611	21,8	658	43,0	705	53,8	752	57,2
612	23,2	659	43,6	706	53,5	753	57,0
613	24,7	660	44,0	707	53,0	754	56,8
614	25,8	661	44,4	708	52,6	755	56,6
615	26,7	662	44,8	709	52,2	756	56,6
616	27,2	663	45,2	710	51,9	757	56,7
617	27,7	664	45,6	711	51,7	758	57,1
618	28,1	665	46,0	712	51,7	759	57,6
619	28,4	666	46,5	713	51,8	760	58,2
620	28,7	667	47,0	714	52,0	761	59,0
621	29,0	668	47,5	715	52,3	762	59,8
622	29,2	669	48,0	716	52,6	763	60,6
623	29,4	670	48,6	717	52,9	764	61,4
624	29,4	671	49,1	718	53,1	765	62,2
625	29,3	672	49,7	719	53,2	766	62,9
626	28,9	673	50,2	720	53,3	767	63,5
627	28,5	674	50,8	721	53,3	768	64,2
628	28,1	675	51,3	722	53,4	769	64,4
629	27,6	676	51,8	723	53,5	770	64,4
630	26,9	677	52,3	724	53,7	771	64,0
631	26,0	678	52,9	725	54,0	772	63,5
632	24,6	679	53,4	726	54,4	773	62,9
633	22,8	680	54,0	727	54,9	774	62,4
634	21,0	681	54,5	728	55,6	775	62,0
635	19,5	682	55,1	729	56,3	776	61,6
636	18,6	683	55,6	730	57,1	777	61,4

Temps en s	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*
778	61,2	827	49,7	876	53,2	925	44,4
779	61,0	828	50,6	877	53,1	926	44,5
780	60,7	829	51,6	878	53,0	927	44,6
781	60,2	830	52,5	879	53,0	928	44,7
782	59,6	831	53,3	880	53,0	929	44,6
783	58,9	832	54,1	881	53,0	930	44,5
784	58,1	833	54,7	882	53,0	931	44,4
785	57,2	834	55,3	883	53,0	932	44,2
786	56,3	835	55,7	884	52,8	933	44,1
787	55,3	836	56,1	885	52,5	934	43,7
788	54,4	837	56,4	886	51,9	935	43,3
789	53,4	838	56,7	887	51,1	936	42,8
790	52,4	839	57,1	888	50,2	937	42,3
791	51,4	840	57,5	889	49,2	938	41,6
792	50,4	841	58,0	890	48,2	939	40,7
793	49,4	842	58,7	891	47,3	940	39,8
794	48,5	843	59,3	892	46,4	941	38,8
795	47,5	844	60,0	893	45,6	942	37,8
796	46,5	845	60,6	894	45,0	943	36,9
797	45,4	846	61,3	895	44,3	944	36,1
798	44,3	847	61,5	896	43,8	945	35,5
799	43,1	848	61,5	897	43,3	946	35,0
800	42,0	849	61,4	898	42,8	947	34,7
801	40,8	850	61,2	899	42,4	948	34,4
802	39,7	851	60,5	900	42,0	949	34,1
803	38,8	852	60,0	901	41,6	950	33,9
804	38,1	853	59,5	902	41,1	951	33,6
805	37,4	854	58,9	903	40,3	952	33,3
806	37,1	855	58,4	904	39,5	953	33,0
807	36,9	856	57,9	905	38,6	954	32,7
808	37,0	857	57,5	906	37,7	955	32,3
809	37,5	858	57,1	907	36,7	956	31,9
810	37,8	859	56,7	908	36,2	957	31,5
811	38,2	860	56,4	909	36,0	958	31,0
812	38,6	861	56,1	910	36,2	959	30,6
813	39,1	862	55,8	911	37,0	960	30,2
814	39,6	863	55,5	912	38,0	961	29,7
815	40,1	864	55,3	913	39,0	962	29,1
816	40,7	865	55,0	914	39,7	963	28,4
817	41,3	866	54,7	915	40,2	964	27,6
818	41,9	867	54,4	916	40,7	965	26,8
819	42,7	868	54,2	917	41,2	966	26,0
820	43,4	869	54,0	918	41,7	967	25,1
821	44,2	870	53,9	919	42,2	968	24,2
822	45,0	871	53,7	920	42,7	969	23,3
823	45,9	872	53,6	921	43,2	970	22,4
824	46,8	873	53,5	922	43,6	971	21,5
825	47,7	874	53,4	923	44,0	972	20,6
826	48,7	875	53,3	924	44,2	973	19,7

Temps en s	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*
974	18,8						
975	17,7						
976	16,4						
977	14,9						
978	13,2						
979	11,3						
980	9,4						
981	7,5						
982	5,6						
983	3,7						
984	1,9						
985	1,0						
986	0,0						
987	0,0						
988	0,0						
989	0,0						
990	0,0						
991	0,0						
992	0,0						
993	0,0						
994	0,0						
995	0,0						
996	0,0						
997	0,0						
998	0,0						
999	0,0						
1 000	0,0						
1 001	0,0						
1 002	0,0						
1 003	0,0						
1 004	0,0						
1 005	0,0						
1 006	0,0						
1 007	0,0						
1 008	0,0						
1 009	0,0						
1 010	0,0						
1 011	0,0						
1 012	0,0						
1 013	0,0						
1 014	0,0						
1 015	0,0						
1 016	0,0						
1 017	0,0						
1 018	0,0						
1 019	0,0						
1 020	0,0						
1 021	0,0						
1 022	0,0						

5. Cycle WLTC pour les véhicules de la classe 2

Figure A1/3
Cycle WLTC, véhicules de la classe 2, phase Low2

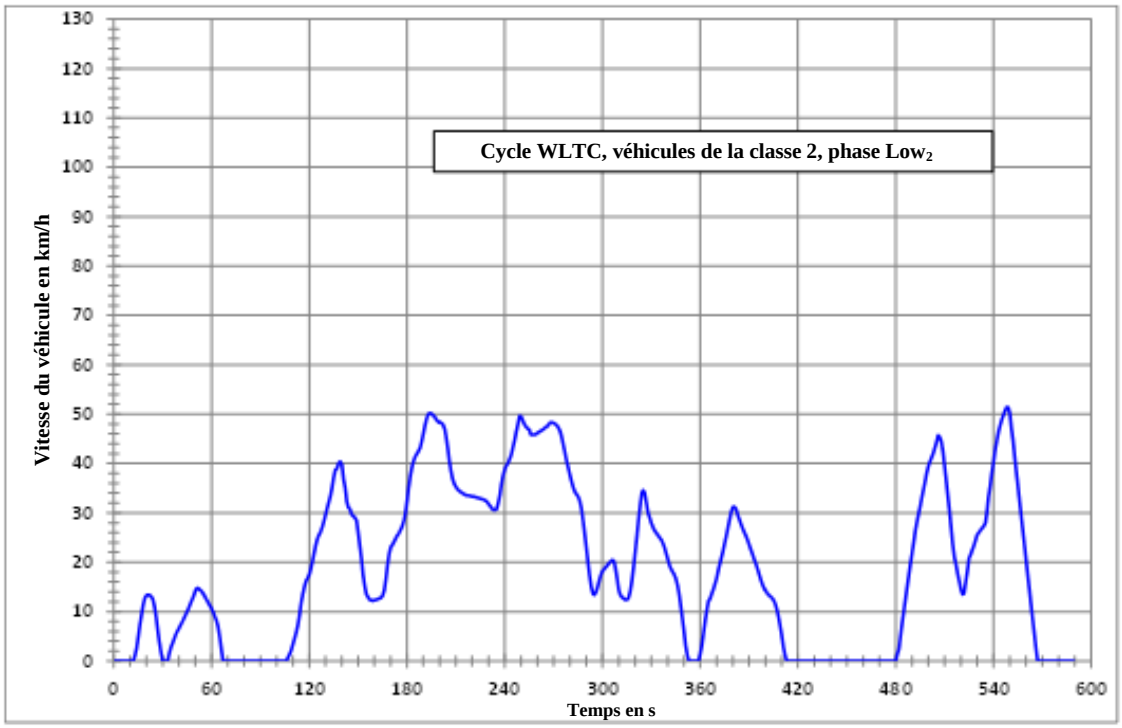


Figure A1/4
Cycle WLTC, véhicules de la classe 2, phase Medium2

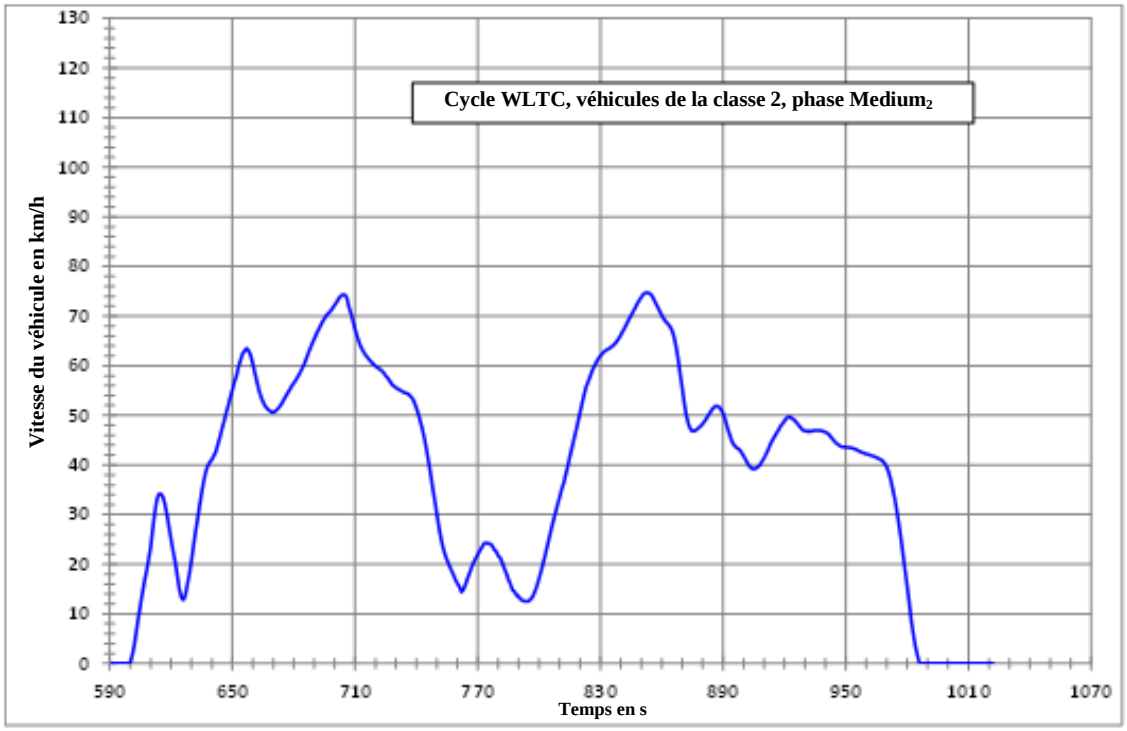


Figure A1/5
Cycle WLTC, véhicules de la classe 2, phase High2

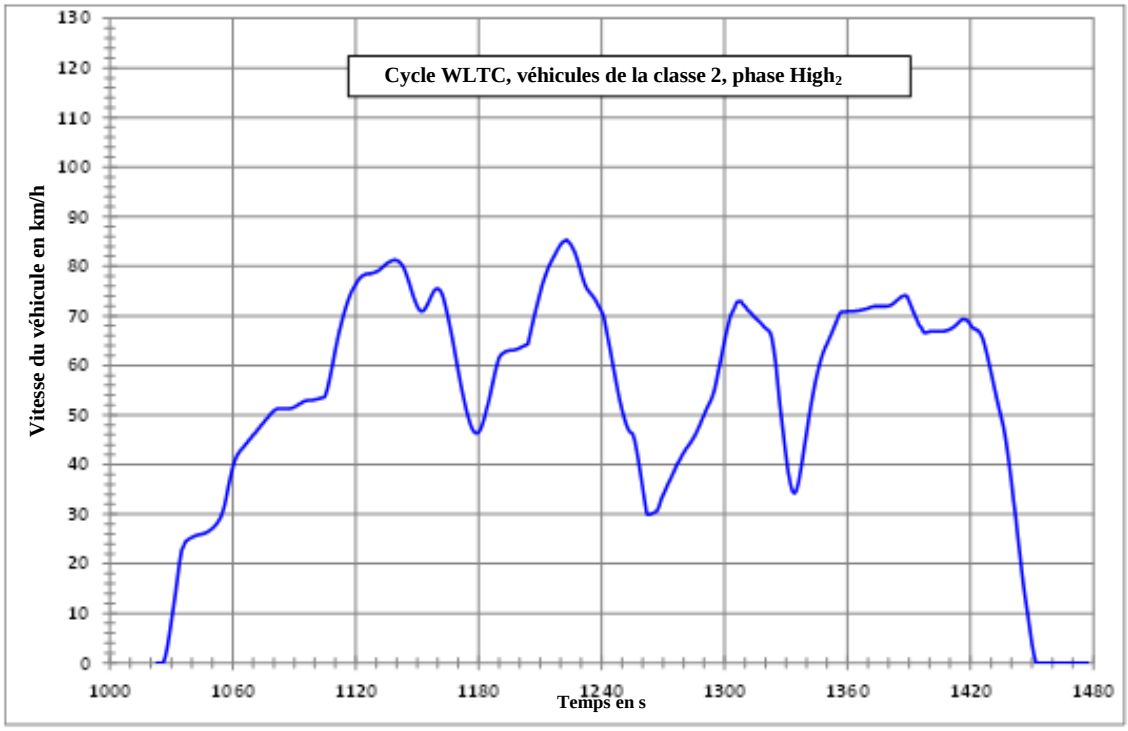


Figure A1/6
Cycle WLTC, véhicules de la classe 2, phase Extra High2

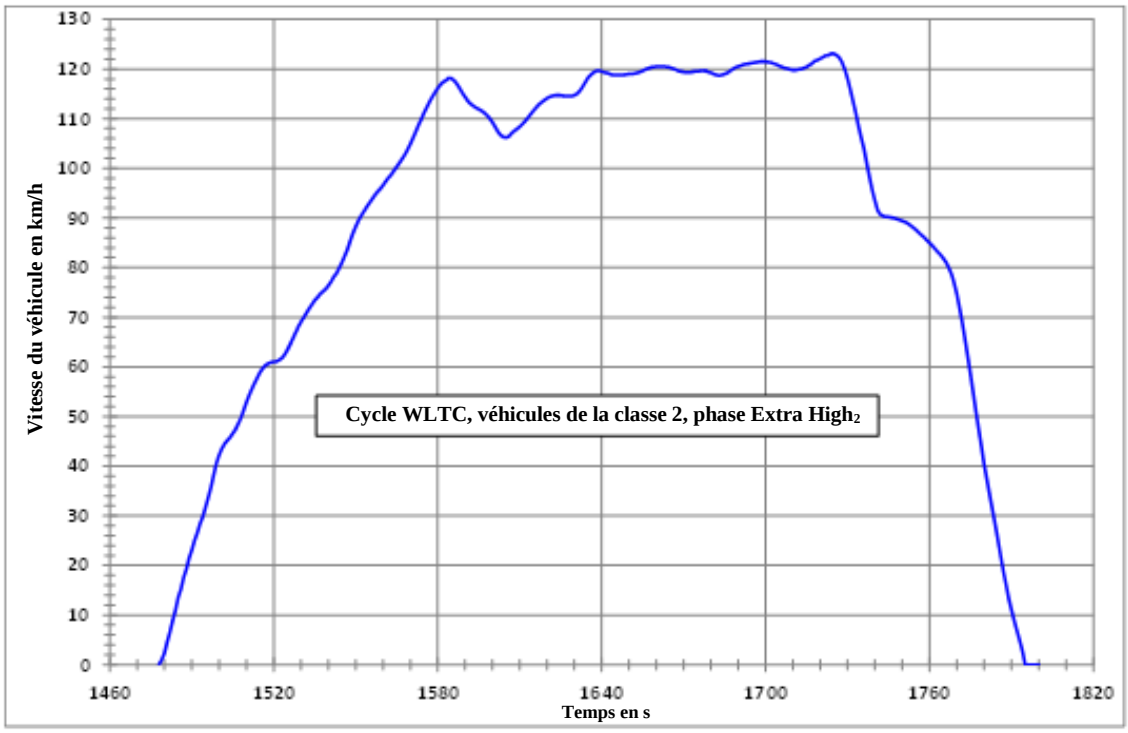


Tableau A1/3
Cycle WLTC, véhicules de la classe 2, phase Low2

Temps en s	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*
0	0,0	47	11,6	94	0,0	141	36,8
1	0,0	48	12,4	95	0,0	142	35,1
2	0,0	49	13,2	96	0,0	143	32,2
3	0,0	50	14,2	97	0,0	144	31,1
4	0,0	51	14,8	98	0,0	145	30,8
5	0,0	52	14,7	99	0,0	146	29,7
6	0,0	53	14,4	100	0,0	147	29,4
7	0,0	54	14,1	101	0,0	148	29,0
8	0,0	55	13,6	102	0,0	149	28,5
9	0,0	56	13,0	103	0,0	150	26,0
10	0,0	57	12,4	104	0,0	151	23,4
11	0,0	58	11,8	105	0,0	152	20,7
12	0,0	59	11,2	106	0,0	153	17,4
13	1,2	60	10,6	107	0,8	154	15,2
14	2,6	61	9,9	108	1,4	155	13,5
15	4,9	62	9,0	109	2,3	156	13,0
16	7,3	63	8,2	110	3,5	157	12,4
17	9,4	64	7,0	111	4,7	158	12,3
18	11,4	65	4,8	112	5,9	159	12,2
19	12,7	66	2,3	113	7,4	160	12,3
20	13,3	67	0,0	114	9,2	161	12,4
21	13,4	68	0,0	115	11,7	162	12,5
22	13,3	69	0,0	116	13,5	163	12,7
23	13,1	70	0,0	117	15,0	164	12,8
24	12,5	71	0,0	118	16,2	165	13,2
25	11,1	72	0,0	119	16,8	166	14,3
26	8,9	73	0,0	120	17,5	167	16,5
27	6,2	74	0,0	121	18,8	168	19,4
28	3,8	75	0,0	122	20,3	169	21,7
29	1,8	76	0,0	123	22,0	170	23,1
30	0,0	77	0,0	124	23,6	171	23,5
31	0,0	78	0,0	125	24,8	172	24,2
32	0,0	79	0,0	126	25,6	173	24,8
33	0,0	80	0,0	127	26,3	174	25,4
34	1,5	81	0,0	128	27,2	175	25,8
35	2,8	82	0,0	129	28,3	176	26,5
36	3,6	83	0,0	130	29,6	177	27,2
37	4,5	84	0,0	131	30,9	178	28,3
38	5,3	85	0,0	132	32,2	179	29,9
39	6,0	86	0,0	133	33,4	180	32,4
40	6,6	87	0,0	134	35,1	181	35,1
41	7,3	88	0,0	135	37,2	182	37,5
42	7,9	89	0,0	136	38,7	183	39,2
43	8,6	90	0,0	137	39,0	184	40,5
44	9,3	91	0,0	138	40,1	185	41,4
45	10,0	92	0,0	139	40,4	186	42,0
46	10,8	93	0,0	140	39,7	187	42,5

Temps en s	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*
188	43,2	237	33,5	286	32,5	335	25,0
189	44,4	238	35,8	287	30,9	336	24,6
190	45,9	239	37,6	288	28,6	337	23,9
191	47,6	240	38,8	289	25,9	338	23,0
192	49,0	241	39,6	290	23,1	339	21,8
193	50,0	242	40,1	291	20,1	340	20,7
194	50,2	243	40,9	292	17,3	341	19,6
195	50,1	244	41,8	293	15,1	342	18,7
196	49,8	245	43,3	294	13,7	343	18,1
197	49,4	246	44,7	295	13,4	344	17,5
198	48,9	247	46,4	296	13,9	345	16,7
199	48,5	248	47,9	297	15,0	346	15,4
200	48,3	249	49,6	298	16,3	347	13,6
201	48,2	250	49,6	299	17,4	348	11,2
202	47,9	251	48,8	300	18,2	349	8,6
203	47,1	252	48,0	301	18,6	350	6,0
204	45,5	253	47,5	302	19,0	351	3,1
205	43,2	254	47,1	303	19,4	352	1,2
206	40,6	255	46,9	304	19,8	353	0,0
207	38,5	256	45,8	305	20,1	354	0,0
208	36,9	257	45,8	306	20,5	355	0,0
209	35,9	258	45,8	307	20,2	356	0,0
210	35,3	259	45,9	308	18,6	357	0,0
211	34,8	260	46,2	309	16,5	358	0,0
212	34,5	261	46,4	310	14,4	359	0,0
213	34,2	262	46,6	311	13,4	360	1,4
214	34,0	263	46,8	312	12,9	361	3,2
215	33,8	264	47,0	313	12,7	362	5,6
216	33,6	265	47,3	314	12,4	363	8,1
217	33,5	266	47,5	315	12,4	364	10,3
218	33,5	267	47,9	316	12,8	365	12,1
219	33,4	268	48,3	317	14,1	366	12,6
220	33,3	269	48,3	318	16,2	367	13,6
221	33,3	270	48,2	319	18,8	368	14,5
222	33,2	271	48,0	320	21,9	369	15,6
223	33,1	272	47,7	321	25,0	370	16,8
224	33,0	273	47,2	322	28,4	371	18,2
225	32,9	274	46,5	323	31,3	372	19,6
226	32,8	275	45,2	324	34,0	373	20,9
227	32,7	276	43,7	325	34,6	374	22,3
228	32,5	277	42,0	326	33,9	375	23,8
229	32,3	278	40,4	327	31,9	376	25,4
230	31,8	279	39,0	328	30,0	377	27,0
231	31,4	280	37,7	329	29,0	378	28,6
232	30,9	281	36,4	330	27,9	379	30,2
233	30,6	282	35,2	331	27,1	380	31,2
234	30,6	283	34,3	332	26,4	381	31,2
235	30,7	284	33,8	333	25,9	382	30,7
236	32,0	285	33,3	334	25,5	383	29,5

Temps en s	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*
384	28,6	433	0,0	482	2,5	531	26,0
385	27,7	434	0,0	483	5,2	532	26,5
386	26,9	435	0,0	484	7,9	533	26,9
387	26,1	436	0,0	485	10,3	534	27,3
388	25,4	437	0,0	486	12,7	535	27,9
389	24,6	438	0,0	487	15,0	536	30,3
390	23,6	439	0,0	488	17,4	537	33,2
391	22,6	440	0,0	489	19,7	538	35,4
392	21,7	441	0,0	490	21,9	539	38,0
393	20,7	442	0,0	491	24,1	540	40,1
394	19,8	443	0,0	492	26,2	541	42,7
395	18,8	444	0,0	493	28,1	542	44,5
396	17,7	445	0,0	494	29,7	543	46,3
397	16,6	446	0,0	495	31,3	544	47,6
398	15,6	447	0,0	496	33,0	545	48,8
399	14,8	448	0,0	497	34,7	546	49,7
400	14,3	449	0,0	498	36,3	547	50,6
401	13,8	450	0,0	499	38,1	548	51,4
402	13,4	451	0,0	500	39,4	549	51,4
403	13,1	452	0,0	501	40,4	550	50,2
404	12,8	453	0,0	502	41,2	551	47,1
405	12,3	454	0,0	503	42,1	552	44,5
406	11,6	455	0,0	504	43,2	553	41,5
407	10,5	456	0,0	505	44,3	554	38,5
408	9,0	457	0,0	506	45,7	555	35,5
409	7,2	458	0,0	507	45,4	556	32,5
410	5,2	459	0,0	508	44,5	557	29,5
411	2,9	460	0,0	509	42,5	558	26,5
412	1,2	461	0,0	510	39,5	559	23,5
413	0,0	462	0,0	511	36,5	560	20,4
414	0,0	463	0,0	512	33,5	561	17,5
415	0,0	464	0,0	513	30,4	562	14,5
416	0,0	465	0,0	514	27,0	563	11,5
417	0,0	466	0,0	515	23,6	564	8,5
418	0,0	467	0,0	516	21,0	565	5,6
419	0,0	468	0,0	517	19,5	566	2,6
420	0,0	469	0,0	518	17,6	567	0,0
421	0,0	470	0,0	519	16,1	568	0,0
422	0,0	471	0,0	520	14,5	569	0,0
423	0,0	472	0,0	521	13,5	570	0,0
424	0,0	473	0,0	522	13,7	571	0,0
425	0,0	474	0,0	523	16,0	572	0,0
426	0,0	475	0,0	524	18,1	573	0,0
427	0,0	476	0,0	525	20,8	574	0,0
428	0,0	477	0,0	526	21,5	575	0,0
429	0,0	478	0,0	527	22,5	576	0,0
430	0,0	479	0,0	528	23,4	577	0,0
431	0,0	480	0,0	529	24,5	578	0,0
432	0,0	481	1,4	530	25,6	579	0,0

Temps en s	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*
580	0,0						
581	0,0						
582	0,0						
583	0,0						
584	0,0						
585	0,0						
586	0,0						
587	0,0						
588	0,0						
589	0,0						

Tableau A1/4
Cycle WLTC, véhicules de la classe 2, phase Medium2

Temps en s	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*
590	0,0	637	38,6	684	59,3	731	55,3
591	0,0	638	39,8	685	60,2	732	55,1
592	0,0	639	40,6	686	61,3	733	54,8
593	0,0	640	41,1	687	62,4	734	54,6
594	0,0	641	41,9	688	63,4	735	54,5
595	0,0	642	42,8	689	64,4	736	54,3
596	0,0	643	44,3	690	65,4	737	53,9
597	0,0	644	45,7	691	66,3	738	53,4
598	0,0	645	47,4	692	67,2	739	52,6
599	0,0	646	48,9	693	68,0	740	51,5
600	0,0	647	50,6	694	68,8	741	50,2
601	1,6	648	52,0	695	69,5	742	48,7
602	3,6	649	53,7	696	70,1	743	47,0
603	6,3	650	55,0	697	70,6	744	45,1
604	9,0	651	56,8	698	71,0	745	43,0
605	11,8	652	58,0	699	71,6	746	40,6
606	14,2	653	59,8	700	72,2	747	38,1
607	16,6	654	61,1	701	72,8	748	35,4
608	18,5	655	62,4	702	73,5	749	32,7
609	20,8	656	63,0	703	74,1	750	30,0
610	23,4	657	63,5	704	74,3	751	27,5
611	26,9	658	63,0	705	74,3	752	25,3
612	30,3	659	62,0	706	73,7	753	23,4
613	32,8	660	60,4	707	71,9	754	22,0
614	34,1	661	58,6	708	70,5	755	20,8
615	34,2	662	56,7	709	68,9	756	19,8
616	33,6	663	55,0	710	67,4	757	18,9
617	32,1	664	53,7	711	66,0	758	18,0
618	30,0	665	52,7	712	64,7	759	17,0
619	27,5	666	51,9	713	63,7	760	16,1
620	25,1	667	51,4	714	62,9	761	15,5
621	22,8	668	51,0	715	62,2	762	14,4
622	20,5	669	50,7	716	61,7	763	14,9
623	17,9	670	50,6	717	61,2	764	15,9
624	15,1	671	50,8	718	60,7	765	17,1
625	13,4	672	51,2	719	60,3	766	18,3
626	12,8	673	51,7	720	59,9	767	19,4
627	13,7	674	52,3	721	59,6	768	20,4
628	16,0	675	53,1	722	59,3	769	21,2
629	18,1	676	53,8	723	59,0	770	21,9
630	20,8	677	54,5	724	58,6	771	22,7
631	23,7	678	55,1	725	58,0	772	23,4
632	26,5	679	55,9	726	57,5	773	24,2
633	29,3	680	56,5	727	56,9	774	24,3
634	32,0	681	57,1	728	56,3	775	24,2
635	34,5	682	57,8	729	55,9	776	24,1
636	36,8	683	58,5	730	55,6	777	23,8

Temps en s	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*
778	23,0	827	59,9	876	46,9	925	49,0
779	22,6	828	60,7	877	47,1	926	48,5
780	21,7	829	61,4	878	47,5	927	48,0
781	21,3	830	62,0	879	47,8	928	47,5
782	20,3	831	62,5	880	48,3	929	47,0
783	19,1	832	62,9	881	48,8	930	46,9
784	18,1	833	63,2	882	49,5	931	46,8
785	16,9	834	63,4	883	50,2	932	46,8
786	16,0	835	63,7	884	50,8	933	46,8
787	14,8	836	64,0	885	51,4	934	46,9
788	14,5	837	64,4	886	51,8	935	46,9
789	13,7	838	64,9	887	51,9	936	46,9
790	13,5	839	65,5	888	51,7	937	46,9
791	12,9	840	66,2	889	51,2	938	46,9
792	12,7	841	67,0	890	50,4	939	46,8
793	12,5	842	67,8	891	49,2	940	46,6
794	12,5	843	68,6	892	47,7	941	46,4
795	12,6	844	69,4	893	46,3	942	46,0
796	13,0	845	70,1	894	45,1	943	45,5
797	13,6	846	70,9	895	44,2	944	45,0
798	14,6	847	71,7	896	43,7	945	44,5
799	15,7	848	72,5	897	43,4	946	44,2
800	17,1	849	73,2	898	43,1	947	43,9
801	18,7	850	73,8	899	42,5	948	43,7
802	20,2	851	74,4	900	41,8	949	43,6
803	21,9	852	74,7	901	41,1	950	43,6
804	23,6	853	74,7	902	40,3	951	43,5
805	25,4	854	74,6	903	39,7	952	43,5
806	27,1	855	74,2	904	39,3	953	43,4
807	28,9	856	73,5	905	39,2	954	43,3
808	30,4	857	72,6	906	39,3	955	43,1
809	32,0	858	71,8	907	39,6	956	42,9
810	33,4	859	71,0	908	40,0	957	42,7
811	35,0	860	70,1	909	40,7	958	42,5
812	36,4	861	69,4	910	41,4	959	42,4
813	38,1	862	68,9	911	42,2	960	42,2
814	39,7	863	68,4	912	43,1	961	42,1
815	41,6	864	67,9	913	44,1	962	42,0
816	43,3	865	67,1	914	44,9	963	41,8
817	45,1	866	65,8	915	45,6	964	41,7
818	46,9	867	63,9	916	46,4	965	41,5
819	48,7	868	61,4	917	47,0	966	41,3
820	50,5	869	58,4	918	47,8	967	41,1
821	52,4	870	55,4	919	48,3	968	40,8
822	54,1	871	52,4	920	48,9	969	40,3
823	55,7	872	50,0	921	49,4	970	39,6
824	56,8	873	48,3	922	49,8	971	38,5
825	57,9	874	47,3	923	49,6	972	37,0
826	59,0	875	46,8	924	49,3	973	35,1

Temps en s	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*
974	33,0						
975	30,6						
976	27,9						
977	25,1						
978	22,0						
979	18,8						
980	15,5						
981	12,3						
982	8,8						
983	6,0						
984	3,6						
985	1,6						
986	0,0						
987	0,0						
988	0,0						
989	0,0						
990	0,0						
991	0,0						
992	0,0						
993	0,0						
994	0,0						
995	0,0						
996	0,0						
997	0,0						
998	0,0						
999	0,0						
1 000	0,0						
1 001	0,0						
1 002	0,0						
1 003	0,0						
1 004	0,0						
1 005	0,0						
1 006	0,0						
1 007	0,0						
1 008	0,0						
1 009	0,0						
1 010	0,0						
1 011	0,0						
1 012	0,0						
1 013	0,0						
1 014	0,0						
1 015	0,0						
1 016	0,0						
1 017	0,0						
1 018	0,0						
1 019	0,0						
1 020	0,0						
1 021	0,0						
1 022	0,0						

Tableau A1/5
Cycle WLTC, véhicules de la classe 2, phase High2

Temps en s	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*
1 023	0	1 070	46,0	1 117	73,9	1 164	71,7
1 024	0	1 071	46,4	1 118	74,9	1 165	69,9
1 025	0	1 072	47,0	1 119	75,7	1 166	67,9
1 026	0	1 073	47,4	1 120	76,4	1 167	65,7
1 027	1,1	1 074	48,0	1 121	77,1	1 168	63,5
1 028	3,0	1 075	48,4	1 122	77,6	1 169	61,2
1 029	5,7	1 076	49,0	1 123	78,0	1 170	59,0
1 030	8,4	1 077	49,4	1 124	78,2	1 171	56,8
1 031	11,1	1 078	50,0	1 125	78,4	1 172	54,7
1 032	14,0	1 079	50,4	1 126	78,5	1 173	52,7
1 033	17,0	1 080	50,8	1 127	78,5	1 174	50,9
1 034	20,1	1 081	51,1	1 128	78,6	1 175	49,4
1 035	22,7	1 082	51,3	1 129	78,7	1 176	48,1
1 036	23,6	1 083	51,3	1 130	78,9	1 177	47,1
1 037	24,5	1 084	51,3	1 131	79,1	1 178	46,5
1 038	24,8	1 085	51,3	1 132	79,4	1 179	46,3
1 039	25,1	1 086	51,3	1 133	79,8	1 180	46,5
1 040	25,3	1 087	51,3	1 134	80,1	1 181	47,2
1 041	25,5	1 088	51,3	1 135	80,5	1 182	48,3
1 042	25,7	1 089	51,4	1 136	80,8	1 183	49,7
1 043	25,8	1 090	51,6	1 137	81,0	1 184	51,3
1 044	25,9	1 091	51,8	1 138	81,2	1 185	53,0
1 045	26,0	1 092	52,1	1 139	81,3	1 186	54,9
1 046	26,1	1 093	52,3	1 140	81,2	1 187	56,7
1 047	26,3	1 094	52,6	1 141	81,0	1 188	58,6
1 048	26,5	1 095	52,8	1 142	80,6	1 189	60,2
1 049	26,8	1 096	52,9	1 143	80,0	1 190	61,6
1 050	27,1	1 097	53,0	1 144	79,1	1 191	62,2
1 051	27,5	1 098	53,0	1 145	78,0	1 192	62,5
1 052	28,0	1 099	53,0	1 146	76,8	1 193	62,8
1 053	28,6	1 100	53,1	1 147	75,5	1 194	62,9
1 054	29,3	1 101	53,2	1 148	74,1	1 195	63,0
1 055	30,4	1 102	53,3	1 149	72,9	1 196	63,0
1 056	31,8	1 103	53,4	1 150	71,9	1 197	63,1
1 057	33,7	1 104	53,5	1 151	71,2	1 198	63,2
1 058	35,8	1 105	53,7	1 152	70,9	1 199	63,3
1 059	37,8	1 106	55,0	1 153	71,0	1 200	63,5
1 060	39,5	1 107	56,8	1 154	71,5	1 201	63,7
1 061	40,8	1 108	58,8	1 155	72,3	1 202	63,9
1 062	41,8	1 109	60,9	1 156	73,2	1 203	64,1
1 063	42,4	1 110	63,0	1 157	74,1	1 204	64,3
1 064	43,0	1 111	65,0	1 158	74,9	1 205	66,1
1 065	43,4	1 112	66,9	1 159	75,4	1 206	67,9
1 066	44,0	1 113	68,6	1 160	75,5	1 207	69,7
1 067	44,4	1 114	70,1	1 161	75,2	1 208	71,4
1 068	45,0	1 115	71,5	1 162	74,5	1 209	73,1
1 069	45,4	1 116	72,8	1 163	73,3	1 210	74,7
1 211	76,2	1 260	35,4	1 309	72,3	1 358	70,8
1 212	77,5	1 261	32,7	1 310	71,9	1 359	70,8
1 213	78,6	1 262	30,0	1 311	71,3	1 360	70,9

Temps en s	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*
1 214	79,7	1 263	29,9	1 312	70,9	1 361	70,9
1 215	80,6	1 264	30,0	1 313	70,5	1 362	70,9
1 216	81,5	1 265	30,2	1 314	70,0	1 363	70,9
1 217	82,2	1 266	30,4	1 315	69,6	1 364	71,0
1 218	83,0	1 267	30,6	1 316	69,2	1 365	71,0
1 219	83,7	1 268	31,6	1 317	68,8	1 366	71,1
1 220	84,4	1 269	33,0	1 318	68,4	1 367	71,2
1 221	84,9	1 270	33,9	1 319	67,9	1 368	71,3
1 222	85,1	1 271	34,8	1 320	67,5	1 369	71,4
1 223	85,2	1 272	35,7	1 321	67,2	1 370	71,5
1 224	84,9	1 273	36,6	1 322	66,8	1 371	71,7
1 225	84,4	1 274	37,5	1 323	65,6	1 372	71,8
1 226	83,6	1 275	38,4	1 324	63,3	1 373	71,9
1 227	82,7	1 276	39,3	1 325	60,2	1 374	71,9
1 228	81,5	1 277	40,2	1 326	56,2	1 375	71,9
1 229	80,1	1 278	40,8	1 327	52,2	1 376	71,9
1 230	78,7	1 279	41,7	1 328	48,4	1 377	71,9
1 231	77,4	1 280	42,4	1 329	45,0	1 378	71,9
1 232	76,2	1 281	43,1	1 330	41,6	1 379	71,9
1 233	75,4	1 282	43,6	1 331	38,6	1 380	72,0
1 234	74,8	1 283	44,2	1 332	36,4	1 381	72,1
1 235	74,3	1 284	44,8	1 333	34,8	1 382	72,4
1 236	73,8	1 285	45,5	1 334	34,2	1 383	72,7
1 237	73,2	1 286	46,3	1 335	34,7	1 384	73,1
1 238	72,4	1 287	47,2	1 336	36,3	1 385	73,4
1 239	71,6	1 288	48,1	1 337	38,5	1 386	73,8
1 240	70,8	1 289	49,1	1 338	41,0	1 387	74,0
1 241	69,9	1 290	50,0	1 339	43,7	1 388	74,1
1 242	67,9	1 291	51,0	1 340	46,5	1 389	74,0
1 243	65,7	1 292	51,9	1 341	49,1	1 390	73,0
1 244	63,5	1 293	52,7	1 342	51,6	1 391	72,0
1 245	61,2	1 294	53,7	1 343	53,9	1 392	71,0
1 246	59,0	1 295	55,0	1 344	56,0	1 393	70,0
1 247	56,8	1 296	56,8	1 345	57,9	1 394	69,0
1 248	54,7	1 297	58,8	1 346	59,7	1 395	68,0
1 249	52,7	1 298	60,9	1 347	61,2	1 396	67,7
1 250	50,9	1 299	63,0	1 348	62,5	1 397	66,7
1 251	49,4	1 300	65,0	1 349	63,5	1 398	66,6
1 252	48,1	1 301	66,9	1 350	64,3	1 399	66,7
1 253	47,1	1 302	68,6	1 351	65,3	1 400	66,8
1 254	46,5	1 303	70,1	1 352	66,3	1 401	66,9
1 255	46,3	1 304	71,0	1 353	67,3	1 402	66,9
1 256	45,1	1 305	71,8	1 354	68,3	1 403	66,9
1 257	43,0	1 306	72,8	1 355	69,3	1 404	66,9
1 258	40,6	1 307	72,9	1 356	70,3	1 405	66,9
1 259	38,1	1 308	73,0	1 357	70,8	1 406	66,9
1 407	66,9	1 456	0,0				
1 408	67,0	1 457	0,0				
1 409	67,1	1 458	0,0				

Temps en s	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*
1 410	67,3	1 459	0,0				
1 411	67,5	1 460	0,0				
1 412	67,8	1 461	0,0				
1 413	68,2	1 462	0,0				
1 414	68,6	1 463	0,0				
1 415	69,0	1 464	0,0				
1 416	69,3	1 465	0,0				
1 417	69,3	1 466	0,0				
1 418	69,2	1 467	0,0				
1 419	68,8	1 468	0,0				
1 420	68,2	1 469	0,0				
1 421	67,6	1 470	0,0				
1 422	67,4	1 471	0,0				
1 423	67,2	1 472	0,0				
1 424	66,9	1 473	0,0				
1 425	66,3	1 474	0,0				
1 426	65,4	1 475	0,0				
1 427	64,0	1 476	0,0				
1 428	62,4	1 477	0,0				
1 429	60,6						
1 430	58,6						
1 431	56,7						
1 432	54,8						
1 433	53,0						
1 434	51,3						
1 435	49,6						
1 436	47,8						
1 437	45,5						
1 438	42,8						
1 439	39,8						
1 440	36,5						
1 441	33,0						
1 442	29,5						
1 443	25,8						
1 444	22,1						
1 445	18,6						
1 446	15,3						
1 447	12,4						
1 448	9,6						
1 449	6,6						
1 450	3,8						
1 451	1,6						
1 452	0,0						
1 453	0,0						
1 454	0,0						
1 455	0,0						

Tableau A1/6
Cycle WLTC, véhicules de la classe 2, phase Extra High2

Temps en s	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*
1 478	0,0	1 525	63,4	1 572	107,4	1 619	113,7
1 479	1,1	1 526	64,5	1 573	108,7	1 620	114,1
1 480	2,3	1 527	65,7	1 574	109,9	1 621	114,4
1 481	4,6	1 528	66,9	1 575	111,2	1 622	114,6
1 482	6,5	1 529	68,1	1 576	112,3	1 623	114,7
1 483	8,9	1 530	69,1	1 577	113,4	1 624	114,7
1 484	10,9	1 531	70,0	1 578	114,4	1 625	114,7
1 485	13,5	1 532	70,9	1 579	115,3	1 626	114,6
1 486	15,2	1 533	71,8	1 580	116,1	1 627	114,5
1 487	17,6	1 534	72,6	1 581	116,8	1 628	114,5
1 488	19,3	1 535	73,4	1 582	117,4	1 629	114,5
1 489	21,4	1 536	74,0	1 583	117,7	1 630	114,7
1 490	23,0	1 537	74,7	1 584	118,2	1 631	115,0
1 491	25,0	1 538	75,2	1 585	118,1	1 632	115,6
1 492	26,5	1 539	75,7	1 586	117,7	1 633	116,4
1 493	28,4	1 540	76,4	1 587	117,0	1 634	117,3
1 494	29,8	1 541	77,2	1 588	116,1	1 635	118,2
1 495	31,7	1 542	78,2	1 589	115,2	1 636	118,8
1 496	33,7	1 543	78,9	1 590	114,4	1 637	119,3
1 497	35,8	1 544	79,9	1 591	113,6	1 638	119,6
1 498	38,1	1 545	81,1	1 592	113,0	1 639	119,7
1 499	40,5	1 546	82,4	1 593	112,6	1 640	119,5
1 500	42,2	1 547	83,7	1 594	112,2	1 641	119,3
1 501	43,5	1 548	85,4	1 595	111,9	1 642	119,2
1 502	44,5	1 549	87,0	1 596	111,6	1 643	119,0
1 503	45,2	1 550	88,3	1 597	111,2	1 644	118,8
1 504	45,8	1 551	89,5	1 598	110,7	1 645	118,8
1 505	46,6	1 552	90,5	1 599	110,1	1 646	118,8
1 506	47,4	1 553	91,3	1 600	109,3	1 647	118,8
1 507	48,5	1 554	92,2	1 601	108,4	1 648	118,8
1 508	49,7	1 555	93,0	1 602	107,4	1 649	118,9
1 509	51,3	1 556	93,8	1 603	106,7	1 650	119,0
1 510	52,9	1 557	94,6	1 604	106,3	1 651	119,0
1 511	54,3	1 558	95,3	1 605	106,2	1 652	119,1
1 512	55,6	1 559	95,9	1 606	106,4	1 653	119,2
1 513	56,8	1 560	96,6	1 607	107,0	1 654	119,4
1 514	57,9	1 561	97,4	1 608	107,5	1 655	119,6
1 515	58,9	1 562	98,1	1 609	107,9	1 656	119,9
1 516	59,7	1 563	98,7	1 610	108,4	1 657	120,1
1 517	60,3	1 564	99,5	1 611	108,9	1 658	120,3
1 518	60,7	1 565	100,3	1 612	109,5	1 659	120,4
1 519	60,9	1 566	101,1	1 613	110,2	1 660	120,5
1 520	61,0	1 567	101,9	1 614	110,9	1 661	120,5
1 521	61,1	1 568	102,8	1 615	111,6	1 662	120,5
1 522	61,4	1 569	103,8	1 616	112,2	1 663	120,5
1 523	61,8	1 570	105,0	1 617	112,8	1 664	120,4
1 524	62,5	1 571	106,1	1 618	113,3	1 665	120,3
1 666	120,1	1 715	120,4	1 764	82,6		
1 667	119,9	1 716	120,8	1 765	81,9		
1 668	119,6	1 717	121,1	1 766	81,1		

Temps en s	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*
1 669	119,5	1 718	121,6	1 767	80,0		
1 670	119,4	1 719	121,8	1 768	78,7		
1 671	119,3	1 720	122,1	1 769	76,9		
1 672	119,3	1 721	122,4	1 770	74,6		
1 673	119,4	1 722	122,7	1 771	72,0		
1 674	119,5	1 723	122,8	1 772	69,0		
1 675	119,5	1 724	123,1	1 773	65,6		
1 676	119,6	1 725	123,1	1 774	62,1		
1 677	119,6	1 726	122,8	1 775	58,5		
1 678	119,6	1 727	122,3	1 776	54,7		
1 679	119,4	1 728	121,3	1 777	50,9		
1 680	119,3	1 729	119,9	1 778	47,3		
1 681	119,0	1 730	118,1	1 779	43,8		
1 682	118,8	1 731	115,9	1 780	40,4		
1 683	118,7	1 732	113,5	1 781	37,4		
1 684	118,8	1 733	111,1	1 782	34,3		
1 685	119,0	1 734	108,6	1 783	31,3		
1 686	119,2	1 735	106,2	1 784	28,3		
1 687	119,6	1 736	104,0	1 785	25,2		
1 688	120,0	1 737	101,1	1 786	22,0		
1 689	120,3	1 738	98,3	1 787	18,9		
1 690	120,5	1 739	95,7	1 788	16,1		
1 691	120,7	1 740	93,5	1 789	13,4		
1 692	120,9	1 741	91,5	1 790	11,1		
1 693	121,0	1 742	90,7	1 791	8,9		
1 694	121,1	1 743	90,4	1 792	6,9		
1 695	121,2	1 744	90,2	1 793	4,9		
1 696	121,3	1 745	90,2	1 794	2,8		
1 697	121,4	1 746	90,1	1 795	0,0		
1 698	121,5	1 747	90,0	1 796	0,0		
1 699	121,5	1 748	89,8	1 797	0,0		
1 700	121,5	1 749	89,6	1 798	0,0		
1 701	121,4	1 750	89,4	1 799	0,0		
1 702	121,3	1 751	89,2	1 800	0,0		
1 703	121,1	1 752	88,9				
1 704	120,9	1 753	88,5				
1 705	120,6	1 754	88,1				
1 706	120,4	1 755	87,6				
1 707	120,2	1 756	87,1				
1 708	120,1	1 757	86,6				
1 709	119,9	1 758	86,1				
1 710	119,8	1 759	85,5				
1 711	119,8	1 760	85,0				
1 712	119,9	1 761	84,4				
1 713	120,0	1 762	83,8				
1 714	120,2	1 763	83,2				

6. Cycle WLTC pour les véhicules de la classe 3

Figure A1/7
Cycle WLTC, véhicules de la classe 3, phase Low3

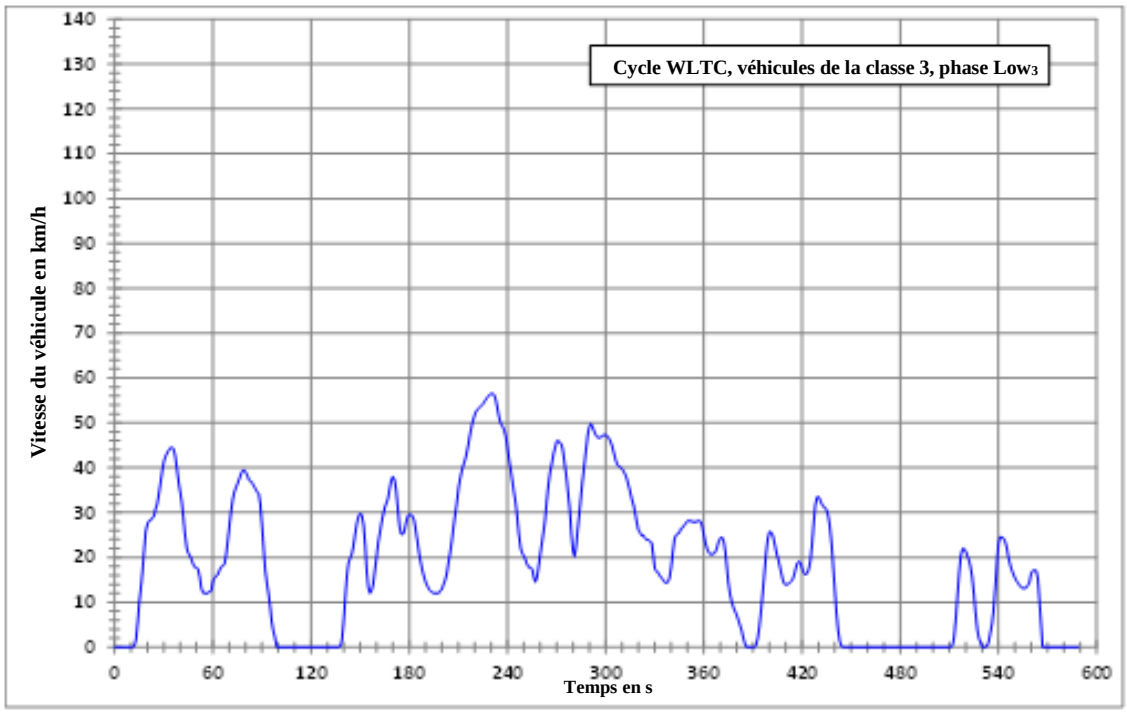


Figure A1/8
Cycle WLTC, véhicules de la classe 3a, phase Medium3a

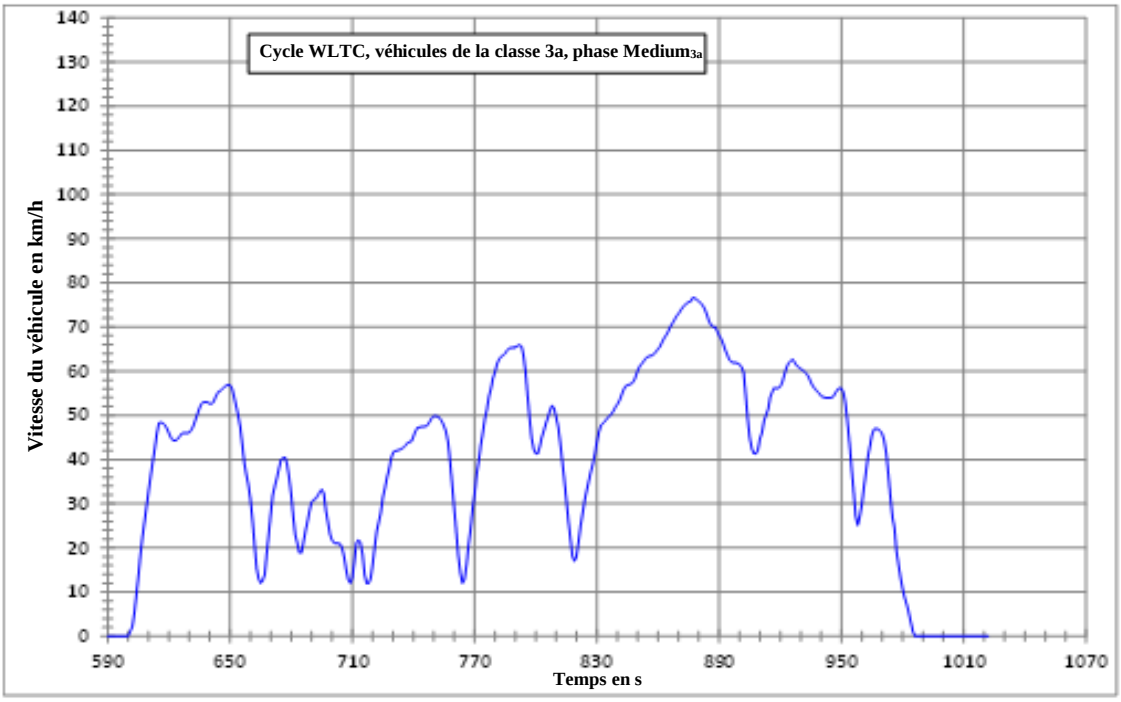


Figure A1/9
Cycle WLTC, véhicules de la classe 3b, phase Medium$_{3b}$

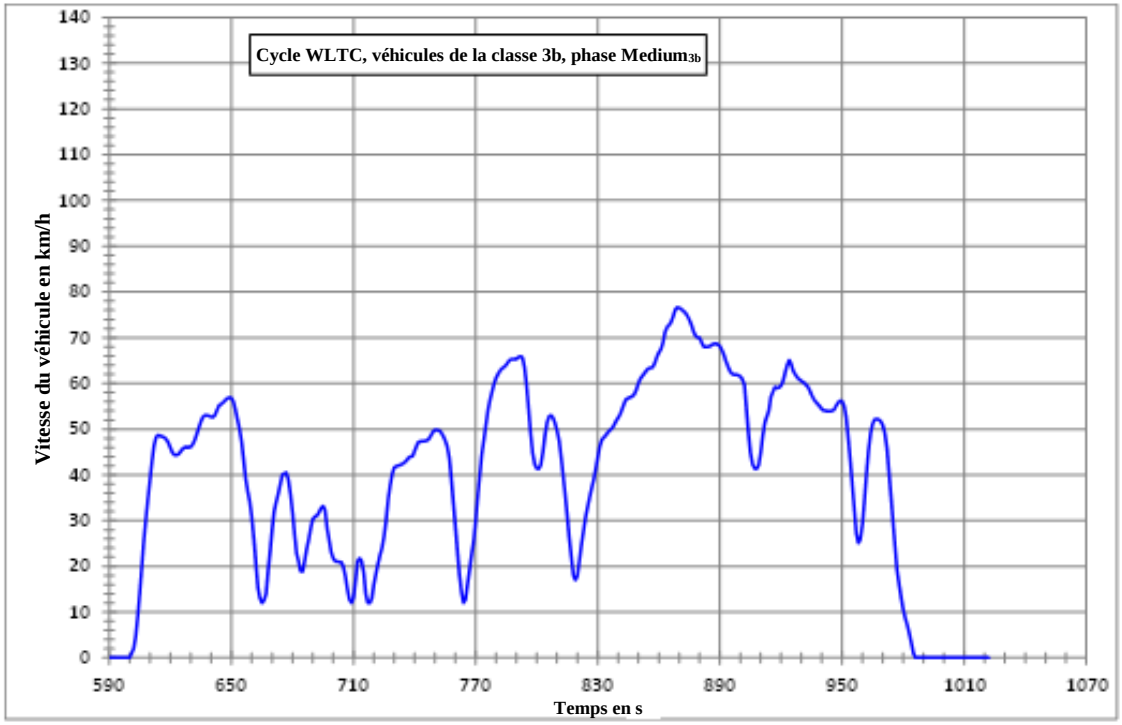


Figure A1/10
Cycle WLTC, véhicules de la classe 3a, phase High$_{3a}$

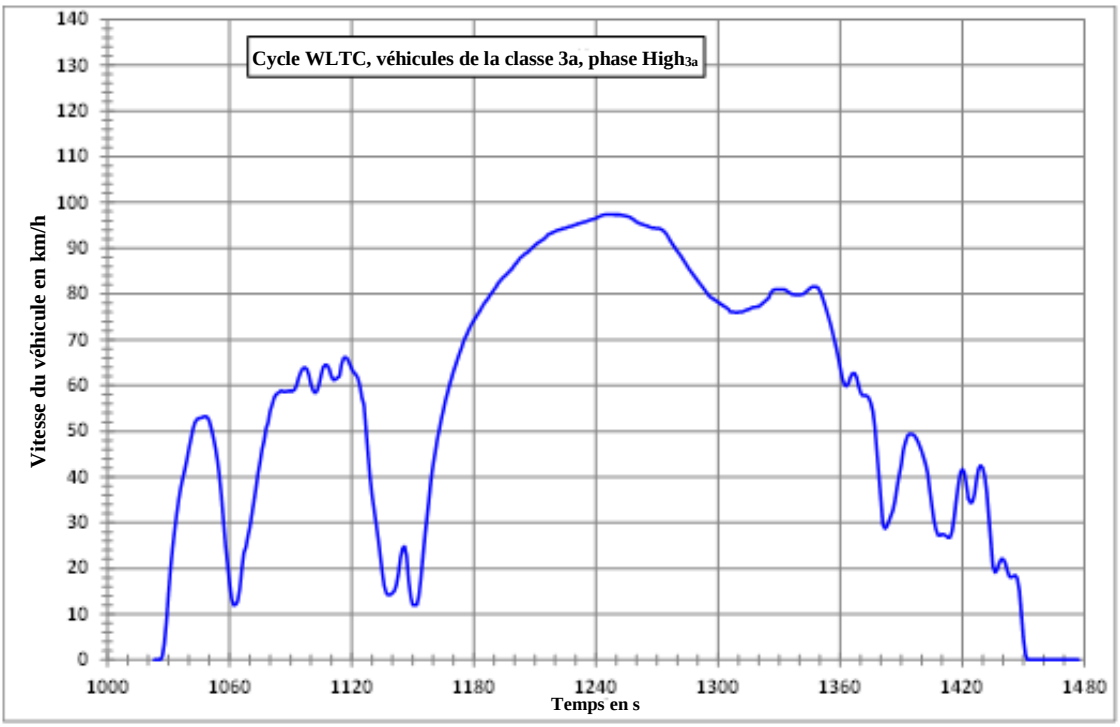


Figure A1/11
Cycle WLTC, véhicules de la classe 3b, phase High$_{3b}$

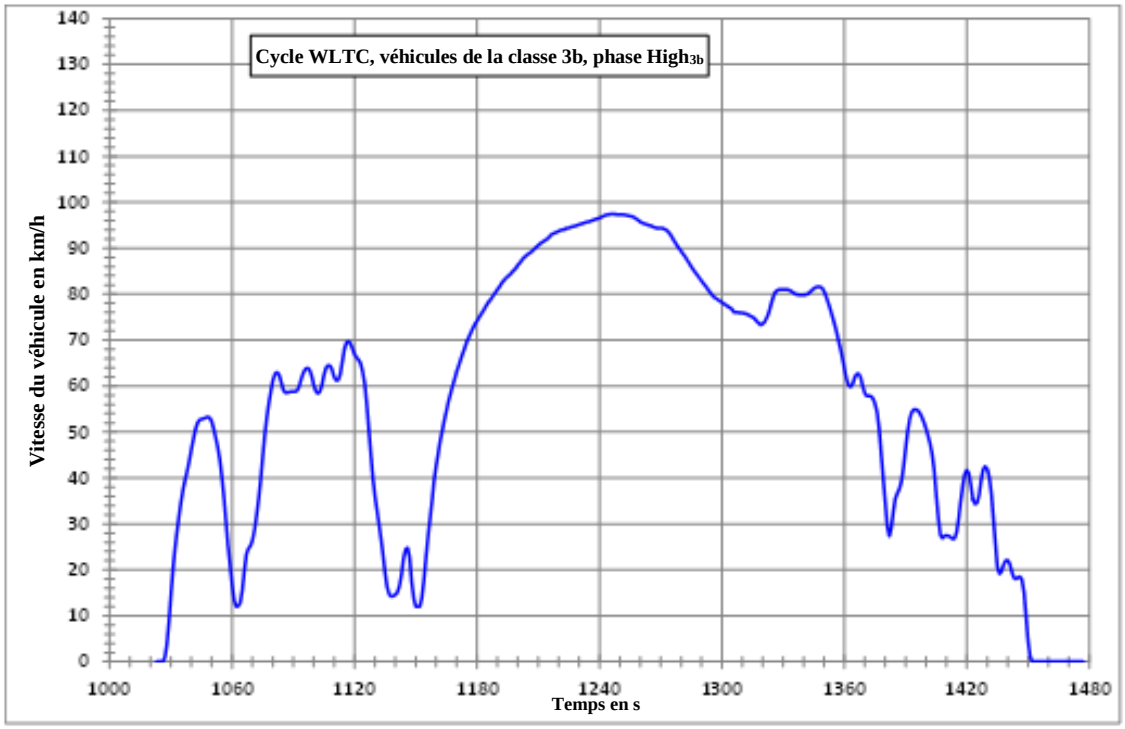


Figure A1/12
Cycle WLTC, véhicules de la classe 3, phase Extra High$_{3}$

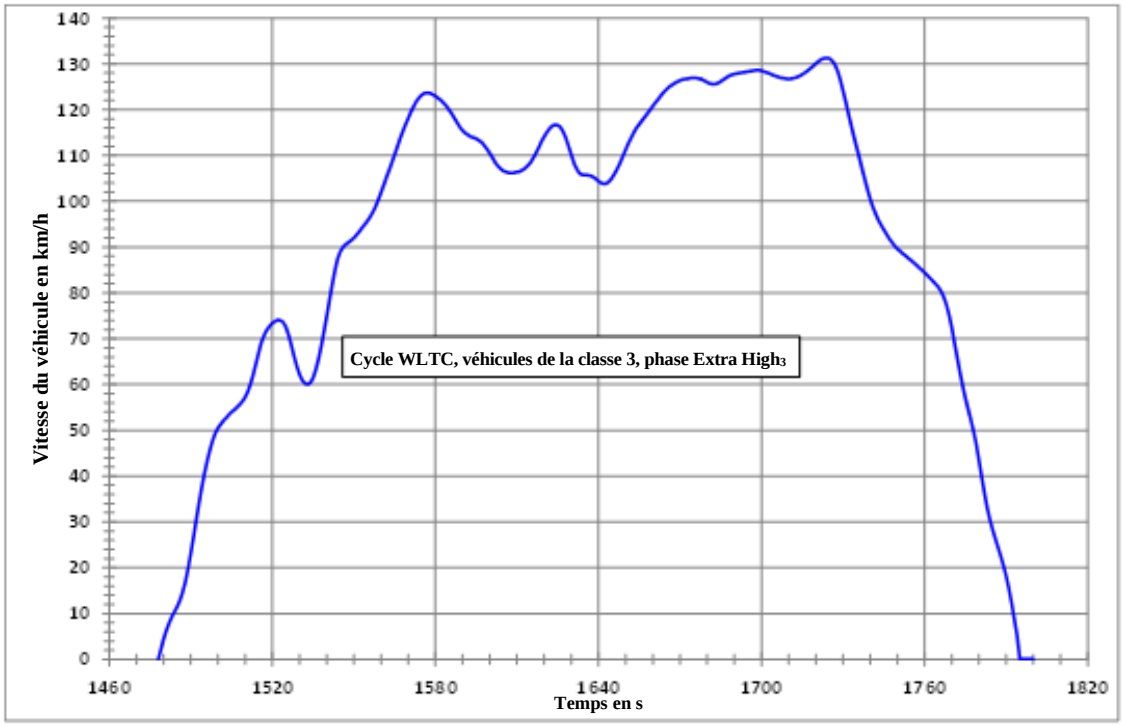


Tableau A1/7
Cycle WLTC, véhicules de la classe 3, phase Low3

Temps en s	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*
0	0,0	47	19,5	94	12,0	141	11,7
1	0,0	48	18,4	95	9,1	142	16,4
2	0,0	49	17,8	96	5,8	143	18,9
3	0,0	50	17,8	97	3,6	144	19,9
4	0,0	51	17,4	98	2,2	145	20,8
5	0,0	52	15,7	99	0,0	146	22,8
6	0,0	53	13,1	100	0,0	147	25,4
7	0,0	54	12,1	101	0,0	148	27,7
8	0,0	55	12,0	102	0,0	149	29,2
9	0,0	56	12,0	103	0,0	150	29,8
10	0,0	57	12,0	104	0,0	151	29,4
11	0,0	58	12,3	105	0,0	152	27,2
12	0,2	59	12,6	106	0,0	153	22,6
13	1,7	60	14,7	107	0,0	154	17,3
14	5,4	61	15,3	108	0,0	155	13,3
15	9,9	62	15,9	109	0,0	156	12,0
16	13,1	63	16,2	110	0,0	157	12,6
17	16,9	64	17,1	111	0,0	158	14,1
18	21,7	65	17,8	112	0,0	159	17,2
19	26,0	66	18,1	113	0,0	160	20,1
20	27,5	67	18,4	114	0,0	161	23,4
21	28,1	68	20,3	115	0,0	162	25,5
22	28,3	69	23,2	116	0,0	163	27,6
23	28,8	70	26,5	117	0,0	164	29,5
24	29,1	71	29,8	118	0,0	165	31,1
25	30,8	72	32,6	119	0,0	166	32,1
26	31,9	73	34,4	120	0,0	167	33,2
27	34,1	74	35,5	121	0,0	168	35,2
28	36,6	75	36,4	122	0,0	169	37,2
29	39,1	76	37,4	123	0,0	170	38,0
30	41,3	77	38,5	124	0,0	171	37,4
31	42,5	78	39,3	125	0,0	172	35,1
32	43,3	79	39,5	126	0,0	173	31,0
33	43,9	80	39,0	127	0,0	174	27,1
34	44,4	81	38,5	128	0,0	175	25,3
35	44,5	82	37,3	129	0,0	176	25,1
36	44,2	83	37,0	130	0,0	177	25,9
37	42,7	84	36,7	131	0,0	178	27,8
38	39,9	85	35,9	132	0,0	179	29,2
39	37,0	86	35,3	133	0,0	180	29,6
40	34,6	87	34,6	134	0,0	181	29,5
41	32,3	88	34,2	135	0,0	182	29,2
42	29,0	89	31,9	136	0,0	183	28,3
43	25,1	90	27,3	137	0,0	184	26,1
44	22,2	91	22,0	138	0,2	185	23,6
45	20,9	92	17,0	139	1,9	186	21,0
46	20,4	93	14,2	140	6,1	187	18,9

Temps en s	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*
188	17,1	237	49,2	286	37,4	335	15,0
189	15,7	238	48,4	287	40,7	336	14,5
190	14,5	239	46,9	288	44,0	337	14,3
191	13,7	240	44,3	289	47,3	338	14,5
192	12,9	241	41,5	290	49,2	339	15,4
193	12,5	242	39,5	291	49,8	340	17,8
194	12,2	243	37,0	292	49,2	341	21,1
195	12,0	244	34,6	293	48,1	342	24,1
196	12,0	245	32,3	294	47,3	343	25,0
197	12,0	246	29,0	295	46,8	344	25,3
198	12,0	247	25,1	296	46,7	345	25,5
199	12,5	248	22,2	297	46,8	346	26,4
200	13,0	249	20,9	298	47,1	347	26,6
201	14,0	250	20,4	299	47,3	348	27,1
202	15,0	251	19,5	300	47,3	349	27,7
203	16,5	252	18,4	301	47,1	350	28,1
204	19,0	253	17,8	302	46,6	351	28,2
205	21,2	254	17,8	303	45,8	352	28,1
206	23,8	255	17,4	304	44,8	353	28,0
207	26,9	256	15,7	305	43,3	354	27,9
208	29,6	257	14,5	306	41,8	355	27,9
209	32,0	258	15,4	307	40,8	356	28,1
210	35,2	259	17,9	308	40,3	357	28,2
211	37,5	260	20,6	309	40,1	358	28,0
212	39,2	261	23,2	310	39,7	359	26,9
213	40,5	262	25,7	311	39,2	360	25,0
214	41,6	263	28,7	312	38,5	361	23,2
215	43,1	264	32,5	313	37,4	362	21,9
216	45,0	265	36,1	314	36,0	363	21,1
217	47,1	266	39,0	315	34,4	364	20,7
218	49,0	267	40,8	316	33,0	365	20,7
219	50,6	268	42,9	317	31,7	366	20,8
220	51,8	269	44,4	318	30,0	367	21,2
221	52,7	270	45,9	319	28,0	368	22,1
222	53,1	271	46,0	320	26,1	369	23,5
223	53,5	272	45,6	321	25,6	370	24,3
224	53,8	273	45,3	322	24,9	371	24,5
225	54,2	274	43,7	323	24,9	372	23,8
226	54,8	275	40,8	324	24,3	373	21,3
227	55,3	276	38,0	325	23,9	374	17,7
228	55,8	277	34,4	326	23,9	375	14,4
229	56,2	278	30,9	327	23,6	376	11,9
230	56,5	279	25,5	328	23,3	377	10,2
231	56,5	280	21,4	329	20,5	378	8,9
232	56,2	281	20,2	330	17,5	379	8,0
233	54,9	282	22,9	331	16,9	380	7,2
234	52,9	283	26,6	332	16,7	381	6,1
235	51,0	284	30,2	333	15,9	382	4,9
236	49,8	285	34,1	334	15,6	383	3,7

Temps en s	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*
384	2,3	433	31,3	482	0,0	531	0,0
385	0,9	434	31,1	483	0,0	532	0,0
386	0,0	435	30,6	484	0,0	533	0,2
387	0,0	436	29,2	485	0,0	534	1,2
388	0,0	437	26,7	486	0,0	535	3,2
389	0,0	438	23,0	487	0,0	536	5,2
390	0,0	439	18,2	488	0,0	537	8,2
391	0,0	440	12,9	489	0,0	538	13,0
392	0,5	441	7,7	490	0,0	539	18,8
393	2,1	442	3,8	491	0,0	540	23,1
394	4,8	443	1,3	492	0,0	541	24,5
395	8,3	444	0,2	493	0,0	542	24,5
396	12,3	445	0,0	494	0,0	543	24,3
397	16,6	446	0,0	495	0,0	544	23,6
398	20,9	447	0,0	496	0,0	545	22,3
399	24,2	448	0,0	497	0,0	546	20,1
400	25,6	449	0,0	498	0,0	547	18,5
401	25,6	450	0,0	499	0,0	548	17,2
402	24,9	451	0,0	500	0,0	549	16,3
403	23,3	452	0,0	501	0,0	550	15,4
404	21,6	453	0,0	502	0,0	551	14,7
405	20,2	454	0,0	503	0,0	552	14,3
406	18,7	455	0,0	504	0,0	553	13,7
407	17,0	456	0,0	505	0,0	554	13,3
408	15,3	457	0,0	506	0,0	555	13,1
409	14,2	458	0,0	507	0,0	556	13,1
410	13,9	459	0,0	508	0,0	557	13,3
411	14,0	460	0,0	509	0,0	558	13,8
412	14,2	461	0,0	510	0,0	559	14,5
413	14,5	462	0,0	511	0,0	560	16,5
414	14,9	463	0,0	512	0,5	561	17,0
415	15,9	464	0,0	513	2,5	562	17,0
416	17,4	465	0,0	514	6,6	563	17,0
417	18,7	466	0,0	515	11,8	564	15,4
418	19,1	467	0,0	516	16,8	565	10,1
419	18,8	468	0,0	517	20,5	566	4,8
420	17,6	469	0,0	518	21,9	567	0,0
421	16,6	470	0,0	519	21,9	568	0,0
422	16,2	471	0,0	520	21,3	569	0,0
423	16,4	472	0,0	521	20,3	570	0,0
424	17,2	473	0,0	522	19,2	571	0,0
425	19,1	474	0,0	523	17,8	572	0,0
426	22,6	475	0,0	524	15,5	573	0,0
427	27,4	476	0,0	525	11,9	574	0,0
428	31,6	477	0,0	526	7,6	575	0,0
429	33,4	478	0,0	527	4,0	576	0,0
430	33,5	479	0,0	528	2,0	577	0,0
431	32,8	480	0,0	529	1,0	578	0,0
432	31,9	481	0,0	530	0,0	579	0,0

Temps en s	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*
580	0,0						
581	0,0						
582	0,0						
583	0,0						
584	0,0						
585	0,0						
586	0,0						
587	0,0						
588	0,0						
589	0,0						

Tableau A1/8
Cycle WLTC, véhicules de la classe 3a, phase Medium$_{3a}$

Temps en s	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*
590	0,0	637	53,0	684	18,9	731	41,9
591	0,0	638	53,0	685	18,9	732	42,0
592	0,0	639	52,9	686	21,3	733	42,2
593	0,0	640	52,7	687	23,9	734	42,4
594	0,0	641	52,6	688	25,9	735	42,7
595	0,0	642	53,1	689	28,4	736	43,1
596	0,0	643	54,3	690	30,3	737	43,7
597	0,0	644	55,2	691	30,9	738	44,0
598	0,0	645	55,5	692	31,1	739	44,1
599	0,0	646	55,9	693	31,8	740	45,3
600	0,0	647	56,3	694	32,7	741	46,4
601	1,0	648	56,7	695	33,2	742	47,2
602	2,1	649	56,9	696	32,4	743	47,3
603	5,2	650	56,8	697	28,3	744	47,4
604	9,2	651	56,0	698	25,8	745	47,4
605	13,5	652	54,2	699	23,1	746	47,5
606	18,1	653	52,1	700	21,8	747	47,9
607	22,3	654	50,1	701	21,2	748	48,6
608	26,0	655	47,2	702	21,0	749	49,4
609	29,3	656	43,2	703	21,0	750	49,8
610	32,8	657	39,2	704	20,9	751	49,8
611	36,0	658	36,5	705	19,9	752	49,7
612	39,2	659	34,3	706	17,9	753	49,3
613	42,5	660	31,0	707	15,1	754	48,5
614	45,7	661	26,0	708	12,8	755	47,6
615	48,2	662	20,7	709	12,0	756	46,3
616	48,4	663	15,4	710	13,2	757	43,7
617	48,2	664	13,1	711	17,1	758	39,3
618	47,8	665	12,0	712	21,1	759	34,1
619	47,0	666	12,5	713	21,8	760	29,0
620	45,9	667	14,0	714	21,2	761	23,7
621	44,9	668	19,0	715	18,5	762	18,4
622	44,4	669	23,2	716	13,9	763	14,3
623	44,3	670	28,0	717	12,0	764	12,0
624	44,5	671	32,0	718	12,0	765	12,8
625	45,1	672	34,0	719	13,0	766	16,0
626	45,7	673	36,0	720	16,3	767	20,4
627	46,0	674	38,0	721	20,5	768	24,0
628	46,0	675	40,0	722	23,9	769	29,0
629	46,0	676	40,3	723	26,0	770	32,2
630	46,1	677	40,5	724	28,0	771	36,8
631	46,7	678	39,0	725	31,5	772	39,4
632	47,7	679	35,7	726	33,4	773	43,2
633	48,9	680	31,8	727	36,0	774	45,8
634	50,3	681	27,1	728	37,8	775	49,2
635	51,6	682	22,8	729	40,2	776	51,4
636	52,6	683	21,1	730	41,6	777	54,2
778	56,0	827	37,1	876	75,8	925	62,3
779	58,3	828	38,9	877	76,6	926	62,7
780	59,8	829	41,4	878	76,5	927	62,0

Temps en s	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*
781	61,7	830	44,0	879	76,2	928	61,3
782	62,7	831	46,3	880	75,8	929	60,9
783	63,3	832	47,7	881	75,4	930	60,5
784	63,6	833	48,2	882	74,8	931	60,2
785	64,0	834	48,7	883	73,9	932	59,8
786	64,7	835	49,3	884	72,7	933	59,4
787	65,2	836	49,8	885	71,3	934	58,6
788	65,3	837	50,2	886	70,4	935	57,5
789	65,3	838	50,9	887	70,0	936	56,6
790	65,4	839	51,8	888	70,0	937	56,0
791	65,7	840	52,5	889	69,0	938	55,5
792	66,0	841	53,3	890	68,0	939	55,0
793	65,6	842	54,5	891	67,3	940	54,4
794	63,5	843	55,7	892	66,2	941	54,1
795	59,7	844	56,5	893	64,8	942	54,0
796	54,6	845	56,8	894	63,6	943	53,9
797	49,3	846	57,0	895	62,6	944	53,9
798	44,9	847	57,2	896	62,1	945	54,0
799	42,3	848	57,7	897	61,9	946	54,2
800	41,4	849	58,7	898	61,9	947	55,0
801	41,3	850	60,1	899	61,8	948	55,8
802	43,0	851	61,1	900	61,5	949	56,2
803	45,0	852	61,7	901	60,9	950	56,1
804	46,5	853	62,3	902	59,7	951	55,1
805	48,3	854	62,9	903	54,6	952	52,7
806	49,5	855	63,3	904	49,3	953	48,4
807	51,2	856	63,4	905	44,9	954	43,1
808	52,2	857	63,5	906	42,3	955	37,8
809	51,6	858	63,9	907	41,4	956	32,5
810	49,7	859	64,4	908	41,3	957	27,2
811	47,4	860	65,0	909	42,1	958	25,1
812	43,7	861	65,6	910	44,7	959	27,0
813	39,7	862	66,6	911	46,0	960	29,8
814	35,5	863	67,4	912	48,8	961	33,8
815	31,1	864	68,2	913	50,1	962	37,0
816	26,3	865	69,1	914	51,3	963	40,7
817	21,9	866	70,0	915	54,1	964	43,0
818	18,0	867	70,8	916	55,2	965	45,6
819	17,0	868	71,5	917	56,2	966	46,9
820	18,0	869	72,4	918	56,1	967	47,0
821	21,4	870	73,0	919	56,1	968	46,9
822	24,8	871	73,7	920	56,5	969	46,5
823	27,9	872	74,4	921	57,5	970	45,8
824	30,8	873	74,9	922	59,2	971	44,3
825	33,0	874	75,3	923	60,7	972	41,3
826	35,1	875	75,6	924	61,8	973	36,5
974	31,7						
975	27,0						
976	24,7						

Temps en s	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*
977	19,3						
978	16,0						
979	13,2						
980	10,7						
981	8,8						
982	7,2						
983	5,5						
984	3,2						
985	1,1						
986	0,0						
987	0,0						
988	0,0						
989	0,0						
990	0,0						
991	0,0						
992	0,0						
993	0,0						
994	0,0						
995	0,0						
996	0,0						
997	0,0						
998	0,0						
999	0,0						
1 000	0,0						
1 001	0,0						
1 002	0,0						
1 003	0,0						
1 004	0,0						
1 005	0,0						
1 006	0,0						
1 007	0,0						
1 008	0,0						
1 009	0,0						
1 010	0,0						
1 011	0,0						
1 012	0,0						
1 013	0,0						
1 014	0,0						
1 015	0,0						
1 016	0,0						
1 017	0,0						
1 018	0,0						
1 019	0,0						
1 020	0,0						
1 021	0,0						
1 022	0,0						

Tableau A1/9
Cycle WLTC, véhicules de la classe 3b, phase Medium$_{3b}$

Temps en s	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*
590	0,0	637	53,0	684	18,9	731	41,9
591	0,0	638	53,0	685	18,9	732	42,0
592	0,0	639	52,9	686	21,3	733	42,2
593	0,0	640	52,7	687	23,9	734	42,4
594	0,0	641	52,6	688	25,9	735	42,7
595	0,0	642	53,1	689	28,4	736	43,1
596	0,0	643	54,3	690	30,3	737	43,7
597	0,0	644	55,2	691	30,9	738	44,0
598	0,0	645	55,5	692	31,1	739	44,1
599	0,0	646	55,9	693	31,8	740	45,3
600	0,0	647	56,3	694	32,7	741	46,4
601	1,0	648	56,7	695	33,2	742	47,2
602	2,1	649	56,9	696	32,4	743	47,3
603	4,8	650	56,8	697	28,3	744	47,4
604	9,1	651	56,0	698	25,8	745	47,4
605	14,2	652	54,2	699	23,1	746	47,5
606	19,8	653	52,1	700	21,8	747	47,9
607	25,5	654	50,1	701	21,2	748	48,6
608	30,5	655	47,2	702	21,0	749	49,4
609	34,8	656	43,2	703	21,0	750	49,8
610	38,8	657	39,2	704	20,9	751	49,8
611	42,9	658	36,5	705	19,9	752	49,7
612	46,4	659	34,3	706	17,9	753	49,3
613	48,3	660	31,0	707	15,1	754	48,5
614	48,7	661	26,0	708	12,8	755	47,6
615	48,5	662	20,7	709	12,0	756	46,3
616	48,4	663	15,4	710	13,2	757	43,7
617	48,2	664	13,1	711	17,1	758	39,3
618	47,8	665	12,0	712	21,1	759	34,1
619	47,0	666	12,5	713	21,8	760	29,0
620	45,9	667	14,0	714	21,2	761	23,7
621	44,9	668	19,0	715	18,5	762	18,4
622	44,4	669	23,2	716	13,9	763	14,3
623	44,3	670	28,0	717	12,0	764	12,0
624	44,5	671	32,0	718	12,0	765	12,8
625	45,1	672	34,0	719	13,0	766	16,0
626	45,7	673	36,0	720	16,0	767	19,1
627	46,0	674	38,0	721	18,5	768	22,4
628	46,0	675	40,0	722	20,6	769	25,6
629	46,0	676	40,3	723	22,5	770	30,1
630	46,1	677	40,5	724	24,0	771	35,3
631	46,7	678	39,0	725	26,6	772	39,9
632	47,7	679	35,7	726	29,9	773	44,5
633	48,9	680	31,8	727	34,8	774	47,5
634	50,3	681	27,1	728	37,8	775	50,9
635	51,6	682	22,8	729	40,2	776	54,1
636	52,6	683	21,1	730	41,6	777	56,3
778	58,1	827	37,1	876	72,7	925	64,1
779	59,8	828	38,9	877	71,3	926	62,7
780	61,1	829	41,4	878	70,4	927	62,0
781	62,1	830	44,0	879	70,0	928	61,3

Temps en s	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*
782	62,8	831	46,3	880	70,0	929	60,9
783	63,3	832	47,7	881	69,0	930	60,5
784	63,6	833	48,2	882	68,0	931	60,2
785	64,0	834	48,7	883	68,0	932	59,8
786	64,7	835	49,3	884	68,0	933	59,4
787	65,2	836	49,8	885	68,1	934	58,6
788	65,3	837	50,2	886	68,4	935	57,5
789	65,3	838	50,9	887	68,6	936	56,6
790	65,4	839	51,8	888	68,7	937	56,0
791	65,7	840	52,5	889	68,5	938	55,5
792	66,0	841	53,3	890	68,1	939	55,0
793	65,6	842	54,5	891	67,3	940	54,4
794	63,5	843	55,7	892	66,2	941	54,1
795	59,7	844	56,5	893	64,8	942	54,0
796	54,6	845	56,8	894	63,6	943	53,9
797	49,3	846	57,0	895	62,6	944	53,9
798	44,9	847	57,2	896	62,1	945	54,0
799	42,3	848	57,7	897	61,9	946	54,2
800	41,4	849	58,7	898	61,9	947	55,0
801	41,3	850	60,1	899	61,8	948	55,8
802	42,1	851	61,1	900	61,5	949	56,2
803	44,7	852	61,7	901	60,9	950	56,1
804	48,4	853	62,3	902	59,7	951	55,1
805	51,4	854	62,9	903	54,6	952	52,7
806	52,7	855	63,3	904	49,3	953	48,4
807	53,0	856	63,4	905	44,9	954	43,1
808	52,5	857	63,5	906	42,3	955	37,8
809	51,3	858	64,5	907	41,4	956	32,5
810	49,7	859	65,8	908	41,3	957	27,2
811	47,4	860	66,8	909	42,1	958	25,1
812	43,7	861	67,4	910	44,7	959	26,0
813	39,7	862	68,8	911	48,4	960	29,3
814	35,5	863	71,1	912	51,4	961	34,6
815	31,1	864	72,3	913	52,7	962	40,4
816	26,3	865	72,8	914	54,0	963	45,3
817	21,9	866	73,4	915	57,0	964	49,0
818	18,0	867	74,6	916	58,1	965	51,1
819	17,0	868	76,0	917	59,2	966	52,1
820	18,0	869	76,6	918	59,0	967	52,2
821	21,4	870	76,5	919	59,1	968	52,1
822	24,8	871	76,2	920	59,5	969	51,7
823	27,9	872	75,8	921	60,5	970	50,9
824	30,8	873	75,4	922	62,3	971	49,2
825	33,0	874	74,8	923	63,9	972	45,9
826	35,1	875	73,9	924	65,1	973	40,6
974	35,3						
975	30,0						
976	24,7						
977	19,3						
978	16,0						
979	13,2						
980	10,7						
981	8,8						

Temps en s	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*
982	7,2						
983	5,5						
984	3,2						
985	1,1						
986	0,0						
987	0,0						
988	0,0						
989	0,0						
990	0,0						
991	0,0						
992	0,0						
993	0,0						
994	0,0						
995	0,0						
996	0,0						
997	0,0						
998	0,0						
999	0,0						
1 000	0,0						
1 001	0,0						
1 002	0,0						
1 003	0,0						
1 004	0,0						
1 005	0,0						
1 006	0,0						
1 007	0,0						
1 008	0,0						
1 009	0,0						
1 010	0,0						
1 011	0,0						
1 012	0,0						
1 013	0,0						
1 014	0,0						
1 015	0,0						
1 016	0,0						
1 017	0,0						
1 018	0,0						
1 019	0,0						
1 020	0,0						
1 021	0,0						
1 022	0,0						

Tableau A1/10
Cycle WLTC, véhicules de la classe 3a, phase High$_{3a}$

Temps en s	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*
1 023	0,0	1 070	29,0	1 117	66,2	1 164	52,6
1 024	0,0	1 071	32,0	1 118	65,8	1 165	54,5
1 025	0,0	1 072	34,8	1 119	64,7	1 166	56,6
1 026	0,0	1 073	37,7	1 120	63,6	1 167	58,3
1 027	0,8	1 074	40,8	1 121	62,9	1 168	60,0
1 028	3,6	1 075	43,2	1 122	62,4	1 169	61,5
1 029	8,6	1 076	46,0	1 123	61,7	1 170	63,1
1 030	14,6	1 077	48,0	1 124	60,1	1 171	64,3
1 031	20,0	1 078	50,7	1 125	57,3	1 172	65,7
1 032	24,4	1 079	52,0	1 126	55,8	1 173	67,1
1 033	28,2	1 080	54,5	1 127	50,5	1 174	68,3
1 034	31,7	1 081	55,9	1 128	45,2	1 175	69,7
1 035	35,0	1 082	57,4	1 129	40,1	1 176	70,6
1 036	37,6	1 083	58,1	1 130	36,2	1 177	71,6
1 037	39,7	1 084	58,4	1 131	32,9	1 178	72,6
1 038	41,5	1 085	58,8	1 132	29,8	1 179	73,5
1 039	43,6	1 086	58,8	1 133	26,6	1 180	74,2
1 040	46,0	1 087	58,6	1 134	23,0	1 181	74,9
1 041	48,4	1 088	58,7	1 135	19,4	1 182	75,6
1 042	50,5	1 089	58,8	1 136	16,3	1 183	76,3
1 043	51,9	1 090	58,8	1 137	14,6	1 184	77,1
1 044	52,6	1 091	58,8	1 138	14,2	1 185	77,9
1 045	52,8	1 092	59,1	1 139	14,3	1 186	78,5
1 046	52,9	1 093	60,1	1 140	14,6	1 187	79,0
1 047	53,1	1 094	61,7	1 141	15,1	1 188	79,7
1 048	53,3	1 095	63,0	1 142	16,4	1 189	80,3
1 049	53,1	1 096	63,7	1 143	19,1	1 190	81,0
1 050	52,3	1 097	63,9	1 144	22,5	1 191	81,6
1 051	50,7	1 098	63,5	1 145	24,4	1 192	82,4
1 052	48,8	1 099	62,3	1 146	24,8	1 193	82,9
1 053	46,5	1 100	60,3	1 147	22,7	1 194	83,4
1 054	43,8	1 101	58,9	1 148	17,4	1 195	83,8
1 055	40,3	1 102	58,4	1 149	13,8	1 196	84,2
1 056	36,0	1 103	58,8	1 150	12,0	1 197	84,7
1 057	30,7	1 104	60,2	1 151	12,0	1 198	85,2
1 058	25,4	1 105	62,3	1 152	12,0	1 199	85,6
1 059	21,0	1 106	63,9	1 153	13,9	1 200	86,3
1 060	16,7	1 107	64,5	1 154	17,7	1 201	86,8
1 061	13,4	1 108	64,4	1 155	22,8	1 202	87,4
1 062	12,0	1 109	63,5	1 156	27,3	1 203	88,0
1 063	12,1	1 110	62,0	1 157	31,2	1 204	88,3
1 064	12,8	1 111	61,2	1 158	35,2	1 205	88,7
1 065	15,6	1 112	61,3	1 159	39,4	1 206	89,0
1 066	19,9	1 113	61,7	1 160	42,5	1 207	89,3
1 067	23,4	1 114	62,0	1 161	45,4	1 208	89,8
1 068	24,6	1 115	64,6	1 162	48,2	1 209	90,2
1 069	27,0	1 116	66,0	1 163	50,3	1 210	90,6
1 211	91,0	1 260	95,7	1 309	75,9	1 358	68,2
1 212	91,3	1 261	95,5	1 310	76,0	1 359	66,1
1 213	91,6	1 262	95,3	1 311	76,0	1 360	63,8

Temps en s	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*
1 214	91,9	1 263	95,2	1 312	76,1	1 361	61,6
1 215	92,2	1 264	95,0	1 313	76,3	1 362	60,2
1 216	92,8	1 265	94,9	1 314	76,5	1 363	59,8
1 217	93,1	1 266	94,7	1 315	76,6	1 364	60,4
1 218	93,3	1 267	94,5	1 316	76,8	1 365	61,8
1 219	93,5	1 268	94,4	1 317	77,1	1 366	62,6
1 220	93,7	1 269	94,4	1 318	77,1	1 367	62,7
1 221	93,9	1 270	94,3	1 319	77,2	1 368	61,9
1 222	94,0	1 271	94,3	1 320	77,2	1 369	60,0
1 223	94,1	1 272	94,1	1 321	77,6	1 370	58,4
1 224	94,3	1 273	93,9	1 322	78,0	1 371	57,8
1 225	94,4	1 274	93,4	1 323	78,4	1 372	57,8
1 226	94,6	1 275	92,8	1 324	78,8	1 373	57,8
1 227	94,7	1 276	92,0	1 325	79,2	1 374	57,3
1 228	94,8	1 277	91,3	1 326	80,3	1 375	56,2
1 229	95,0	1 278	90,6	1 327	80,8	1 376	54,3
1 230	95,1	1 279	90,0	1 328	81,0	1 377	50,8
1 231	95,3	1 280	89,3	1 329	81,0	1 378	45,5
1 232	95,4	1 281	88,7	1 330	81,0	1 379	40,2
1 233	95,6	1 282	88,1	1 331	81,0	1 380	34,9
1 234	95,7	1 283	87,4	1 332	81,0	1 381	29,6
1 235	95,8	1 284	86,7	1 333	80,9	1 382	28,7
1 236	96,0	1 285	86,0	1 334	80,6	1 383	29,3
1 237	96,1	1 286	85,3	1 335	80,3	1 384	30,5
1 238	96,3	1 287	84,7	1 336	80,0	1 385	31,7
1 239	96,4	1 288	84,1	1 337	79,9	1 386	32,9
1 240	96,6	1 289	83,5	1 338	79,8	1 387	35,0
1 241	96,8	1 290	82,9	1 339	79,8	1 388	38,0
1 242	97,0	1 291	82,3	1 340	79,8	1 389	40,5
1 243	97,2	1 292	81,7	1 341	79,9	1 390	42,7
1 244	97,3	1 293	81,1	1 342	80,0	1 391	45,8
1 245	97,4	1 294	80,5	1 343	80,4	1 392	47,5
1 246	97,4	1 295	79,9	1 344	80,8	1 393	48,9
1 247	97,4	1 296	79,4	1 345	81,2	1 394	49,4
1 248	97,4	1 297	79,1	1 346	81,5	1 395	49,4
1 249	97,3	1 298	78,8	1 347	81,6	1 396	49,2
1 250	97,3	1 299	78,5	1 348	81,6	1 397	48,7
1 251	97,3	1 300	78,2	1 349	81,4	1 398	47,9
1 252	97,3	1 301	77,9	1 350	80,7	1 399	46,9
1 253	97,2	1 302	77,6	1 351	79,6	1 400	45,6
1 254	97,1	1 303	77,3	1 352	78,2	1 401	44,2
1 255	97,0	1 304	77,0	1 353	76,8	1 402	42,7
1 256	96,9	1 305	76,7	1 354	75,3	1 403	40,7
1 257	96,7	1 306	76,0	1 355	73,8	1 404	37,1
1 258	96,4	1 307	76,0	1 356	72,1	1 405	33,9
1 259	96,1	1 308	76,0	1 357	70,2	1 406	30,6
1 407	28,6	1 456	0,0				
1 408	27,3	1 457	0,0				
1 409	27,2	1 458	0,0				

Temps en s	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*
1 410	27,5	1 459	0,0				
1 411	27,4	1 460	0,0				
1 412	27,1	1 461	0,0				
1 413	26,7	1 462	0,0				
1 414	26,8	1 463	0,0				
1 415	28,2	1 464	0,0				
1 416	31,1	1 465	0,0				
1 417	34,8	1 466	0,0				
1 418	38,4	1 467	0,0				
1 419	40,9	1 468	0,0				
1 420	41,7	1 469	0,0				
1 421	40,9	1 470	0,0				
1 422	38,3	1 471	0,0				
1 423	35,3	1 472	0,0				
1 424	34,3	1 473	0,0				
1 425	34,6	1 474	0,0				
1 426	36,3	1 475	0,0				
1 427	39,5	1 476	0,0				
1 428	41,8	1 477	0,0				
1 429	42,5						
1 430	41,9						
1 431	40,1						
1 432	36,6						
1 433	31,3						
1 434	26,0						
1 435	20,6						
1 436	19,1						
1 437	19,7						
1 438	21,1						
1 439	22,0						
1 440	22,1						
1 441	21,4						
1 442	19,6						
1 443	18,3						
1 444	18,0						
1 445	18,3						
1 446	18,5						
1 447	17,9						
1 448	15,0						
1 449	9,9						
1 450	4,6						
1 451	1,2						
1 452	0,0						
1 453	0,0						
1 454	0,0						
1 455	0,0						

Tableau A1/11
Cycle WLTC, véhicules de la classe 3b, phase High$_{3b}$

Temps en s	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*
1 023	0,0	1 070	26,4	1 117	69,7	1 164	52,6
1 024	0,0	1 071	28,8	1 118	69,3	1 165	54,5
1 025	0,0	1 072	31,8	1 119	68,1	1 166	56,6
1 026	0,0	1 073	35,3	1 120	66,9	1 167	58,3
1 027	0,8	1 074	39,5	1 121	66,2	1 168	60,0
1 028	3,6	1 075	44,5	1 122	65,7	1 169	61,5
1 029	8,6	1 076	49,3	1 123	64,9	1 170	63,1
1 030	14,6	1 077	53,3	1 124	63,2	1 171	64,3
1 031	20,0	1 078	56,4	1 125	60,3	1 172	65,7
1 032	24,4	1 079	58,9	1 126	55,8	1 173	67,1
1 033	28,2	1 080	61,2	1 127	50,5	1 174	68,3
1 034	31,7	1 081	62,6	1 128	45,2	1 175	69,7
1 035	35,0	1 082	63,0	1 129	40,1	1 176	70,6
1 036	37,6	1 083	62,5	1 130	36,2	1 177	71,6
1 037	39,7	1 084	60,9	1 131	32,9	1 178	72,6
1 038	41,5	1 085	59,3	1 132	29,8	1 179	73,5
1 039	43,6	1 086	58,6	1 133	26,6	1 180	74,2
1 040	46,0	1 087	58,6	1 134	23,0	1 181	74,9
1 041	48,4	1 088	58,7	1 135	19,4	1 182	75,6
1 042	50,5	1 089	58,8	1 136	16,3	1 183	76,3
1 043	51,9	1 090	58,8	1 137	14,6	1 184	77,1
1 044	52,6	1 091	58,8	1 138	14,2	1 185	77,9
1 045	52,8	1 092	59,1	1 139	14,3	1 186	78,5
1 046	52,9	1 093	60,1	1 140	14,6	1 187	79,0
1 047	53,1	1 094	61,7	1 141	15,1	1 188	79,7
1 048	53,3	1 095	63,0	1 142	16,4	1 189	80,3
1 049	53,1	1 096	63,7	1 143	19,1	1 190	81,0
1 050	52,3	1 097	63,9	1 144	22,5	1 191	81,6
1 051	50,7	1 098	63,5	1 145	24,4	1 192	82,4
1 052	48,8	1 099	62,3	1 146	24,8	1 193	82,9
1 053	46,5	1 100	60,3	1 147	22,7	1 194	83,4
1 054	43,8	1 101	58,9	1 148	17,4	1 195	83,8
1 055	40,3	1 102	58,4	1 149	13,8	1 196	84,2
1 056	36,0	1 103	58,8	1 150	12,0	1 197	84,7
1 057	30,7	1 104	60,2	1 151	12,0	1 198	85,2
1 058	25,4	1 105	62,3	1 152	12,0	1 199	85,6
1 059	21,0	1 106	63,9	1 153	13,9	1 200	86,3
1 060	16,7	1 107	64,5	1 154	17,7	1 201	86,8
1 061	13,4	1 108	64,4	1 155	22,8	1 202	87,4
1 062	12,0	1 109	63,5	1 156	27,3	1 203	88,0
1 063	12,1	1 110	62,0	1 157	31,2	1 204	88,3
1 064	12,8	1 111	61,2	1 158	35,2	1 205	88,7
1 065	15,6	1 112	61,3	1 159	39,4	1 206	89,0
1 066	19,9	1 113	62,6	1 160	42,5	1 207	89,3
1 067	23,4	1 114	65,3	1 161	45,4	1 208	89,8
1 068	24,6	1 115	68,0	1 162	48,2	1 209	90,2
1 069	25,2	1 116	69,4	1 163	50,3	1 210	90,6
1 211	91,0	1 260	95,7	1 309	75,9	1 358	68,2
1 212	91,3	1 261	95,5	1 310	75,9	1 359	66,1
1 213	91,6	1 262	95,3	1 311	75,8	1 360	63,8

Temps en s	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*
1 214	91,9	1 263	95,2	1 312	75,7	1 361	61,6
1 215	92,2	1 264	95,0	1 313	75,5	1 362	60,2
1 216	92,8	1 265	94,9	1 314	75,2	1 363	59,8
1 217	93,1	1 266	94,7	1 315	75,0	1 364	60,4
1 218	93,3	1 267	94,5	1 316	74,7	1 365	61,8
1 219	93,5	1 268	94,4	1 317	74,1	1 366	62,6
1 220	93,7	1 269	94,4	1 318	73,7	1 367	62,7
1 221	93,9	1 270	94,3	1 319	73,3	1 368	61,9
1 222	94,0	1 271	94,3	1 320	73,5	1 369	60,0
1 223	94,1	1 272	94,1	1 321	74,0	1 370	58,4
1 224	94,3	1 273	93,9	1 322	74,9	1 371	57,8
1 225	94,4	1 274	93,4	1 323	76,1	1 372	57,8
1 226	94,6	1 275	92,8	1 324	77,7	1 373	57,8
1 227	94,7	1 276	92,0	1 325	79,2	1 374	57,3
1 228	94,8	1 277	91,3	1 326	80,3	1 375	56,2
1 229	95,0	1 278	90,6	1 327	80,8	1 376	54,3
1 230	95,1	1 279	90,0	1 328	81,0	1 377	50,8
1 231	95,3	1 280	89,3	1 329	81,0	1 378	45,5
1 232	95,4	1 281	88,7	1 330	81,0	1 379	40,2
1 233	95,6	1 282	88,1	1 331	81,0	1 380	34,9
1 234	95,7	1 283	87,4	1 332	81,0	1 381	29,6
1 235	95,8	1 284	86,7	1 333	80,9	1 382	27,3
1 236	96,0	1 285	86,0	1 334	80,6	1 383	29,3
1 237	96,1	1 286	85,3	1 335	80,3	1 384	32,9
1 238	96,3	1 287	84,7	1 336	80,0	1 385	35,6
1 239	96,4	1 288	84,1	1 337	79,9	1 386	36,7
1 240	96,6	1 289	83,5	1 338	79,8	1 387	37,6
1 241	96,8	1 290	82,9	1 339	79,8	1 388	39,4
1 242	97,0	1 291	82,3	1 340	79,8	1 389	42,5
1 243	97,2	1 292	81,7	1 341	79,9	1 390	46,5
1 244	97,3	1 293	81,1	1 342	80,0	1 391	50,2
1 245	97,4	1 294	80,5	1 343	80,4	1 392	52,8
1 246	97,4	1 295	79,9	1 344	80,8	1 393	54,3
1 247	97,4	1 296	79,4	1 345	81,2	1 394	54,9
1 248	97,4	1 297	79,1	1 346	81,5	1 395	54,9
1 249	97,3	1 298	78,8	1 347	81,6	1 396	54,7
1 250	97,3	1 299	78,5	1 348	81,6	1 397	54,1
1 251	97,3	1 300	78,2	1 349	81,4	1 398	53,2
1 252	97,3	1 301	77,9	1 350	80,7	1 399	52,1
1 253	97,2	1 302	77,6	1 351	79,6	1 400	50,7
1 254	97,1	1 303	77,3	1 352	78,2	1 401	49,1
1 255	97,0	1 304	77,0	1 353	76,8	1 402	47,4
1 256	96,9	1 305	76,7	1 354	75,3	1 403	45,2
1 257	96,7	1 306	76,0	1 355	73,8	1 404	41,8
1 258	96,4	1 307	76,0	1 356	72,1	1 405	36,5
1 259	96,1	1 308	76,0	1 357	70,2	1 406	31,2
1 407	27,6	1 456	0,0				
1 408	26,9	1 457	0,0				
1 409	27,3	1 458	0,0				

Temps en s	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*
1 410	27,5	1 459	0,0				
1 411	27,4	1 460	0,0				
1 412	27,1	1 461	0,0				
1 413	26,7	1 462	0,0				
1 414	26,8	1 463	0,0				
1 415	28,2	1 464	0,0				
1 416	31,1	1 465	0,0				
1 417	34,8	1 466	0,0				
1 418	38,4	1 467	0,0				
1 419	40,9	1 468	0,0				
1 420	41,7	1 469	0,0				
1 421	40,9	1 470	0,0				
1 422	38,3	1 471	0,0				
1 423	35,3	1 472	0,0				
1 424	34,3	1 473	0,0				
1 425	34,6	1 474	0,0				
1 426	36,3	1 475	0,0				
1 427	39,5	1 476	0,0				
1 428	41,8	1 477	0,0				
1 429	42,5						
1 430	41,9						
1 431	40,1						
1 432	36,6						
1 433	31,3						
1 434	26,0						
1 435	20,6						
1 436	19,1						
1 437	19,7						
1 438	21,1						
1 439	22,0						
1 440	22,1						
1 441	21,4						
1 442	19,6						
1 443	18,3						
1 444	18,0						
1 445	18,3						
1 446	18,5						
1 447	17,9						
1 448	15,0						
1 449	9,9						
1 450	4,6						
1 451	1,2						
1 452	0,0						
1 453	0,0						
1 454	0,0						
1 455	0,0						

Tableau A1/12
Cycle WLTC, véhicules de la classe 3, phase Extra High3

Temps en s	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*
1 478	0,0	1 525	72,5	1 572	120,7	1 619	113,0
1 479	2,2	1 526	70,8	1 573	121,8	1 620	114,1
1 480	4,4	1 527	68,6	1 574	122,6	1 621	115,1
1 481	6,3	1 528	66,2	1 575	123,2	1 622	115,9
1 482	7,9	1 529	64,0	1 576	123,6	1 623	116,5
1 483	9,2	1 530	62,2	1 577	123,7	1 624	116,7
1 484	10,4	1 531	60,9	1 578	123,6	1 625	116,6
1 485	11,5	1 532	60,2	1 579	123,3	1 626	116,2
1 486	12,9	1 533	60,0	1 580	123,0	1 627	115,2
1 487	14,7	1 534	60,4	1 581	122,5	1 628	113,8
1 488	17,0	1 535	61,4	1 582	122,1	1 629	112,0
1 489	19,8	1 536	63,2	1 583	121,5	1 630	110,1
1 490	23,1	1 537	65,6	1 584	120,8	1 631	108,3
1 491	26,7	1 538	68,4	1 585	120,0	1 632	107,0
1 492	30,5	1 539	71,6	1 586	119,1	1 633	106,1
1 493	34,1	1 540	74,9	1 587	118,1	1 634	105,8
1 494	37,5	1 541	78,4	1 588	117,1	1 635	105,7
1 495	40,6	1 542	81,8	1 589	116,2	1 636	105,7
1 496	43,3	1 543	84,9	1 590	115,5	1 637	105,6
1 497	45,7	1 544	87,4	1 591	114,9	1 638	105,3
1 498	47,7	1 545	89,0	1 592	114,5	1 639	104,9
1 499	49,3	1 546	90,0	1 593	114,1	1 640	104,4
1 500	50,5	1 547	90,6	1 594	113,9	1 641	104,0
1 501	51,3	1 548	91,0	1 595	113,7	1 642	103,8
1 502	52,1	1 549	91,5	1 596	113,3	1 643	103,9
1 503	52,7	1 550	92,0	1 597	112,9	1 644	104,4
1 504	53,4	1 551	92,7	1 598	112,2	1 645	105,1
1 505	54,0	1 552	93,4	1 599	111,4	1 646	106,1
1 506	54,5	1 553	94,2	1 600	110,5	1 647	107,2
1 507	55,0	1 554	94,9	1 601	109,5	1 648	108,5
1 508	55,6	1 555	95,7	1 602	108,5	1 649	109,9
1 509	56,3	1 556	96,6	1 603	107,7	1 650	111,3
1 510	57,2	1 557	97,7	1 604	107,1	1 651	112,7
1 511	58,5	1 558	98,9	1 605	106,6	1 652	113,9
1 512	60,2	1 559	100,4	1 606	106,4	1 653	115,0
1 513	62,3	1 560	102,0	1 607	106,2	1 654	116,0
1 514	64,7	1 561	103,6	1 608	106,2	1 655	116,8
1 515	67,1	1 562	105,2	1 609	106,2	1 656	117,6
1 516	69,2	1 563	106,8	1 610	106,4	1 657	118,4
1 517	70,7	1 564	108,5	1 611	106,5	1 658	119,2
1 518	71,9	1 565	110,2	1 612	106,8	1 659	120,0
1 519	72,7	1 566	111,9	1 613	107,2	1 660	120,8
1 520	73,4	1 567	113,7	1 614	107,8	1 661	121,6
1 521	73,8	1 568	115,3	1 615	108,5	1 662	122,3
1 522	74,1	1 569	116,8	1 616	109,4	1 663	123,1
1 523	74,0	1 570	118,2	1 617	110,5	1 664	123,8
1 524	73,6	1 571	119,5	1 618	111,7	1 665	124,4
1 666	125,0	1 715	127,7	1 764	82,0		
1 667	125,4	1 716	128,1	1 765	81,3		
1 668	125,8	1 717	128,5	1 766	80,4		

Temps en s	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*	*Temps en s*	*Vitesse en km/h*
1 669	126,1	1 718	129,0	1 767	79,1		
1 670	126,4	1 719	129,5	1 768	77,4		
1 671	126,6	1 720	130,1	1 769	75,1		
1 672	126,7	1 721	130,6	1 770	72,3		
1 673	126,8	1 722	131,0	1 771	69,1		
1 674	126,9	1 723	131,2	1 772	65,9		
1 675	126,9	1 724	131,3	1 773	62,7		
1 676	126,9	1 725	131,2	1 774	59,7		
1 677	126,8	1 726	130,7	1 775	57,0		
1 678	126,6	1 727	129,8	1 776	54,6		
1 679	126,3	1 728	128,4	1 777	52,2		
1 680	126,0	1 729	126,5	1 778	49,7		
1 681	125,7	1 730	124,1	1 779	46,8		
1 682	125,6	1 731	121,6	1 780	43,5		
1 683	125,6	1 732	119,0	1 781	39,9		
1 684	125,8	1 733	116,5	1 782	36,4		
1 685	126,2	1 734	114,1	1 783	33,2		
1 686	126,6	1 735	111,8	1 784	30,5		
1 687	127,0	1 736	109,5	1 785	28,3		
1 688	127,4	1 737	107,1	1 786	26,3		
1 689	127,6	1 738	104,8	1 787	24,4		
1 690	127,8	1 739	102,5	1 788	22,5		
1 691	127,9	1 740	100,4	1 789	20,5		
1 692	128,0	1 741	98,6	1 790	18,2		
1 693	128,1	1 742	97,2	1 791	15,5		
1 694	128,2	1 743	95,9	1 792	12,3		
1 695	128,3	1 744	94,8	1 793	8,7		
1 696	128,4	1 745	93,8	1 794	5,2		
1 697	128,5	1 746	92,8	1 795	0,0		
1 698	128,6	1 747	91,8	1 796	0,0		
1 699	128,6	1 748	91,0	1 797	0,0		
1 700	128,5	1 749	90,2	1 798	0,0		
1 701	128,3	1 750	89,6	1 799	0,0		
1 702	128,1	1 751	89,1	1 800	0,0		
1 703	127,9	1 752	88,6				
1 704	127,6	1 753	88,1				
1 705	127,4	1 754	87,6				
1 706	127,2	1 755	87,1				
1 707	127,0	1 756	86,6				
1 708	126,9	1 757	86,1				
1 709	126,8	1 758	85,5				
1 710	126,7	1 759	85,0				
1 711	126,8	1 760	84,4				
1 712	126,9	1 761	83,8				
1 713	127,1	1 762	83,2				
1 714	127,4	1 763	82,6				

7. Identification du cycle

Afin de confirmer que la version correcte du cycle a été choisie ou que le cycle correct a été exécuté sur le banc à rouleaux, des sommes de contrôle des valeurs de vitesse du véhicule pour les phases du cycle et pour le cycle entier sont indiquées dans le tableau A1/13.

Tableau A1/13
Sommes de contrôle (fréquence 1Hz)

Classe de véhicule	*Phase du cycle*	*Sommes de contrôle des vitesses visées du véhicule (fréquence 1 Hz)*
Classe 1	Low	11 988,4
	Medium	17 162,8
	Low	11 988, 4
	Total	41 139,6
Classe 2	Low	11 162,2
	Medium	17 054,3
	High	24 450,6
	Extra High	28 869,8
	Total	81 536,9
Classe 3a	Low	11 140,3
	Medium	16 995,7
	High	25 646,0
	Extra High	29 714,9
	Total	83 496,9
Classe 3b	Low	11 140,3
	Medium	17 121,2
	High	25 782,2
	Extra High	29 714,9
	Total	83 758,6

8. Modification du cycle

Le présent paragraphe ne s'applique pas aux VHE-RE, VHE-NRE et VHPC-NRE.

8.1 Observations générales

Des problèmes de faisabilité du cycle peuvent se poser pour les véhicules dont le rapport puissance/masse est proche de la limite entre la classe 1 et la classe 2, la classe 2 et la classe 3 ou pour les véhicules de la classe 1 ayant une très faible puissance.

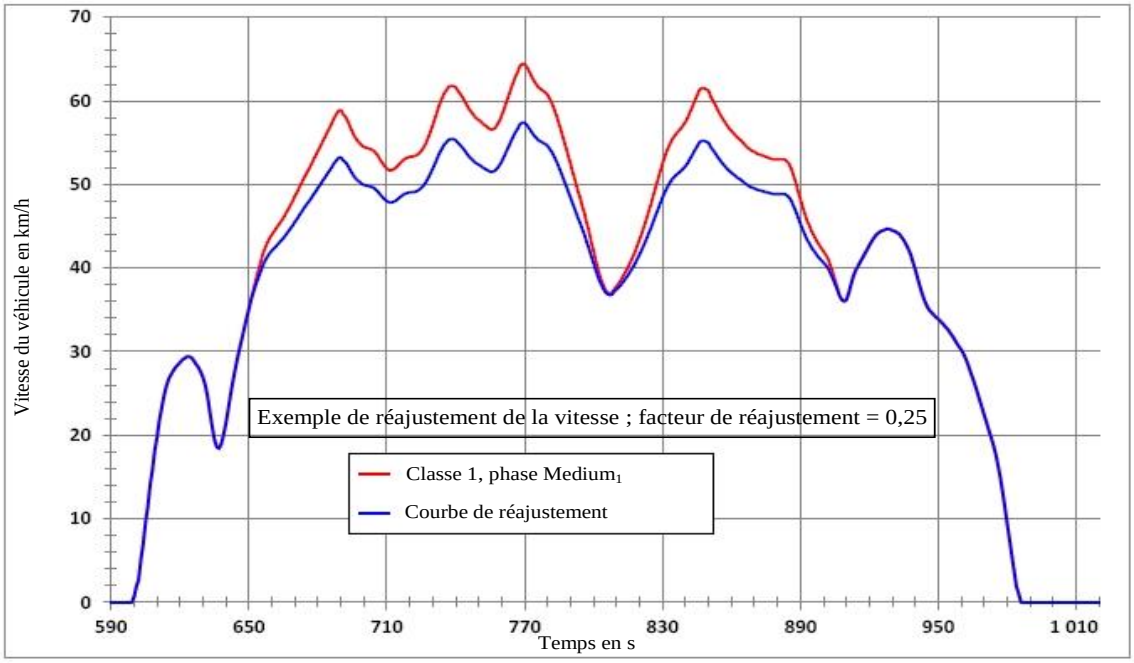
Étant donné que ces problèmes sont dus principalement à des phases du cycle combinant une grande vitesse du véhicule et de fortes accélérations, plutôt qu'à la vitesse maximale dans le cycle, on a recours à un réajustement de la vitesse pour améliorer la conduite.

8.2 La méthode de modification du cycle par réajustement de la vitesse est présentée ci-après.

8.2.1 Procédure de réajustement de la vitesse pour les véhicules de la classe 1

La figure A1/14 montre, à titre d'exemple, une phase à vitesse moyenne réajustée du cycle WLTC pour les véhicules de la classe 1.

Figure A1/14
Réajustement de la vitesse de la phase à vitesse moyenne du cycle WLTC pour les véhicules de la classe 1



Pour le cycle applicable aux véhicules de la classe 1, la période de réajustement de la vitesse est la période comprise entre la seconde 651 et la seconde 906. Au cours de cette période, l'accélération sur le cycle original est calculée au moyen de l'équation suivante :

$$a_{orig_i} = \frac{v_{i+1} - v_i}{3{,}6}$$

où :

v_i est la vitesse du véhicule, en km/h ;

i est la période entre la seconde 651 et la seconde 906.

Le réajustement de la vitesse a lieu dans un premier temps durant la période comprise entre les secondes 651 et 848. La courbe de la vitesse réajustée est calculée au moyen de l'équation suivante :

$$v_{dsc_{i+1}} = v_{dsc_i} + a_{orig_i} \times (1 - f_{dsc}) \times 3{,}6$$

pour i = 651 à 847.

Pour i = 651 $v_{dsc_i} = v_{orig_i}$

Afin d'obtenir la vitesse originale du véhicule à la seconde 907, on détermine un facteur de correction pour la décélération au moyen de l'équation suivante :

$$f_{corr\_dec} = \frac{v_{dsc\_848} - 36{,}7}{v_{orig\_848-} - 36{,}7}$$

où 36,7 km/h est la vitesse originale du véhicule à la seconde 907.

La vitesse réajustée du véhicule entre les secondes 849 et 906 est ensuite calculée au moyen de l'équation suivante :

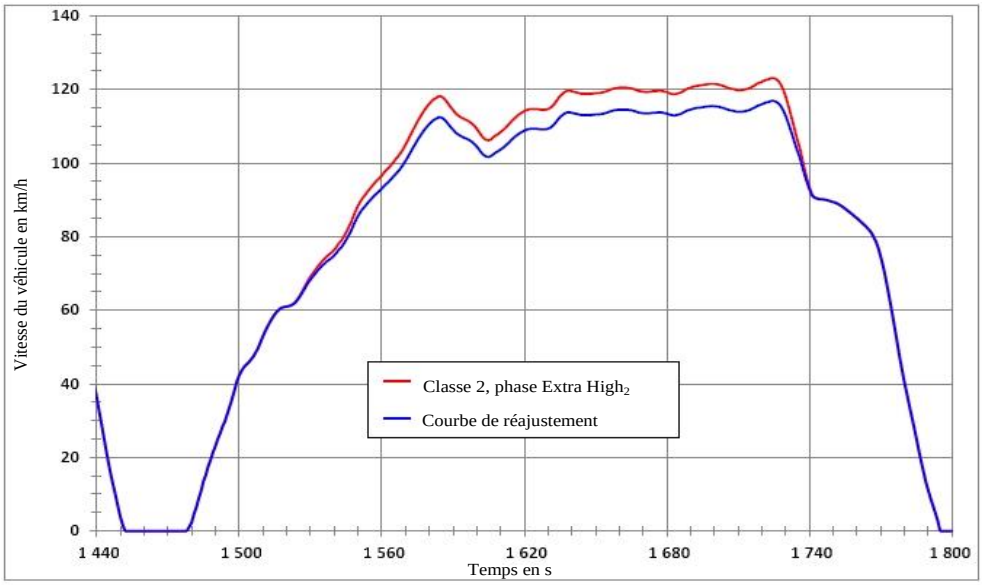
$$v_{dsc_i} = v_{dsc_{i-1}} + a_{orig_{i-1}} \times f_{corr\_dec} \times 3{,}6$$

pour i = 849 à 906.

8.2.2 Procédure de réajustement de la vitesse pour les véhicules de la classe 2

Sachant que les problèmes de faisabilité du cycle sont exclusivement liés aux phases à extra-haute vitesse des cycles applicables aux véhicules des classes 2 et 3, le réajustement de la vitesse a lieu sur les parties de ces phases où risquent de se poser ces problèmes (voir fig. A1/15 et A1/16).

Figure A1/15
Réajustement de la vitesse durant la phase à extra-haute vitesse du cycle WLTC pour les véhicules de la classe 2



Pour le cycle applicable aux véhicules de la classe 2, la période de réajustement de la vitesse est la période comprise entre la seconde 1 520 et la seconde 1 742. Au cours de cette période, l'accélération sur le cycle original est calculée au moyen de l'équation suivante :

$$a_{orig_i} = \frac{v_{i+1} - v_i}{3{,}6}$$

où :

v_i est la vitesse du véhicule, en km/h ;

i est la période entre la seconde 1 520 et la seconde 1 742.

Le réajustement de la vitesse a lieu dans un premier temps durant la période comprise entre les secondes 1 520 et 1 725. La seconde 1 725 est l'instant auquel est atteinte la vitesse maximale de la phase à extra-haute vitesse.

La courbe de la vitesse réajustée est calculée au moyen de l'équation suivante :

$$v_{dsc_{i+1}} = v_{dsc_i} + a_{orig_i} \times (1 - f_{dsc}) \times 3{,}6$$

pour i = 1 520 à 1 724.

Pour i = 1520, $v_{dsc_i} = v_{orig_i}$.

Afin d'obtenir la vitesse originale du véhicule à la seconde 1 743, on détermine un facteur de correction pour la décélération au moyen de l'équation suivante :

$$f_{corr\_dec} = \frac{v_{dsc\_1725} - 90{,}4}{v_{orig\_1725} - 90{,}4}$$

où 90,4 km/h est la vitesse originale du véhicule à la seconde 1 743.

La vitesse réajustée du véhicule entre les secondes 1 726 et 1 742 est calculée au moyen de l'équation suivante :

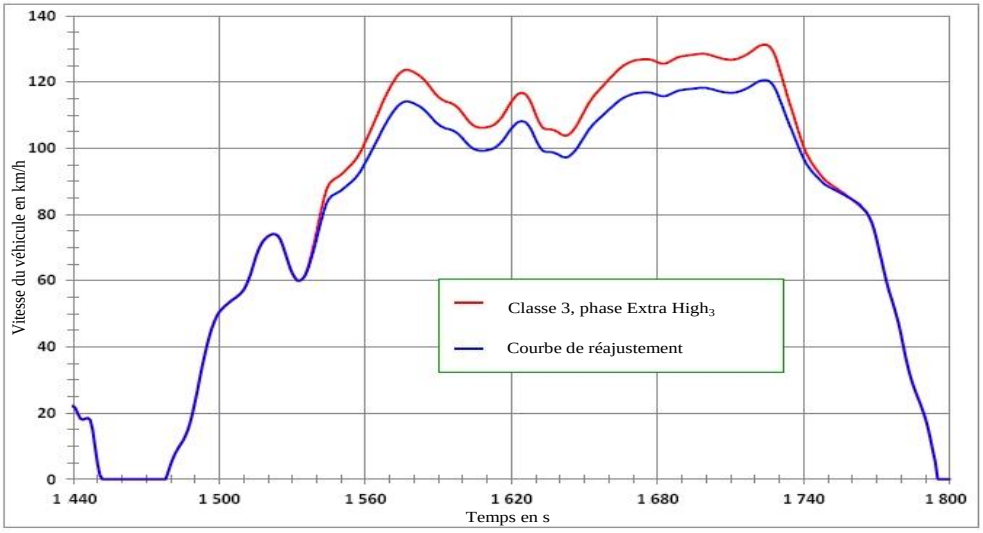
$$v_{dsc_i} = v_{dsc_{i-1}} + a_{orig_{i-1}} \times f_{corr\_dec} \times 3{,}6$$

pour i = 1 726 à 1 742.

8.2.3 Procédure de réajustement de la vitesse pour les véhicules de la classe 3

La figure A1/16 montre un exemple de réajustement durant la phase à extra-haute vitesse du cycle WLTC applicable aux véhicules de la classe 3.

Figure A1/16
Réajustement de la vitesse durant la phase à extra-haute vitesse du cycle WLTC pour les véhicules de la classe 3



Pour le cycle applicable aux véhicules de la classe 3, la période de réajustement de la vitesse est la période comprise entre la seconde 1 533 et la seconde 1 762. Au cours de cette période, l'accélération sur le cycle original est calculée au moyen de l'équation suivante :

$$a_{orig_i} = \frac{v_{i+1} - v_i}{3{,}6}$$

où :

v_i est la vitesse du véhicule, en km/h ;

i est la période entre la seconde 1 533 et la seconde 1 762.

Le réajustement de la vitesse a lieu dans un premier temps durant la période comprise entre les secondes 1 533 et 1 724. La seconde 1 724 est l'instant auquel est atteinte la vitesse maximale de la phase à extra-haute vitesse. La courbe de la vitesse réajustée est ensuite calculée au moyen de l'équation suivante :

$$v_{dsc_{i+1}} = v_{dsc_i} + a_{orig_i} \times (1 - f_{dsc}) \times 3{,}6$$

pour i = 1 533 à 1 723.

Pour i = 1533, $v_{dsc_i} = v_{orig_i}$.

Afin de déterminer la vitesse originale du véhicule à la seconde 1 763, on calcule le facteur de correction pour la décélération au moyen de l'équation suivante :

$$f_{corr\_dec} = \frac{v_{dsc\_1724} - 82{,}6}{v_{orig\_1724} - 82{,}6}$$

où 82,6 km/h est la vitesse originale du véhicule à la seconde 1 763.

La vitesse réajustée du véhicule entre les secondes 1 725 et 1 762 est ensuite calculée au moyen de l'équation suivante :

$$v_{dsc_i} = v_{dsc_{i-1}} + a_{orig_{i-1}} \times f_{corr\_dec} \times 3{,}6$$

pour i = 1 725 à 1 762.

8.3 Détermination du facteur de réajustement

Le facteur de réajustement f_{dsc} est fonction du rapport r_{max} entre la puissance maximale requise durant les phases du cycle où s'appliquent le réajustement et la puissance nominale du véhicule (P_{rated}).

La puissance maximale requise, $P_{req,max,i}$, exprimée en kW, est liée à un instant particulier i et à la vitesse correspondante v_i sur la courbe du cycle et est calculée au moyen de l'équation suivante :

$$P_{req,max,i} = \frac{\left((f_0 \times v_i) + \left(f_1 \times v_i^2\right) + \left(f_2 \times v_i^3\right) + (1{,}03 \times TM \times v_i \times a_i)\right)}{3\,600}$$

où :

f_0, f_1, f_2 sont les coefficients applicables de résistance à l'avancement sur route, N, N/(km/h) et N/(km/h)² respectivement ;

TM est la masse d'essai applicable, en kg ;

v_i est la vitesse à l'instant i, en km/h ;

a_i est l'accélération à l'instant i, en km/h².

L'instant i du cycle auquel la puissance maximale ou des valeurs proches de la puissance maximale sont requises correspond à la seconde 764 pour le cycle de la classe 1, 1 574 pour le cycle de la classe 2 et 1 566 pour le cycle de la classe 3.

Les vitesses v_i et les accélérations a_i correspondantes sont les suivantes :

v_i = 61,4 km/h et a_i = 0,22 m/s² pour la classe 1 ;

v_i = 109,9 km/h et a_i = 0,36 m/s² pour la classe 2 ;

v_i = 111,9 km/h et a_i = 0,50 m/s² pour la classe 3.

r_{max} est calculé au moyen de l'équation suivante :

$$r_{max} = \frac{P_{req,max,i}}{P_{rated}}$$

Le facteur de réajustement f_{dsc} est calculé au moyen des équations ci-après :

$$\text{Si } r_{max} < r_0,\ f_{dsc} = 0$$

et donc aucun réajustement n'est à appliquer.

$$\text{Si } r_{max} \geq r_0,\ f_{dsc} = a_1 \text{ x } r_{max} + b_1$$

Le paramètre et les coefficients r_0, a_1 et b_1 sont les suivants :

Classe 1 r_0 = 0,978, a_1 = 0,680, b_1 = -0,665 ;

Classe 2 r_0 = 0,866, a_1 = 0,606, b_1 = -0,525 ;

Classe 3 r_0 = 0,867, a_1 = 0,588, b_1 = -0,510.

La valeur f_{dsc} obtenue est arrondie à 3 décimales et s'applique uniquement si elle dépasse 0,010.

Les données suivantes doivent être enregistrées :

a) f_{dsc} ;

b) v_{max} ;

c) distance parcourue, m.

La distance est calculée comme étant la somme de v_i en km/h divisée par 3,6 sur toute la courbe du cycle.

8.4 Prescriptions additionnelles

Dans le cas où un véhicule est soumis à essai dans différentes configurations en termes de masse d'essai et de coefficients de résistance à l'avancement, le facteur de réajustement est appliqué individuellement.

Si, après application d'un réajustement, la vitesse maximale du véhicule est inférieure à la vitesse maximale du cycle, la procédure visée au paragraphe 9 de la présente annexe doit être appliquée avec le cycle applicable.

Si le véhicule ne peut pas suivre la courbe de vitesse du cycle applicable en respectant les tolérances aux vitesses inférieures à sa vitesse maximale, il doit être conduit avec l'accélérateur actionné à fond de course durant ces périodes. Les écarts par rapport à la courbe sont autorisés dans ces cas.

9. Modifications du cycle pour les véhicules ayant une vitesse maximale inférieure à la vitesse maximale du cycle prescrite aux paragraphes antérieurs de la présente annexe

9.1 Observations générales

Le présent paragraphe s'applique, lorsque cela est prescrit par la législation régionale, aux véhicules qui sont techniquement capables de suivre la courbe de vitesse du cycle applicable prescrite au paragraphe 1 de la présente annexe

(cycle de base) aux vitesses inférieures à leur vitesse maximale, mais dont la vitesse maximale est limitée à une valeur inférieure à la vitesse maximale du cycle de base pour d'autres raisons. Aux fins du présent paragraphe, le cycle applicable en question, dénommé « cycle de base », est utilisé pour déterminer le cycle à vitesse limitée.

En cas de réajustement de la vitesse conformément au paragraphe 8.2 de la présente annexe, le cycle réajusté doit être pris comme cycle de base.

La vitesse maximale du cycle de base est désignée par $v_{max,cycle}$.

La vitesse maximale du véhicule est désignée par v_{cap} (vitesse limitée).

Si v_{cap} est appliquée à un véhicule de la classe 3b telle que définie au paragraphe 3.3.2 de la présente annexe, le cycle pour les véhicules de cette classe doit être pris comme cycle de base. Cette disposition s'applique même lorsque v_{cap} est inférieure à 120 km/h.

Lorsque v_{cap} est appliquée, le cycle de base doit être modifié comme décrit au paragraphe 9.2 de la présente annexe afin de parcourir la même distance sur le cycle pour le cycle à vitesse limitée que pour le cycle de base.

9.2 Étapes du calcul

9.2.1 Détermination de la différence de distance parcourue par phase du cycle

Un cycle intérimaire à vitesse limitée doit être calculé par remplacement de toutes les valeurs de vitesse mesurées du véhicule $v_i > v_{cap}$, par v_{cap}.

9.2.1.1 Si $V_{cap} < V_{max,\ medium}$, les distances parcourues des phases à vitesse moyenne du cycle de base $d_{base\ medium}$, et du cycle intérimaire à vitesse limitée $d_{cap\ medium}$ doivent être calculées au moyen de l'équation suivante pour les deux cycles :

$$d_{medium} = \sum\left(\frac{(v_i + v_{i-1})}{2 \times 3{,}6} \times (t_i - t_{i-1})\right), \text{ pour } i = 591\text{-}1\,022$$

où :

$v_{max,medium}$ est la vitesse maximale du véhicule de la phase à vitesse moyenne, comme indiqué au tableau A1/2 pour le cycle de la classe 1, au tableau A1/4 pour le cycle de la classe 2, au tableau A1/8 pour le cycle de la classe 3a et au tableau A1/9 pour le cycle de la classe 3b.

9.2.1.2 Si $v_{cap} < v_{max,high}$, les distances parcourues des phases à grande vitesse du cycle de base $d_{base,high}$ et du cycle intérimaire à vitesse limitée $d_{cap,high}$ doivent être calculées au moyen de l'équation suivante pour les deux cycles :

$$d_{high} = \sum\left(\frac{(v_i + v_{i-1})}{2 \times 3{,}6} \times (t_i - t_{i-1})\right), \text{ pour } i = 1\,024\text{-}1\,477$$

$v_{max,high}$ est la vitesse maximale du véhicule des phases à grande vitesse, comme indiqué au tableau A1/5 pour le cycle de la classe 2, au tableau A1/10 pour le cycle de la classe 3a et au tableau A1/11 pour le cycle de la classe 3b.

9.2.1.3 Les distances parcourues de la phase à extra-haute vitesse du cycle de base $d_{base,exhigh}$ et du cycle intérimaire à vitesse limitée $d_{cap,exhigh}$ doivent être calculées au moyen de l'équation suivante, appliquées à la phase extra-haute vitesse des deux cycles :

$$d_{exhigh} = \sum\left(\frac{(v_i + v_{i-1})}{2 \times 3{,}6} \times (t_i - t_{i-1})\right), \text{ pour } i = 1\,479\text{-}1\,800$$

9.2.2 Détermination des périodes de temps à ajouter au cycle intérimaire à vitesse limitée en vue de compenser les différences de distance parcourue

Pour compenser une différence de distance parcourue entre le cycle de base et le cycle intérimaire à vitesse limitée, des périodes de temps correspondantes à

$v_i = v_{cap}$ doivent être ajoutées au cycle intérimaire à vitesse limitée comme décrit dans les paragraphes 9.2.2.1 à 9.2.2.3 ci-après.

9.2.2.1 Période de temps additionnelle pour la phase à vitesse moyenne

Si $v_{cap} < v_{max,medium}$, la période de temps additionnelle à ajouter à la phase à moyenne vitesse du cycle intérimaire à vitesse limitée doit être calculée au moyen de l'équation suivante :

$$\Delta t_{medium} = \frac{(d_{base,medium} - d_{cap,medium})}{Vcap} \times 3{,}6$$

Le nombre de valeurs de temps $n_{add,medium}$ avec $v_i = v_{cap}$ à ajouter à la phase à moyenne vitesse du cycle intérimaire à vitesse limitée, Δt_{medium}, arrondi mathématiquement au chiffre entier le plus proche (1,4 doit être arrondi à 1, et 1,5 doit être arrondi à 2).

9.2.2.2 Période de temps additionnelle pour la phase à haute vitesse

Si $v_{cap} < v_{max,high}$, la période de temps additionnelle à ajouter aux phases à haute vitesse du cycle intérimaire à vitesse limitée doit être calculée au moyen de l'équation suivante :

$$\Delta t_{high} = \frac{(d_{base,high} - d_{cap,high})}{Vcap} \times 3{,}6$$

Le nombre de valeurs de temps $n_{add,high}$ avec $v_i = v_{cap}$ à ajouter à la phase à haute vitesse du cycle intérimaire à vitesse limitée est égal à Δt_{high}, mathématiquement arrondi au chiffre entier le plus proche.

9.2.2.3 La période de temps additionnelle à ajouter à la phase à extra-haute vitesse du cycle intérimaire à vitesse limitée doit être calculée au moyen de l'équation suivante :

$$\Delta t_{exhigh} = \frac{(d_{base,exhigh} - d_{cap,exhigh})}{Vcap} \times 3{,}6$$

Le nombre de mesures de temps $n_{add,exhigh}$ avec $v_i = v_{cap}$ à ajouter à la phase à extra-haute vitesse du cycle intérimaire à vitesse limitée est égal à Δtex_{high}, mathématiquement arrondi au chiffre entier le plus proche.

9.2.3 Établissement du cycle final à vitesse limitée

9.2.3.1 Cycle de la classe 1

La première partie du cycle final à vitesse limitée est constituée par la courbe de vitesse du véhicule du cycle intérimaire à vitesse limitée jusqu'à la dernière mesure de la phase à vitesse moyenne où $v = v_{cap}$. L'instant de cette mesure est désigné comme t_{medium}.

Les mesures $n_{add,medium}$ avec $v_i = v_{cap}$ sont ensuite ajoutées, si bien que l'instant de la dernière mesure est ($t_{medium} + n_{add,medium}$).

La partie restante de la phase à moyenne vitesse du cycle intérimaire à vitesse limitée, qui est identique à la partie correspondante du cycle de base, est alors ajoutée, si bien que l'instant de la dernière mesure est (1 022 + $n_{add,medium}$).

9.2.3.2 Cycles de la classe 2 et de la classe 3

9.2.3.2.1 $v_{cap} < v_{max,medium}$

La première partie du cycle final à vitesse limitée est constituée par la courbe de vitesse du véhicule du cycle intérimaire à vitesse limitée jusqu'à la dernière mesure de la phase à vitesse moyenne où $v = v_{cap}$. L'instant de cette mesure est désigné comme t_{medium}.

Les mesures $n_{add,medium}$ avec $v_i = v_{cap}$ doivent ensuite être ajoutées, si bien que l'instant de la dernière mesure est ($t_{medium} + n_{add,medium}$).

La partie restante de la phase vitesse moyenne du cycle intérimaire à vitesse limitée, qui est identique à la partie correspondante du cycle de base, doit alors être ajoutée, si bien que l'instant de la dernière mesure est (1 022 + $n_{add,medium}$).

À l'étape suivante, la première partie de la phase à haute vitesse du cycle intérimaire à vitesse limitée jusqu'à la dernière mesure de la phase à haute vitesse où v = v_{cap} doit être ajoutée. L'instant de cette mesure dans le cycle intérimaire à vitesse limitée est désigné comme t_{high}, si bien que l'instant de la dernière mesure dans le cycle final à vitesse limitée est (t_{high} + $n_{add,medium}$).

Les mesures $n_{add,high}$ avec v_i = v_{cap} doivent ensuite être ajoutées, si bien que l'instant de la dernière mesure est (t_{high} + $n_{add,medium}$ + $n_{add,high}$).

La partie restante de la phase à haute vitesse du cycle intérimaire à vitesse limitée, qui est identique à la partie correspondante du cycle de base, doit alors être ajoutée, si bien que l'instant de la dernière mesure est (1 477 + $n_{add,medium}$ + $n_{add,high}$).

À l'étape suivante, la première partie de la phase à extra-haute vitesse du cycle intérimaire à vitesse limitée jusqu'à la dernière mesure de la phase à haute vitesse où v = v_{cap}. doit être ajoutée. L'instant de cette mesure dans le cycle intérimaire à vitesse limitée est désigné comme t_{exhigh}, si bien que l'instant de cette mesure dans le cycle final à vitesse limitée est (t_{exhigh} + $n_{add,medium}$ + $n_{add,high}$).

Les mesures $n_{add,exhigh}$ avec v_i = v_{cap} doivent ensuite être ajoutées, si bien que l'instant de la dernière mesure est (t_{exhigh} + $n_{add,medium}$ + $n_{add,high}$ + $n_{add,exhigh}$).

La partie restante de la phase à extra-haute vitesse du cycle intérimaire à vitesse limitée, qui est identique à la partie correspondante du cycle de base, doit alors être ajoutée, si bien que l'instant de la dernière mesure est (1 800 + $n_{add,medium}$ + $n_{add,high}$ + $n_{add,exhigh}$).

La longueur du cycle final à vitesse limitée est équivalente à celle du cycle de base, sauf quant aux écarts résultant de l'arrondissement des valeurs de $n_{add,medium}$, $n_{add,high}$ et $n_{add,exhigh}$.

9.2.3.2.2 $v_{max,\ medium} \leq v_{cap} < v_{max,\ high}$

La première partie du cycle final à vitesse limitée est constituée par la courbe de vitesse du véhicule du cycle intérimaire à vitesse limitée jusqu'à la dernière mesure de la phase à haute vitesse où v = v_{cap}. L'instant de cette mesure est désigné comme t_{high}.

Les mesures $n_{add,high}$ avec v_i = v_{cap} doivent ensuite être ajoutées, si bien que l'instant de la dernière mesure est (t_{high} + $n_{add,high}$).

La partie restante de la phase à haute vitesse du cycle intérimaire à vitesse limitée, qui est identique à la partie correspondante du cycle de base, doit alors être ajoutée, si bien que l'instant de la dernière mesure est (1 477 + $n_{add,high}$).

À l'étape suivante, la première partie de la phase à extra-haute vitesse du cycle intérimaire à vitesse limitée jusqu'à la dernière mesure de la phase à extra-haute vitesse où v = v_{cap} doit être ajoutée. L'instant de cette mesure dans le cycle intérimaire à vitesse limitée est désigné comme t_{exhigh}, si bien que l'instant de cette mesure dans le cycle final à vitesse limitée est (t_{exhigh} + $n_{add,high}$).

Les mesures $n_{add,exhigh}$ avec v_i = v_{cap} doivent ensuite être ajoutées, si bien que l'instant de la dernière mesure est (t_{exhigh} + $n_{add,high}$ + $n_{add,exhigh}$).

La partie restante de la phase à extra-haute vitesse du cycle intérimaire à vitesse limitée, qui est identique à la partie correspondante du cycle de base, doit alors être ajoutée, si bien que l'instant de la dernière mesure est (1 800 + $n_{add,high}$ + $n_{add,exhigh}$).

La longueur du cycle final à vitesse limitée est équivalente à celle du cycle de base, sauf quant aux écarts résultant de l'arrondissement des valeurs de $n_{add,high}$ et $n_{add,exhigh}$.

9.2.3.2.3 $v_{max,\ high} \leq v_{cap} < v_{max,\ exhigh}$

La première partie du cycle final à vitesse limitée est constituée par la courbe de vitesse du véhicule du cycle intérimaire à vitesse limitée jusqu'à la dernière mesure de la phase à extra-haute vitesse où $v = v_{cap}$. L'instant de cette mesure est désigné comme t_{exhigh}.

Les mesures $n_{add,exhigh}$ avec $v_i = v_{cap}$ doivent ensuite être ajoutées, si bien que l'instant de la dernière mesure est ($t_{exhigh} + n_{add,exhigh}$).

La partie restante de la phase à extra-haute vitesse du cycle intérimaire à vitesse limitée, qui est identique à la partie correspondante du cycle de base, doit alors être ajoutée, si bien que l'instant de la dernière mesure est ($1\ 800 + n_{add,exhigh}$).

La longueur du cycle final à vitesse limitée est équivalente à celle du cycle de base, sauf quant aux écarts résultant de l'arrondissement des valeurs de $n_{add,exhigh}$.

10. Détermination des cycles en fonction des véhicules

10.1 Un véhicule d'une classe donnée doit être soumis au cycle d'essai applicable aux véhicules de cette classe (classe 1, classe 2, classe 3a ou classe 3b, selon le cas). Il est toutefois possible, à la demande du constructeur et avec l'accord de l'autorité compétente, de soumettre un véhicule au cycle d'essai d'une classe supérieure : un véhicule de la classe 2 peut par exemple être soumis au cycle d'essai applicable aux véhicules de la classe 3. Dans ce cas précis, les différences entre les classes 3a et 3b doivent être respectées et le cycle peut être modifié par réajustement de la vitesse conformément aux paragraphes 8 à 8.4 de la présente annexe.

Annexe 2

Sélection des rapports et détermination du point de changement de rapports pour les véhicules équipés d'une transmission manuelle

1. Remarques générales

1.1 Les procédures de changement de rapports décrites dans la présente annexe s'appliquent aux véhicules équipés d'une transmission manuelle.

1.2 Les rapports prescrits et les points de changement de rapports prescrits sont fondés sur l'équilibre entre la puissance nécessaire pour surmonter la résistance à l'avancement et obtenir une accélération, et la puissance fournie par le moteur sur tous les rapports possibles durant une phase donnée du cycle.

1.3 Le calcul visant à déterminer les rapports à utiliser doit s'effectuer sur la base de régimes moteur et de courbes de puissance à pleine charge par comparaison avec le régime moteur.

1.4 Pour les véhicules équipés d'une transmission à deux gammes (basse et haute), seule la gamme prévue pour le fonctionnement normal sur route doit être prise en compte pour la détermination des rapports à utiliser.

1.5 Les prescriptions relatives à l'utilisation de l'embrayage ne s'appliquent pas si l'embrayage est commandé automatiquement sans que le conducteur ait à embrayer et débrayer.

1.6 La présente annexe ne s'applique pas aux véhicules soumis à des essais conformément à l'annexe 8.

2. Données requises et calculs préliminaires

Les données ci-après et les calculs suivants sont nécessaires pour la détermination des rapports à utiliser lors de l'exécution du cycle d'essai sur un banc à rouleaux :

a) P_{rated}, la puissance maximale du moteur annoncée par le constructeur, kW ;

b) n_{rated}, le régime nominal du moteur annoncé par le constructeur, auquel le moteur développe sa puissance maximale, min^{-1} ;

c) n_{idle}, le régime du ralenti, min^{-1} :

n_{idle} doit être mesuré sur une durée d'au moins 1 min à une fréquence d'acquisition de 1 Hz, le moteur tournant au ralenti à chaud, le levier de vitesse étant en position point mort, et l'embrayage étant embrayé. Les conditions en ce qui concerne la température, les dispositifs périphériques et auxiliaires, etc., doivent être celles prescrites dans l'annexe 6 relative à l'essai du type 1 ;

La valeur à appliquer dans la présente annexe doit être la valeur moyenne arithmétique sur la durée de mesure, arrondie ou tronquée à la plus proche fraction de 10 min^{-1} ;

d) n_g, le nombre de rapports en marche avant :

Les rapports de marche avant de la gamme prévue pour le fonctionnement normal sur route doivent être numérotés par ordre décroissant du rapport entre le régime moteur en min^{-1} et la vitesse du véhicule en km/h. Le rapport 1 est celui correspondant au rapport le plus élevé, le rapport ng étant celui correspondant au rapport le plus bas. ng déterminant le nombre de rapports de marche avant ;

e) $(n/v)_i$, le rapport obtenu en divisant le régime moteur n par la vitesse du véhicule v pour chaque rapport i, pour i à ng_{max}, $min^{-1}/(km/h)$. $(n/v)_i$ doit être calculé conformément aux équations visées au paragraphe 8 de l'annexe 7 ;

f) f_0, f_1, f_2, les coefficients applicables de résistance à l'avancement sur route, N, N/(km/h) et N/(km/h)² respectivement ;

g) n_{max}

$n_{max1} = n_{95\_high}$, le régime maximal du moteur auquel est atteint 95 % de la puissance nominale, min^{-1} ;

S'il est impossible de déterminer n_{95_high} parce que le régime du moteur est limité, pour tous les rapports, à une valeur n_{lim} plus basse et que la puissance à pleine charge correspondante dépasse 95 % de la puissance nominale, il convient de fixer n_{95_high} à n_{lim}.

$$n_{max2} = (n/v)(ng_{max}) \times v_{max,cycle}$$

$$n_{max3} = (n/v)(ng_{max}) \times v_{max,vehicle}$$

où :

ng_{vmax} est défini au paragraphe 2 i) de la présente annexe ;

$v_{max,cycle}$ est la vitesse maximale de la courbe de vitesse du véhicule d'après les dispositions de l'annexe 1, en km/h ;

$v_{max,vehicle}$ est la vitesse maximale du véhicule conformément aux dispositions du paragraphe 2 i) de la présente annexe, en km/h ;

$(n/v)(ng_{vmax})$ est le rapport obtenu en divisant le régime moteur n par la vitesse du véhicule v pour le rapport ng_{vmax}, $min^{-1}/(km/h)$;

n_{max} est le maximum de n_{max1}, n_{max2} et n_{max3}, en min^{-1}.

h) $P_{wot}(n)$, la courbe de puissance à pleine charge sur la plage de régime moteur.

La courbe de puissance est constituée d'un nombre suffisant de jeux de données (n, P_{wot}) de telle manière que le calcul des points intermédiaires entre jeux de données consécutifs puisse être effectué par interpolation linéaire. Les écarts de l'interpolation linéaire par rapport à la courbe de puissance à pleine charge déterminée conformément au Règlement ONU nº 85 ne doivent pas dépasser 2 %. Le premier jeu de données doit être relevé au régime $n_{min\_drive\_set}$ (voir al. k) iii) ci-après) ou plus bas. Le dernier jeu de données doit être relevé à n_{max} ou à une valeur plus élevée. Les jeux de données ne doivent pas nécessairement être relevés à intervalles égaux mais ils doivent tous être consignés.

Les jeux de données et les valeurs P_{rated} et n_{rated} doivent être déduits de la courbe de puissance déclarée par le constructeur.

La courbe de puissance à pleine charge à des régimes moteur non pris en compte par le Règlement ONU nº 85 doit être déterminée conformément à la méthode décrite dans le Règlement ONU nº 85 ;

i) Détermination de ng_{vmax} et v_{max}

ng_{vmax}, le rapport sur lequel la vitesse maximale du véhicule est atteinte, doit être déterminé comme suit :

Si $v_{max}(ng) \geq v_{max}(ng\text{-}1)$ et $v_{max}(ng\text{-}1) \geq v_{max}(ng\text{-}2)$, on a

$ng_{vmax} = ng$ et $v_{max} = v_{max}(ng)$;

Si $v_{max}(ng) < v_{max}(ng\text{-}1)$ and $v_{max}(ng\text{-}1) \geq v_{max}(ng\text{-}2)$, on a :

$ng_{vmax} = ng\text{-}1$ and $v_{max} = v_{max}(ng\text{-}1)$;

Dans les autres cas, $ng_{vmax} = ng\ \text{-}2$ et $v_{max} = v_{max}(ng\text{-}2)$;

où :

$v_{max}(ng)$ est la vitesse du véhicule à laquelle la puissance requise pour surmonter la résistance à l'avancement sur route est égale à la puissance disponible, P_{wot}, sur le rapport ng (voir fig. A2/1a) ;

$v_{max}(ng\text{-}1)$ est la vitesse du véhicule à laquelle la puissance requise pour surmonter la résistance à l'avancement sur route est égale à la puissance disponible, P_{wot}, sur le rapport ng-1 (voir fig. A2/1b).

$v_{max}(ng\text{-}2)$ est la vitesse du véhicule à laquelle la puissance requise pour surmonter la résistance à l'avancement sur route est égale à la puissance disponible, P_{wot}, sur le rapport ng-2.

Pour la détermination de v_{max} et ng_{vmax}, il convient d'utiliser des valeurs de vitesse du véhicule arrondies à une décimale.

La puissance requise afin de surmonter la résistance à l'avancement sur route, kW, est calculée au moyen de l'équation suivante :

$$P_{required} = \frac{f_0 \times v + f_1 \times v^2 + f_2 \times v^3}{3600}$$

où :

v est la vitesse du véhicule telle que définie ci-dessus, en km/h.

La puissance disponible, $P_{wot}(n)$, à la vitesse du véhicule v_{max} sur le rapport ng, le rapport ng-1 ou le rapport ng-2 peut être déterminée à partir de la courbe de puissance à pleine charge au moyen des équations suivantes :

$$n_{ng} = (n/v)_{ng} \times v_{max}(ng),$$

$$n_{ng\text{-}1} = (n/v)_{ng\text{-}1} \times v_{max}(ng\text{-}1),$$

$$n_{ng\text{-}2} = (n/v)_{ng\text{-}2} \times v_{max}(ng\text{-}2),$$

et en réduisant les valeurs de puissance de la courbe de puissance à pleine charge de 10 %.

La méthode décrite ci-dessus peut, si nécessaire, être étendue aux rapports ng-3, ng-4, etc.

Si, afin de limiter la vitesse maximale du véhicule, le régime maximal est limité à n_{lim}, dont la valeur est inférieure au régime correspondant à l'intersection entre la courbe de la puissance requise pour surmonter la résistance à l'avancement sur route et la courbe de la puissance disponible, alors :

$$ng_{vmax} = ng_{max} \text{ et } v_{max} = n_{lim}/(n/v)\ (ng_{max}).$$

Figure A2/1a
Cas où ng_{vmax} est le rapport le plus élevé

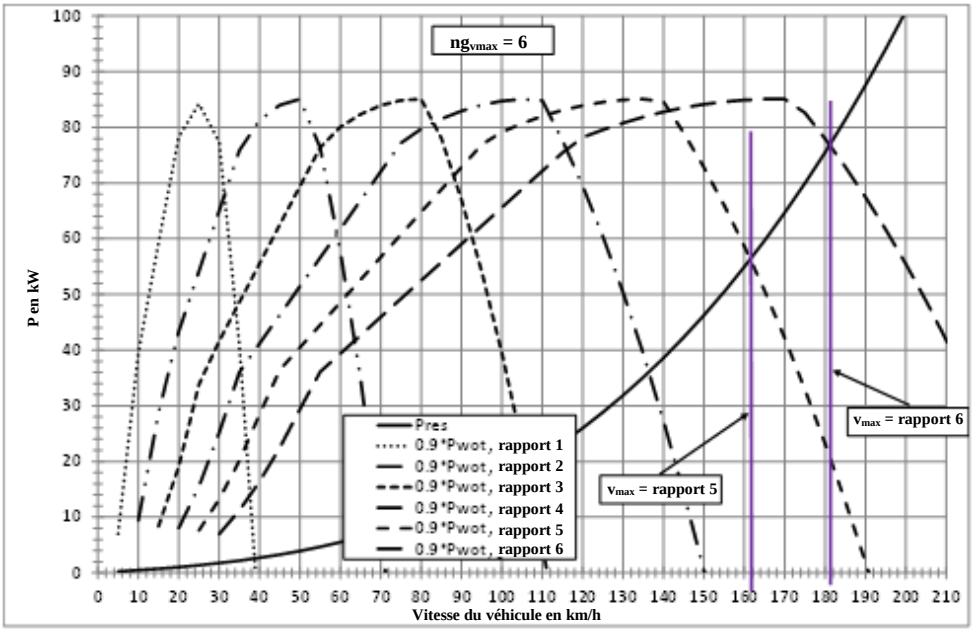
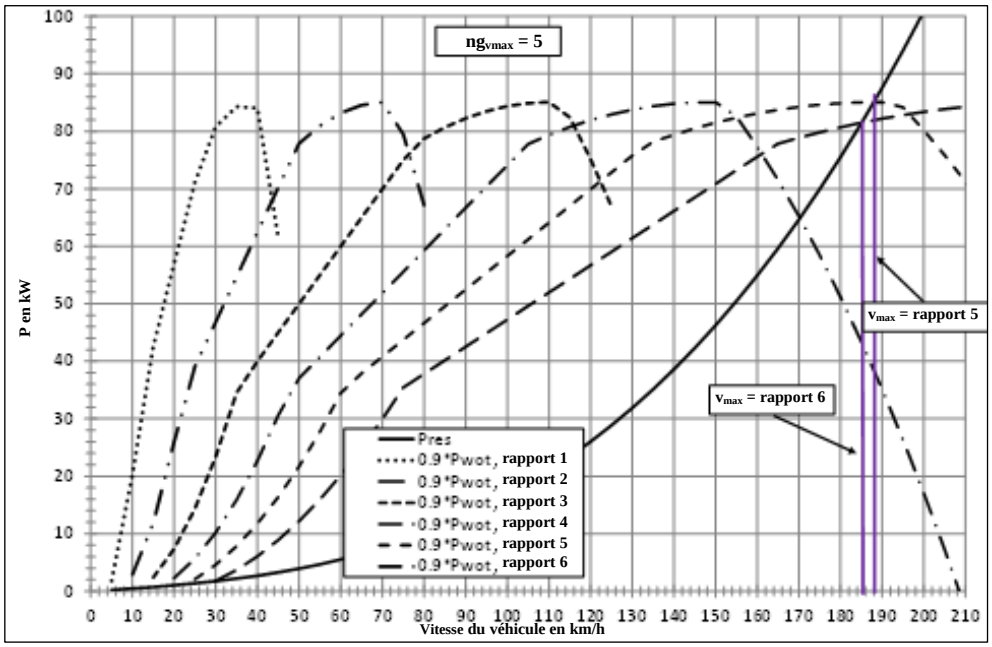


Figure A2/1b
Cas où ng_{vmax} est le rapport le plus élevé moins 1



j) Exclusion d'une vitesse rampante

Le rapport 1 peut être exclu de l'essai à la demande du constructeur si toutes les conditions suivantes sont remplies :

i) La famille de véhicule est homologuée pour la traction d'une remorque ;

ii) $(n/v)_1 \times (v_{max} / n_{95\_high}) > 6{,}74$;

iii) $(n/v)_2 \times (v_{max} / n_{95\_high}) > 3{,}85$;

iv) Le véhicule, ayant la masse m_t définie par l'équation ci-dessous, est capable de démarrer à partir de l'arrêt en 4 s, sur une pente ascendante d'au moins 12 %, 5 fois de suite sur une période de 5 min ;

$$m_t = m_{r0} + 25\ \text{kg} + (MC - m_{r0} - 25\ \text{kg}) \times 0{,}28$$

(le facteur 0,28 doit être utilisé pour les véhicules de la catégorie 2 dont la masse brute est inférieure ou égale à 3,5 tonnes et doit être remplacé par le facteur 0,15 dans le cas des véhicules de la catégorie 1) ;

où :

v_{max} est la valeur maximale de la vitesse du véhicule telle que spécifiée au paragraphe 2 i) de la présente annexe. Seule la valeur de v_{max} résultant de l'intersection entre la courbe de la puissance requise pour surmonter la résistance à l'avancement sur route et la courbe de la puissance disponible du rapport pertinent peut être utilisée pour les points iii) et iv) ci-dessus. On ne doit pas utiliser une valeur de v_{max} résultant d'une limitation du régime moteur empêchant cette intersection ;

$(n/v)(ng_{vmax})$ est le rapport obtenu en divisant le régime moteur n par la vitesse du véhicule v pour le rapport ng_{vmax}, en min^{-1}/km/h ;

m_{r0} est la masse en ordre de marche, en kg ;

MC est la masse totale roulante de l'ensemble (masse totale roulante du véhicule + masse maximale de la remorque), en kg.

Dans ce cas, le rapport 1 ne doit pas être utilisé lors de l'exécution du cycle sur le banc à rouleaux et les rapports doivent être renumérotés en prenant le deuxième rapport comme rapport 1 ;

k) Définition de n_{min_drive}

n_{min_drive} est le régime moteur minimal lorsque le véhicule est en mouvement, min^{-1} ;

i) Pour $n_{gear} = 1$, $n_{min\_drive} = n_{idle}$,

ii) Pour $n_{gear} = 2$:

a) Pour les transitions du premier au deuxième rapport :

$$n_{min\_drive} = 1{,}15 \times n_{idle}$$

b) Pour les décélérations jusqu'à l'arrêt :

$$n_{min\_drive} = n_{idle}$$

c) Pour toutes les autres conditions de marche :

$$n_{min\_drive} = 0{,}9 \times n_{idle}$$

iii) Pour $n_{gear} > 2$, n_{min_drive} doit être déterminé comme suit :

$$n_{min\_drive} = n_{idle} + 0{,}125 \times (n_{rated} - n_{idle})$$

Cette valeur est dénommée $n_{min\_drive\_set}$.

Les résultats finals pour n_{min_drive} doivent être arrondis au chiffre entier le plus proche. Par exemple, 1 199,5 est arrondi à 1 200, et 1 199,4 est arrondi à 1 199.

Des valeurs supérieures à $n_{min\_drive\_set}$ peuvent être appliquées pour $n_{gear} > 2$, sur demande du constructeur. Dans ce cas, le constructeur peut spécifier une valeur pour les phases d'accélération et de vitesse constante ($n_{min\_drive\_up}$) et une valeur différente pour les phases de décélération ($n_{min\_drive\_down}$).

Les mesures pour lesquelles l'accélération est supérieure ou égale à -0,1389 m/s² doivent être affectées aux phases d'accélération ou de vitesse constante.

En outre, pour un laps de temps initial (t_{start_phase}), le constructeur peut spécifier des valeurs plus élevées ($n_{min\_drive\_start}$ et/ou $n_{min\_drive\_up\_start}$) que les valeurs n_{min_drive} et/ou $n_{min\_drive\_up}$ indiquées ci-dessus pour $n_{gear} > 2$.

Le laps de temps initial défini par le constructeur ne doit pas aller au-delà de la phase basse du cycle et doit prendre fin dans une phase d'arrêt afin qu'il n'y ait pas de modification de n_{min_drive} sur un court trajet.

Chacune de valeurs de n_{min_drive} choisies doit être supérieure ou égale à $n_{min\_drive\_set}$ mais inférieure ou égale à ($2 \times n_{min\_drive\_set}$).

Toutes les valeurs de n_{min_drive} choisies, ainsi que t_{start_phase}, doivent être consignées.

Seule la valeur $n_{min\_drive\_set}$ doit être prise comme limite inférieure pour la courbe de puissance à pleine charge dont il est question à l'alinéa h) du paragraphe 2 ci-dessus ;

l) TM, masse d'essai du véhicule, kg.

3. Calculs concernant la puissance requise, les régimes moteur, la puissance disponible et le rapport pouvant être utilisé

3.1 Calcul de la puissance requise

Pour chaque seconde j sur la courbe du cycle, la puissance requise afin de surmonter la résistance à l'avancement et d'accélérer est calculée au moyen de l'équation suivante :

$$P_{required,j} = \left(\frac{f_0 \times v_j + f_1 \times v_j^2 + f_2 \times v_j^3}{3\,600}\right) + \frac{kr \times a_j \times v_j \times TM}{3\,600}$$

où :

$P_{required,j}$ est la puissance requise à la seconde j, en kW ;

a_j est l'accélération du véhicule à la seconde j, en m/s², calculée comme suit :

$$a_j = \frac{(v_{j+1} - v_j)}{3{,}6 \times (t_{j+1} - t_j)}$$

kr est un facteur prenant en compte la résistance inertielle de la transmission durant l'accélération ; sa valeur est fixée à 1,03.

3.2 Détermination des régimes moteur

Pour chaque $v_j < 1$ km/h, il est supposé que le véhicule est à l'arrêt, et le régime moteur est réglé à n_{idle} et que la commande de la boîte de vitesses est mise au

point mort, embrayage embrayé, sauf pendant la seconde précédant une accélération à partir de l'arrêt, au cours de laquelle l'embrayage est débrayé et le premier rapport engagé.

Pour chaque $v_j \geq 1$ km/h sur la courbe du cycle et chaque rapport i, i = 1 à ng_{max}, le régime moteur $n_{i,j}$ est calculé au moyen de l'équation suivante :

$$n_{i,j} = (n/v)_i \times v_j$$

Les calculs doivent être effectués avec des nombres à virgule flottante ; les résultats ne doivent pas être arrondis.

3.3 Sélection des rapports possibles du point de vue du régime moteur

Les rapports suivants peuvent être sélectionnés pour suivre la courbe du cycle à v_j :

a) Tous les rapports $i < ng_{vmax}$ pour lesquels $n_{min\_drive} \leq n_{i,j} \leq n_{max1}$;

b) Tous les rapports $i \geq ng_{vmax}$ pour lesquels $n_{min\_drive} \leq n_{i,j} \leq n_{max2}$;

c) Le premier rapport, si $n_{1,j} < n_{min\_drive}$.

Si $a_j \leq 0$ et $n_{i,j} < n_{idle}$, $n_{i,j}$ doit être réglé à n_{idle} et l'embrayage doit être débrayé.

Si $a_j > 0$ et $n_{i,j} < (1{,}15 \times n_{idle})$, $n_{i,j}$ doit être réglé à $(1{,}15 \times n_{idle})$ et l'embrayage doit être débrayé.

3.4 Calcul de la puissance disponible

La puissance disponible pour chaque rapport i possible et chaque valeur de vitesse v_i sur la courbe du cycle est calculée au moyen de l'équation ci-après :

$$P_{available\_i,j} = P_{wot}\left(n_{i,j}\right) \times \left(1 - (SM + ASM)\right)$$

où :

P_{rated} est la puissance nominale, en kW ;

P_{wrot} est la puissance disponible à $n_{i,j}$ à pleine charge d'après la courbe de puissance à pleine charge ;

SM est un coefficient de sécurité tenant compte de l'écart entre la courbe de puissance à pleine charge en conditions stationnaires et la puissance disponible durant les périodes transitoires. Le coefficient SM est fixé à 10 % ;

ASM est un coefficient de sécurité additionnel en matière de puissance, qui peut être appliqué sur demande du constructeur.

Sur demande, le constructeur doit fournir les valeurs du coefficient ASM (en pourcentage de réduction de la puissance disponible P_{wot}, ainsi que les jeux de données pour $P_{wot}(n)$ comme indiqué dans l'exemple figurant dans le tableau A2/1. Les points de données consécutifs doivent être reliés par interpolation linéaire. Le coefficient ASM est limité à 50 %.

L'application d'un coefficient ASM doit être approuvée par l'autorité compétente.

Tableau A2/1

n	*Pwot*	*SM*	*ASM*	$P_{available}$
min^{-1}	*kW*	*(%)*	*(%)*	*kW*
700	6,3	10,0	20,0	4,4
1 000	15,7	10,0	20,0	11,0
1 500	32,3	10,0	15,0	24,2
1 800	56,6	10,0	10,0	45,3
1 900	59,7	10,0	5,0	50,8
2 000	62,9	10,0	0,0	56,6
3 000	94,3	10,0	0,0	84,9
4 000	125,7	10,0	0,0	113,2
5 000	157,2	10,0	0,0	141,5
5 700	179,2	10,0	0,0	161,3
5 800	180,1	10,0	0,0	162,1
6 000	174,7	10,0	0,0	157,3
6 200	169,0	10,0	0,0	152,1
6 400	164,3	10,0	0,0	147,8
6 600	156,4	10,0	0,0	140,8

3.5 Détermination des rapports pouvant être utilisés

Les rapports qu'il est possible d'utiliser dépendent des conditions suivantes :

a) Les conditions du paragraphe 3.3 de la présente annexe doivent être remplies ; et

b) Pour n_{gear} supérieur ou égal à 2 si $P_{available\_i,j}$ est supérieur ou égal à $P_{required,j}$.

Le rapport initial à utiliser pour chaque seconde j sur la courbe du cycle est le rapport final possible le plus élevé i_{max}. Si le véhicule part de l'arrêt, seul le premier rapport peut être utilisé.

Le rapport final possible le moins élevé est i_{min}.

4. Prescriptions additionnelles relatives aux corrections et/ou modifications à apporter aux conditions d'utilisation des rapports

La sélection faite en ce qui concerne le rapport initial doit être contrôlée et modifiée de façon à éviter des changements de rapport trop fréquents et à faciliter la conduite et l'exécution du cycle.

Une phase d'accélération est une période de plus de 2 s à une vitesse du véhicule ≥1 km/h, avec accroissement monotone de la vitesse. Une phase de décélération est une période de plus de 2 s à une vitesse du véhicule ≥ 1 km/h, avec décroissance monotone de la vitesse.

Les corrections et les modifications doivent être apportées en tenant compte des prescriptions ci-après :

a) Si un rapport immédiatement supérieur (n+1) est nécessaire pendant seulement 1 s et si les rapports précédents et suivants sont identiques (n), ou si l'un d'entre eux est inférieur d'un échelon (n-1), le rapport (n+1) doit être remplacé par le rapport n.

Exemples :

La séquence i-1, i, i-1 doit être remplacée par :

i-1, i-1, i-1 ;

La séquence i - 1, i, i - 2 doit être remplacée par :

i-1, i-1, i-2 ;

La séquence i-2, i, i-1 doit être remplacée par :

i-2, i-1, i-1.

Les rapports utilisés au cours des accélérations pour des vitesses ≥ 1 km/h doivent l'être pendant une durée minimale de 2 s (par exemple, la séquence de rapports 1, 2, 3, 3, 3, 3, 3 doit être remplacée par la séquence 1, 1, 2, 2, 3, 3, 3). Au cours des phases d'accélération aucun rapport ne doit être sauté.

Cependant, un changement de deux rapports vers le haut est autorisé au cours de la transition d'une phase d'accélération vers une phase de vitesse constante si la durée de la phase de vitesse constante dépasse 5 s.

b) Lorsqu'un changement de rapport vers le bas est nécessaire au cours d'une phase d'accélération, le rapport requis au cours de ce changement est indiqué (i_{DS}). La seconde précédant le moment où i_{DS} doit être identifié marque le point de départ d'une procédure de correction. Il conviendra alors de procéder au contrôle ci-après.

En remontant en arrière à partir de la fin de la phase d'accélération, il convient de déterminer la dernière occurrence d'une fenêtre de 10 s contenant i_{DS} pendant soit 2 s consécutives ou plus, soit pendant deux périodes distinctes de 1 s ou plus. La dernière utilisation d'i_{DS} dans cette fenêtre définit le point de fin de la procédure de correction. Entre le début et la fin de la période de correction, toutes les prescriptions relatives à des rapports supérieurs à i_{DS} doivent être corrigées pour répondre une prescription relative à $i_{DS.}$

De la fin de la période de correction à la fin de la phase d'accélération, tous les changements de rapport vers le bas d'une durée d'une seule seconde doivent être éliminés, s'il s'agit d'un rétrogradage d'un échelon. S'il est de deux échelons, toutes les prescriptions concernant les rapports supérieurs ou égaux à i_{DS} jusqu'à la dernière occurrence d'i_{DS} doivent être remplacées par (i_{DS} + 1).

Cette correction finale doit aussi être appliquée du point de départ à la fin de la phase d'accélération si aucune fenêtre de 10 s contenant i_{DS} pendant 2 s consécutives ou plus ou deux périodes de 1 s ou plus n'a été identifiée.

Exemples :

i) Si le rapport à utiliser calculé au départ est le suivant :

2, 2, 3, [3, 4, 4, 4, 4, 3, 4, 4, 4, 4], 4, 4, <u>3</u>, 4, 4, 4,

il doit être corrigé comme suit :

2, 2, 3, 3, 3, 3, 3, 3, <u>3</u>, 3, 3, 3, 3, 3, 3, <u>3</u>, 4, 4, 4.

ii) Si le rapport à utiliser calculé au départ est le suivant :

2, 2, 3, [3, 4, 4, <u>3</u>, 4, 4, 4, 4, 4, 4], 4, 4, 4, 4, 3, 4,

il doit être corrigé comme suit :

2, 2, 3, 3, 3, 3, <u>3</u>, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, <u>4</u>, 4.

iii) Si le rapport à utiliser calculé au départ est le suivant :

2, 2, 3, [3, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4], 4, 4, 4, 3, 3, 4,

il doit être corrigé comme suit :

2, 2, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 4.

Les premières fenêtres de 10 s sont indiquées entre crochets dans les exemples ci-dessus.

Les rapports soulignés (par exemple 3) désignent les cas qui pourraient induire une correction du rapport qui le précède.

Cette correction ne doit pas être effectuée pour le rapport 1.

c) Si le rapport i est utilisé pour une période de 1 à 5 s, que le rapport utilisé avant cette période est inférieur d'un échelon et que le rapport utilisé après cette période est inférieur d'un ou deux échelons par rapport à cette période, ou que le rapport antérieur à cette période est inférieur de deux échelons et que le rapport postérieur à cette période est inférieur d'un échelon par rapport à la période, le rapport de la période doit être remplacé par la valeur maximum des rapports précédant et suivant la période.

Exemples :

i) La séquence i-1, i, i-1 doit être remplacée par :

i-1, i-1,i-1 ;

La séquence i-1,i, i-2 doit être remplacée par :

i-1, i-1, i-2 ;

La séquence i-2, i, i-1 doit être remplacée par :

i-2, i-1, i-1.

ii) La séquence i-1, i, i, i-1 doit être remplacée par :

i-1, i-1, i-1, i-1 ;

La séquence i-1, i, i, i-2 doit être remplacée par :

i-1, i-1, i-1, i-2 ;

La séquence i-2, i, i, i-1 doit être remplacée par :

i-2, i-1, i-1, i-1.

iii) La séquence i-1, i, i,i, i-1 doit être remplacée par :

i-1, i-1,i-1, i-1, i-1 ;

La séquence i-1, i, i, i, i-2 doit être remplacée par :

i-1, i-1, i-1, i-1, i-2 ;

La séquence i-2, i, i, i, i-1 doit être remplacée par :

i-2, i-1, i-1, i-1, i-1.

iv) La séquence i-1, i, i, i, i, i-1 doit être remplacée par :

i-1, i-1, i-1, i-1, i-1, i-1 ;

La séquence i-1, i, i, i, i, i-2 doit être remplacée par :

i-1, i-1, i-1, i-1, i-1, i-2 ;

La séquence i-2, i, i, i, i, i-1 doit être remplacée par :

i-2, i-1, i-1, i-1, i-1, i-1, i-1.

v) La séquence i-1, i, i, i, i, i, i-1 doit être remplacée par :

i-1, i-1, i-1, i-1, i-1, i-1, i-1.

La séquence i-1, i, i, i, i, i, i-2 doit être remplacée par :

i-1, i-1, i-1, i-1, i-1, i-1, i-2 ;

La séquence i-2, i, i, i, i, i, i-1 doit être remplacée par :

i-2, i-1, i-1, i-1, i-1, i-1, i-1.

Dans tous les cas i) à v), i-1 $\geq i_{min}$ doit être respecté.

d) Il ne doit y avoir aucun changement de rapport vers le haut lors de la transition entre une phase d'accélération ou de vitesse constante et une phase de décélération si le rapport utilisé pendant la phase consécutive à la phase de décélération est inférieur au rapport passé vers le haut.

Exemple :

Si $v_i \leq v_{i+1}$ et v_{i+2} <vi+1, le rapport i étant égal à 4, le rapport i+1 étant égal à 5 et le rapport i+2 étant aussi égal à 5, les rapports (i+1) et (i+2) doivent être fixés à 4 si le rapport utilisé pour la phase qui suit la phase de décélération est le rapport 4 ou un rapport inférieur. Pour tous les points de référence de la courbe du cycle suivant, le rapport étant égal à 5 dans la phase de décélération, le rapport doit également être fixé à 4. Si le rapport 5 est utilisé à l'issue de la phase de décélération, on passera sur un rapport supérieur.

En cas de montée de 2 rapports pendant la transition et la première phase de décélération, on passera sur un rapport immédiatement supérieur.

Il ne doit y avoir aucun changement de rapport vers le haut dans une phase de décélération.

e) Au cours d'une phase de décélération, les rapports pour lesquels n_{gear} est supérieur à 2 doivent être utilisés tant que le régime moteur ne tombe pas en-dessous de n_{min_drive}.

Le rapport 2 doit être utilisé au cours d'une phase de décélération sur une courte section du cycle tant que le régime moteur ne tombe pas en-dessous de ($0{,}9 \times n_{idle}$).

Si le régime moteur tombe en-dessous de n_{idle}, l'embrayage doit être débrayé.

Si la phase de décélération est la dernière partie d'une courte section précédant de peu une phase d'arrêt, le deuxième rapport de la phase de décélération doit être utilisé tant que le régime moteur ne tombe pas en-dessous de ($0{,}9 \times n_{idle}$).

f) Si lors d'une phase de décélération la durée d'utilisation d'un rapport entre deux rapports de 3 s ou plus n'est que de 1 s, il doit être remplacé par le rapport 0 et l'embrayage doit être débrayé.

Si lors d'une phase de décélération la durée d'utilisation d'un rapport entre deux rapports de 3 s ou plus est de 2 s, ce rapport est remplacé pour la première seconde par le rapport 0 et pour la deuxième seconde par le rapport qui suit la période de 2 s. L'embrayage doit être débrayé pendant la première seconde.

Exemple : Une séquence 5, 4, 4, 2 est remplacée par 5, 0, 2, 2.

Cette prescription s'applique uniquement si le rapport qui suit après la période de 2 s est supérieur à 0.

Si plusieurs séquences d'une durée d'1 ou 2 s se succèdent, des corrections doivent être apportées comme suit :

Une séquence i, i, i, i - 1, i - 1, i - 2 ou i, i, i, i - 1, i - 2, i - 2 doit être modifiée en to i, i, i, 0, i - 2, i - 2.

Une séquence telle que i, i, i, i - 1, i - 2, i - 3 ou i, i, i, i - 2, i - 2, i - 3 doit être modifiée en i, i, i, 0, i - 3, i - 3.

Ce changement s'applique aussi aux séquences pour lesquelles l'accélération est supérieure ou égale à 0 pour les deux premières secondes et inférieure à 0 pour la troisième seconde ou pour laquelle l'accélération est supérieure ou égale à 0 pour les deux dernières secondes.

Pour les types de transmission extrêmes, il est possible que des séquences d'une durée d'1 ou 2 s se succèdent pendant une période pouvant aller jusqu'à 7 s. Dans ce cas, la correction présentée ci-dessus doit être complétée dans une deuxième phase par les prescriptions suivantes en matière de correction :

Une séquence de j, 0, i, i, i - 1, k avec j > (i + 1) et k ≤ (i – 1) devient j, 0, i - 1, i - 1, i - 1, k, si le rapport (i – 1) est inférieur d'un ou deux échelons à i_{max} à la seconde 3 de la séquence (un après le rapport 0).

Si le rapport (i – 1) est inférieur de plus de deux échelons à i_{max} à la seconde 3 de cette séquence, une séquence j, 0, i, i, i - 1, k avec j > (i + 1) et k ≤ (i – 1) devient j, 0, 0, k, k, k.

Une séquence j, 0, i, i, i-2, k avec j > (i + 1) et k ≤ (i – 2) devient j, 0, i - 2, i - 2 , i - 2, k, si (i – 2) si le rapport (i – 2) est inférieur d'un ou deux échelons à i_{max} à la seconde 3 de cette séquence (un après le rapport 0).

Si le rapport (i – 2) est inférieur de plus de deux échelons à i_{max} à la seconde 3 de cette séquence, une séquence j, 0, i, i, i - 2, k avec j > (i + 1) et k ≤ (i – 2) devient j, 0, 0, k, k, k.

Dans tous les cas décrits ci-dessus, le débrayage (rapport 0) pour 1 s est utilisé afin d'éviter que la vitesse du moteur ne soit trop élevée pendant cette seconde. Si cela ne pose pas de problème et à la demande du constructeur, il est autorisé d'utiliser directement le rapport inférieur de la seconde suivante au lieu du rapport 0 pour les changements de rapport vers le bas allant jusqu'à 3 échelons. Le recours à cette possibilité doit être enregistré.

Si la phase de décélération est la dernière partie d'une courte section précédant de peu une phase d'arrêt et que le dernier rapport supérieur à 0 avant la phase d'arrêt n'est utilisé que pendant une période de 2 s au maximum, le rapport 0 est utilisé à la place et l'embrayage est embrayé boîte au point mort.

Exemples : Une séquence 4, 0, 2, 2, 0 pour les 5 dernières s avant une phase d'arrêt est remplacée par 4, 0, 0, 0, 0. Une séquence 4, 3, 3, 0 pour les 4 dernières s avant une phase d'arrêt est remplacée par 4, 0, 0, 0.

Un rétrogradage sur le premier rapport n'est pas admis pendant ces phases de décélération.

5. Les paragraphes 4 a) à 4 f) de la présente annexe doivent être appliqués dans l'ordre, avec lecture de la courbe complète du cycle dans chaque cas. Étant donné que les modifications apportées auxdits paragraphes peuvent engendrer de nouvelles séquences d'utilisation des rapports, ces nouvelles séquences doivent être vérifiées trois fois et modifiées si nécessaire.

Pour permettre d'évaluer la justesse des calculs, le rapport moyen pour v ≥ 1 km/h, arrondi à la quatrième décimale, doit être calculé et enregistré.

Annexe 3

Carburants de référence

1. Sachant que les spécifications des carburants du marché varient d'une région à une autre, il est logique qu'il existe des carburants de référence différents selon les régions. Des carburants de référence sont cependant nécessaires dans le présent RTM ONU aux fins du calcul des émissions d'hydrocarbures et de la consommation de carburant. On trouvera donc ci-après des carburants de référence présentés à titre d'exemple.

2. Il est recommandé que les Parties contractantes choisissent leurs carburants de référence sur la base de la présente annexe et introduisent par amendement des modifications ou d'autres choix convenus à l'échelon régional. Les Parties contractantes conservent le droit de définir leurs propres carburants de référence en fonction des spécifications des carburants proposés sur le marché local.

3. Carburants liquides pour moteurs à allumage commandé

3.1 Essence (indice d'octane recherche nominal 90, E0)

Tableau A3/1
Essence (indice d'octane recherche nominal 90, E0)

Propriété du carburant/Composé	*Unité*	*Norme*		*Méthode d'essai*
		Minimum	*Maximum*	
Indice d'octane recherche (IOR)		90	92	JIS K2280
Indice d'octane moteur (IOM)		80	82	JIS K2280
Densité	g/cm³	0,720	0,734	JIS K2249
Pression de vapeur	kPa	56	60	JIS K2258
Distillation :				
• Température de distillation à 10 %	K (°C)	318 (45)	328 (55)	JIS K2254
• Température de distillation à 50 %	K (°C)	363 (90)	373 (100)	JIS K2254
• Température de distillation à 90 %	K (°C)	413 (140)	443 (170)	JIS K2254
• Point d'ébullition final	K (°C)		488 (215)	JIS K2254
• Oléfines	% v/v	15	25	JIS K2536-1 JIS K2536-2
• Aromatiques	% v/v	20	45	JIS K2536-1 JIS K2536-2 JIS K2536-3
• Benzène	% v/v		1,0	JIS K2536-2 JIS K2536-3 JIS K2536-4
Teneur en oxygène		À ignorer		JIS K2536-2 JIS K2536-4 JIS K2536-6
Gomme existante	mg/100 ml		5	JIS K2261
Teneur en soufre	ppm en poids		10	JIS K2541-1 JIS K2541-2 JIS K2541-6 JIS K2541-7
Teneur en plomb		À ignorer		JIS K2255
Éthanol		À ignorer		JIS K2536-2 JIS K2536-4 JIS K2536-6
Méthanol		À ignorer		JIS K2536-2 JIS K2536-4 JIS K2536-5 JIS K2536-6
MTBE		À ignorer		JIS K2536-2 JIS K2536-4 JIS K2536-5 JIS K2536-6
Kérosène		À ignorer		JIS K2536-2 JIS K2536-4

3.2 Essence (indice d'octane recherche nominal 91, E0)

Tableau A3/2
Essence (indice d'octane recherche nominal 91, E0)

Propriété du carburant/Composé	*Unité*		*Norme*		*Méthode d'essai*
			Minimum	*Maximum*	
Indice d'octane recherche (IOR)			91	94	KS M 2039
Pression de vapeur	kPa	Hiver	44	60	KS M ISO 3007
		Été	44	96	
Distillation :					
• Température de distillation à 10 %	°C		-	70	ASTM D86
• Température de distillation à 50 %	°C		-	125	ASTM D86
• Température de distillation à 90 %	°C		-	170	ASTM D86
• Point d'ébullition final	°C		-	225	ASTM D86
Résidus	% v/v		-	2,0	ASTM D86
Teneur en eau	% v/v		-	0,01	KS M 2115
• Oléfines[1]	% v/v		-	16 (19)	KS M 2085, ASTM D6296, D6293 et D6839
• Aromatiques[1]	% v/v		-	24 (21)	KS M 2407 ASTM D3606, D5580, D6293 et D6839, PIONA
• Benzène	% v/v		-	0,7	KS M 2407, ASTM D3606, D5580, D6293 et D6839, PIONA
Teneur en oxygène	% poids		-	2,3	KS M 2408, ASTM D4815 et D6839
Gomme non lavée	mg/100 ml		-	5	KS M 2041
Teneur en soufre	ppm en poids		-	10	KS M 2027, ASTM D5453
Teneur en plomb	mg/l		-	13	KS M 2402, ASTM D3237
Teneur en phosphore	mg/l		-	1,3	KS M 2403, ASTM D3231
Méthanol	% poids		-	0,01	KS M 2408
Stabilité à l'oxydation	min.		480	-	KS M 2043
Corrosion du cuivre	50 °C, 3 h		-	1	KS M 2018
Couleur	Jaune		-	-	Essai de perception

[1] La norme entre parenthèses peut s'appliquer aux oléfines. Dans ce cas, la valeur entre parenthèses pour les aromatiques s'applique.

3.3 Essence (indice d'octane recherche nominal 100, E0)

Tableau A3/3
Essence (indice d'octane recherche nominal 100, E0)

Propriété du carburant/Composé	*Unité*	*Norme*		*Méthode d'essai*
		Minimum	*Maximum*	
Indice d'octane recherche (IOR)		99	101	JIS K2280
Indice d'octane moteur (IOM)		86	88	JIS K2280
Densité	g/cm³	0,740	0,754	JIS K2249
Pression de vapeur	kPa	56	60	JIS K2258
Distillation :				
• Température de distillation à 10 %	K (°C)	318 (45)	328 (55)	JIS K2254
• Température de distillation à 50 %	K (°C)	363 (90)	373 (100)	JIS K2254
• Température de distillation à 90 %	K (°C)	413 (140)	443 (170)	JIS K2254
• Point d'ébullition final	K (°C)		488 (215)	JIS K2254
• Oléfines	% v/v	15	25	JIS K2536-1 JIS K2536-2
• Aromatiques	% v/v	20	45	JIS K2536-1 JIS K2536-2 JIS K2536-3
• Benzène	% v/v		1,0	JIS K2536-2 JIS K2536-3 JIS K2536-4
Teneur en oxygène		À ignorer		JIS K2536-2 JIS K2536-4 JIS K2536-6
Gomme existante	mg/100 ml		5	JIS K2261
Teneur en soufre	ppm en poids		10	JIS K2541-1 JIS K2541-2 JIS K2541-6 JIS K2541-7
Teneur en plomb		À ignorer		JIS K2255
Éthanol		À ignorer		JIS K2536-2 JIS K2536-4 JIS K2536-6
Méthanol		À ignorer		JIS K2536-2 JIS K2536-4 JIS K2536-5 JIS K2536-6
MTBE		À ignorer		JIS K2536-2 JIS K2536-4 JIS K2536-5 JIS K2536-6
Kérosène		À ignorer		JIS K2536-2 JIS K2536-4

3.4 Essence (indice d'octane recherche nominal 94, E0)

Tableau A3/4
Essence (indice d'octane recherche nominal 94, E0)

Propriété du carburant/Composé	*Unité*		*Norme*		*Méthode d'essai*
			Minimum	*Maximum*	
Indice d'octane recherche (IOR)			94	-	KS M 2039
Pression de vapeur	kPa	Hiver	44	60	KS M ISO 3007
		Été	44	96	
Distillation :					
• Température de distillation à 10 %	°C		-	70	ASTM D86
• Température de distillation à 50 %	°C		-	125	ASTM D86
• Température de distillation à 90 %	°C		-	170	ASTM D86
• Point d'ébullition final	°C		-	225	ASTM D86
Résidus	% v/v			2,0	ASTM D86
Teneur en eau	% v/v			0,01	KS M 2115
• Oléfines[1]	% v/v			16 (19)	KS M 2085, ASTM D6296, D6293 et D6839
• Aromatiques[1]	% v/v			24 (21)	KS M 2407, ASTM D3606, D5580, D6293 et D6839, PIONA
• Benzène	% v/v			0,7	KS M 2407, ASTM D3606, D5580, D6293 et D6839, PIONA
Teneur en oxygène	% poids			2,3	KS M 2408, ASTM D4815 et D6839
Gomme non lavée	mg/100 ml			5	KS M 2041
Teneur en soufre	ppm en poids			10	KS M 2027, ASTM D5453
Teneur en plomb	mg/l			13	KS M 2402, ASTM D3237
Teneur en phosphore	mg/l			1,3	KS M 2403, ASTM D3231
Méthanol	% poids			0,01	KS M 2408
Stabilité à l'oxydation	min.		480	-	KS M 2043
Corrosion du cuivre	50 °C, 3 h			1	KS M 2018
Couleur	Vert		-	-	Essai de perception

[1] La norme entre parenthèses peut s'appliquer aux oléfines. Dans ce cas, la valeur entre parenthèses pour les aromatiques s'applique.

3.5 Essence (indice d'octane recherche nominal 95, E5)

Tableau A3/5
Essence (indice d'octane recherche nominal 95, E5)

Paramètre	*Unité*	*Limites*[1]		*Méthode d'essai*
		Minimale	*Maximale*	
Indice d'octane recherche (IOR)		95,0		EN 25164 EN ISO 5164
Indice d'octane moteur (IOM)		85,0		EN 25163 EN ISO 5163
Densité à 15 °C	kg/m^3	743	756	EN ISO 3675 EN ISO 12185
Pression de vapeur	kPa	56,0	60,0	EN ISO 13016-1 (DVPE)
Teneur en eau	% v/v		0,015	ASTM E 1064
Distillation :				
• Évaporé à 70 °C	% v/v	24,0	44,0	EN-ISO 3405
• Évaporé à 100 °C	% v/v	48,0	60,0	EN-ISO 3405
• Évaporé à 150 °C	% v/v	82,0	90,0	EN-ISO 3405
• Point d'ébullition final	°C	190	210	EN-ISO 3405
Résidus	% v/v		2,0	EN-ISO 3405
Analyse des hydrocarbures :				
• Oléfines	% v/v	3,0	13,0	ASTM D 1319
• Aromatiques	% v/v	29,0	35,0	ASTM D 1319
• Benzène	% v/v		1,0	EN 12177
• Saturés	% v/v	Valeur à enregistrer		ASTM D 1319
Rapport carbone/hydrogène		Valeur à enregistrer		
Rapport carbone/oxygène		Valeur à enregistrer		
Période d'induction[2]	min.	480		EN-ISO 7536
Teneur en oxygène[3]	% m/m	Valeur à enregistrer		EN 1601
Gomme existante	mg/ml		0,04	EN-ISO 6246
Teneur en soufre[4]	mg/kg		10	EN ISO 20846 EN ISO 20884
Corrosion du cuivre			Classe 1	EN-ISO 2160
Teneur en plomb	mg/l		5	EN 237
Teneur en phosphore[5]	mg/l		1,3	ASTM D 3231
Éthanol[3]	% v/v	4,7	5,3	EN 1601 EN 13132

[1] Les valeurs mentionnées dans les spécifications sont des « valeurs vraies ». Les valeurs limites ont été déterminées conformément à la norme ISO 4259, intitulée « Produits pétroliers − Détermination et application des valeurs de fidélité relatives aux méthodes d'essai ». Pour la fixation d'un minimum, une différence minimale de 2R par rapport à la valeur zéro a été prise en compte ; pour la fixation d'un maximum et d'un minimum, la différence minimale entre ces valeurs est de 4R (R = reproductibilité). Malgré cette mesure, qui est nécessaire pour des raisons techniques, le fabricant de carburant doit néanmoins viser la valeur zéro lorsque la valeur maximale indiquée est de 2R ou la valeur moyenne lorsqu'il existe un minimum et un maximum. S'il est nécessaire de vérifier qu'un carburant est conforme aux spécifications, les termes de la norme ISO 4259 doivent être appliqués.

[2] Le carburant peut contenir des additifs antioxydants et des inhibiteurs de catalyse métallique normalement utilisés pour stabiliser les flux d'essence en raffinerie ; il ne doit cependant pas y être ajouté d'additifs détergents ou dispersants ni d'huiles solvantes.

[3] Le seul oxygénant pouvant être ajouté intentionnellement au carburant de référence est l'éthanol conforme à la spécification EN 15376.

[4] Il convient d'enregistrer la teneur en soufre effective du carburant utilisé pour les essais de type 1.

[5] Aucun composant contenant du phosphore, du fer, du manganèse ou du plomb ne doit être ajouté intentionnellement au carburant de référence.

3.6 Essence (indice d'octane recherche nominal 95, E10)

Tableau A3/6
Essence (indice d'octane recherche nominal 95, E10)

Paramètre	*Unité*	*Limites*[1]		*Méthode d'essai*[2]
		Minimale	*Maximale*	
Indice d'octane recherche (IOR)[3]		95,0	98,0	EN ISO 5164
Indice d'octane moteur (IOM)[3]		85,0	89,0	EN ISO 5163
Densité à 15 °C	kg/m^3	743,0	756,0	EN ISO 12185
Pression de vapeur	kPa	56,0	60,0	EN 13016-1
Teneur en eau	% v/v		0,05	EN 12937
Apparence à -7 °C		Limpide et brillante		
Distillation :				
• Évaporé à 70 °C	% v/v	34,0	46,0	EN-ISO 3405
• Évaporé à 100 °C	% v/v	54,0	62,0	EN-ISO 3405
• Évaporé à 150 °C	% v/v	86,0	94,0	EN-ISO 3405
• Point d'ébullition final	°C	170	195	EN-ISO 3405
Résidus	% v/v		2,0	EN-ISO 3405
Analyse des hydrocarbures :				
• Oléfines	% v/v	6,0	13,0	EN 22854
• Aromatiques	% v/v	25,0	32,0	EN 22854
• Benzène	% v/v		1,00	EN 22854 EN 238
• Saturés	% v/v	Valeur à enregistrer		EN 22854
Rapport carbone/hydrogène		Valeur à enregistrer		
Rapport carbone/oxygène		Valeur à enregistrer		
Période d'induction[4]	min.	480		EN-ISO 7536
Teneur en oxygène[5]	% m/m	3,3	3,7	EN 22854
Gomme nettoyée avec un solvant (gomme existante)	mg/100 ml		4	EN-ISO 6246
Teneur en soufre[6]	mg/kg		10	EN ISO 20846 EN ISO 20884
Corrosion du cuivre			Classe 1	EN-ISO 2160
Teneur en plomb	mg/l		5	EN 237
Teneur en phosphore[7]	mg/l		1,3	ASTM D 3231
Éthanol[5]	% v/v	9,0	10,0	EN 22854

[1] Les valeurs mentionnées dans les spécifications sont des « valeurs vraies ». Les valeurs limites ont été déterminées conformément à la norme ISO 4259, intitulée « Produits pétroliers − Détermination et application des valeurs de fidélité relatives aux méthodes d'essai ». Pour la fixation d'un minimum, une différence minimale de 2R par rapport à la valeur zéro a été prise en compte ; pour la fixation d'un maximum et d'un minimum, la différence minimale entre ces valeurs est de 4R (R = reproductibilité). Malgré cette mesure, qui est nécessaire pour des raisons techniques, le fabricant de carburant doit néanmoins viser la valeur zéro lorsque la valeur maximale indiquée est de 2R ou la valeur moyenne lorsqu'il existe un minimum et un maximum. S'il est nécessaire de vérifier qu'un carburant est conforme aux spécifications, les termes de la norme ISO 4259 doivent être appliqués.

[2] Des méthodes EN/ISO équivalentes seront adoptées dès leur publication pour les paramètres ci-dessus.

[3] Pour l'indice d'octane moteur et l'indice d'octane recherche, le facteur de correction 0,2 doit être soustrait aux fins du calcul du résultat final conformément à la norme EN 228:2008.

[4] Le carburant peut contenir des additifs antioxydants et des inhibiteurs de catalyse métallique normalement utilisés pour stabiliser les flux d'essence en raffinerie ; il ne doit cependant pas y être ajouté d'additifs détergents ou dispersants ni d'huiles solvantes.

[5] Le seul oxygénant pouvant être ajouté intentionnellement au carburant de référence est l'éthanol. L'éthanol employé doit être conforme à la norme EN 15376.

[6] Il convient d'enregistrer la teneur en soufre effective du carburant utilisé pour les essais de type 1.

[7] Aucun composant contenant du phosphore, du fer, du manganèse ou du plomb ne doit être ajouté intentionnellement au carburant de référence.

3.7 Éthanol (indice d'octane recherche nominal 95, E85)

Tableau A3/7
Éthanol (indice d'octane recherche nominal 95, E85)

Paramètre	*Unité*	*Limites*[1]		*Méthode d'essai*[2]
		Minimale	*Maximale*	
Indice d'octane recherche (IOR)		95		EN ISO 5164
Indice d'octane moteur (IOM)		85		EN ISO 5163
Densité à 15 °C	kg/m^3	Valeur à enregistrer		ISO 3675
Pression de vapeur	kPa	40	60	EN ISO 13016-1 (DVPE)
Teneur en soufre[3, 4]	mg/kg		10	EN ISO 20846 EN ISO 20884
Stabilité à l'oxydation	min.	360		EN ISO 7536
Gomme existante (nettoyage avec un solvant)	mg/100 ml		5	EN-ISO 6246
Apparence : Elle est déterminée à température ambiante ou à 15 °C si celle-ci est supérieure.		Limpide et brillant, visiblement non contaminé par des matières en suspension ou des précipitations		Inspection visuelle
Éthanol et alcools supérieurs[7]	% v/v	83	85	EN 1601 EN 13132 EN 14517
Alcools supérieurs (C3-C8)	% v/v		2	
Méthanol	% v/v		0,5	
Essence[5]	% v/v	Reste		EN 228
Phosphore	mg/l	0,3[6]		ASTM D 3231
Teneur en eau	% v/v		0,3	ASTM E 1064
Teneur en chlorures inorganiques	mg/l		1	ISO 6227
pHe		6,5	9	ASTM D 6423
Corrosion sur lame de cuivre (3 h à 50 °C)	Évaluation	Classe 1		EN ISO 2160
Acidité (acide acétique CH3COOH)	% (m/m) mg/l		0,005-40	ASTM D 1613
Rapport carbone/hydrogène		Valeur enregistrée		
Rapport carbone/oxygène		Valeur enregistrée		

[1] Les valeurs mentionnées dans les spécifications sont des « valeurs vraies ». Les valeurs limites ont été déterminées conformément à la norme ISO 4259, intitulée « Produits pétroliers − Détermination et application des valeurs de fidélité relatives aux méthodes d'essai ». Pour la fixation d'un minimum, une différence minimale de 2R par rapport à la valeur zéro a été prise en compte ; pour la fixation d'un maximum et d'un minimum, la différence minimale entre ces valeurs est de 4R (R = reproductibilité). Malgré cette mesure, qui est nécessaire pour des raisons techniques, le fabricant de carburant doit néanmoins viser la valeur zéro lorsque la valeur maximale indiquée est de 2R ou la valeur moyenne lorsqu'il existe un minimum et un maximum. S'il est nécessaire de vérifier qu'un carburant est conforme aux spécifications, les termes de la norme ISO 4259 doivent être appliqués.

[2] En cas de différend, il convient de recourir aux procédures de règlement des différends et d'interprétation des résultats fondées sur la précision de la méthode d'essai, décrites dans la norme EN ISO 4259.

[3] En cas de différend national concernant la teneur en soufre, les normes EN ISO 20846 ou EN ISO 20884 sont invoquées (de manière similaire à la référence dans l'annexe de la norme EN 228).

[4] Il convient d'enregistrer la teneur en soufre effective du carburant utilisé pour les essais de type 1.

[5] La teneur en essence sans plomb peut être déterminée comme 100 moins la somme de la teneur en pourcentage d'eau et d'alcools.

[6] Aucun composant contenant du phosphore, du fer, du manganèse ou du plomb ne doit être ajouté intentionnellement au carburant de référence.

[7] Le seul oxygénant pouvant être ajouté intentionnellement au carburant de référence est l'éthanol conforme à la spécification EN 15376.

4. Carburants gazeux pour moteurs à allumage commandé

4.1 GPL (A et B)

Tableau A3/8
GPL (A et B)

Paramètre	*Unité*	*Carburant E1*	*Carburant E2*	*Carburant J*	*Carburant K*	*Méthode d'essai*
Composition :						ISO 7941
Teneur en C3	% vol.	30 ± 2	85 ± 2		Hiver : min. 15, max. 35 Été : max. 10	KS M ISO 7941
Teneur en propane et en propylène	% mol			min. 20, max. 30		JIS K2240
Teneur en C4	% vol.	Reste			Hiver : min. 60 Été : min. 85	KS M ISO 7941
Teneur en butane et en butylène				min. 70, max. 80		JIS K2240
Butadiène					max. 0,5	KS M ISO 7941
< C3, > C4	% vol.	max. 2	max. 2			
Oléfines	% vol.	max. 12	max. 15			
Résidu d'évaporation	mg/kg	max. 50	max. 50			EN 15470
Résidu d'évaporation (100 ml)	ml	-			0,05	ASTM D2158
Eau à 0 °C		Néant				EN 15469
Teneur totale en soufre	mg/kg	max. 10	max. 10			ASTM D 6667
					max. 40	KS M 2150, ASTM D4486 et ASTM D5504
Sulfure d'hydrogène		Néant	Néant			ISO 8819
Corrosion sur lame de cuivre	Évaluation	Classe 1	Classe 1			ISO 6251[1]
Corrosion du cuivre	40 °C, 1 h	-			1	KS M ISO 6251
Odeur		Caractéristique				
Indice d'octane moteur		min. 89	min. 89			EN 589 annexe B
Pression de vapeur (40 °C)	MPa	-	1,27			KS M ISO 4256 KS M ISO 8973
Densité (15 °C)	kg/m^3	500			620	KS M 2150 KS M ISO 3993 KS M ISO 8973

[1] Si l'échantillon contient des inhibiteurs de corrosion ou d'autres produits chimiques qui diminuent l'action corrosive de l'échantillon sur la lame de cuivre, cette méthode perd sa précision. L'ajout de tels composés à la seule fin de fausser les résultats de l'essai est donc interdit.

4.2 GN/biométhane

4.2.1 « G20 » (méthane 100 % (nominal))

Tableau A3/9
« G20 » (méthane 100 % (nominal))

Caractéristique	*Unité*	*Base*	*Limites*		*Méthode d'essai*
			Minimale	*Maximale*	
Composition :					
Méthane	% mol	100	99	100	ISO 6974
Autres[1]	% mol	-	-	1	ISO 6974
N_2	% mol				ISO 6974
Teneur en soufre	mg/m[32]	-	-	10	ISO 6326-5
Indice de Wobbe (net)	MJ/m[33]	48,2	47,2	49,2	

[1] Inertes (autres que N2) + C2 + C2+.
[2] Valeur à déterminer à 293,15 K (20 °C) et 101,325 kPa.
[3] Valeur à déterminer à 273,15 K (0 °C) et 101,325 kPa.

4.2.2 « Gaz K » (méthane 88 % (nominal))

Tableau A3/10
« Gaz K » (méthane 88 % (nominal))

Caractéristique	*Unité*	*Limites*		*Méthode d'essai*
		Minimale	*Maximale*	
Méthane	% v/v	88,0	-	KS M ISO 6974 ; ASTM D1946 et ASTM D1945-81 ; JIS K 0114
Éthane	% v/v	-	7,0	KS M ISO 6974 ; ASTM D1946 et ASTM D1945-81 ; JIS K 0114
C_3 + hydrocarbure	% v/v	-	5,0	KS M ISO 6974 ; ASTM D1946 et ASTM D1945-81 ; JIS K 0114
C_6 + hydrocarbure	% v/v	-	0,2	KS M ISO 6974 ; ASTM D1946 et ASTM D1945-81 ; JIS K 0114
Teneur en soufre	ppm	-	40	KS M ISO 6326-1 et KS M ISO 19739 ; ASTM D5504 ; JIS K 0127
Gaz inerte (CO_2, N_2, etc.)	% vol.	-	4,5	KS M ISO 6974 ; ASTM D1946 et ASTM D1945-81 ; JIS K 0114

4.2.3 « G25 » (méthane 86 % (nominal))

Tableau A3/11
« G25 » (méthane 86 % (nominal))

Caractéristiques	*Unité*	*Base*	*Limites*		*Méthode d'essai*
			Minimale	*Maximale*	
Composition :					
Méthane	% mol	86	84	88	ISO 6974
Autres[1]	% mol	-	-	1	ISO 6974
N_2	% mol	14	12	16	ISO 6974
Teneur en soufre	mg/m[3][2]	-	-	10	ISO 6326-5
Indice de Wobbe (net)	MJ/m[3][3]	39,4	38,2	40,6	

[1] Inertes (autres que N_2) + C2 + C2+.
[2] Valeur à déterminer à 293,15 K (20 °C) et 101,325 kPa.
[3] Valeur à déterminer à 273,15 K (0 °C) et 101,325 kPa.

4.2.4 « Gaz J » (méthane 85 % (nominal))

Tableau A3/12
« Gaz J » (méthane 85 % (nominal))

Caractéristique	*Unité*	*Limites*	
		Minimale	*Maximale*
Méthane	% mol	85	
Éthane	% mol		10
Propane	% mol		6
Butane	% mol		4
HC de C_3 + C_4	% mol		8
HC de C_5 ou plus	% mol		0,1
Autres gaz (H_2 + O_2 +N_2 + CO + CO_2)	% mol		1,0
Teneur en soufre	mg/Nm^3		10
Indice de Wobbe	W	13,260	13,730
Pouvoir calorifique supérieur	kcal/Nm^3	10,410	11,050
Vitesse maximale de combustion	MCP	36,8	37,5

4.2.5 Hydrogène

Tableau A3/13
Hydrogène

Caractéristique	*Unité*	*Limites*		*Méthode d'essai*
		Minimale	*Maximale*	
Pureté de l'hydrogène	% mole	98	100	ISO 14687-1
Hydrocarbures totaux	µmol/mol	0	100	ISO 14687-1
Eau[1]	µmol/mol	0	[2]	ISO 14687-1
Oxygène	µmol/mol	0	[2]	ISO 14687-1
Argon	µmol/mol	0	[2]	ISO 14687-1
Azote	µmol/mol	0	[2]	ISO 14687-1
CO	µmol/mol	0	1	ISO 14687-1
Soufre	µmol/mol	0	2	ISO 14687-1
Particules permanentes[3]				ISO 14687-1

[1] Ne doit pas être condensée.
[2] Eau, oxygène, azote et argon combinés : 1,900 µmol/mol.
[3] L'hydrogène ne doit pas contenir de poussières, de sable, d'impuretés, de gommes, d'huiles ou d'autres substances en quantités suffisantes pour endommager l'équipement de la station de distribution ou le véhicule (moteur) qui est ravitaillé.

5. Carburants liquides pour moteurs à allumage par compression

5.1 Gazole J (cétane nominal 53, B0)

Tableau A3/14
Gazole J (cétane nominal 53, B0)

Propriété du carburant/Composé	*Unité*	*Spécification*		*Méthode d'essai*
		Minimum	*Maximum*	
Indice de cétane		53	57	JIS K2280
Densité	g/cm^3	0,824	0,840	JIS K2249
Distillation :				
• Température de distillation à 50 %	K (°C)	528 (255)	568 (295)	JIS K2254
• Température de distillation à 90 %	K (°C)	573 (300)	618 (345)	JIS K2254
• Point d'ébullition final	K (°C)		643 (370)	JIS K2254
Point éclair	K (°C)	331 (58)		JIS K2265-3
Viscosité cinématique à 30 °C	mm^2/s	3,0	4,5	JIS K2283
Toutes les séries aromatiques	% vol.		25	Méthode JIS HPLC
Hydrocarbures aromatiques polycycliques	% vol.		5,0	Méthode JIS HPLC
Teneur en soufre	ppm en poids		10	JIS K2541-1 JIS K2541-2 JIS K2541-6 JIS K2541-7
Esters méthyliques d'acides gras	%		0,1	Méthode prescrite dans la notification japonaise relative à la procédure de mesure de la concentration
Triglycérides	%		0,01	Méthode prescrite dans la notification japonaise relative à la procédure de mesure de la concentration

5.2 Gazole E (cétane nominal 52, B5)

Tableau A3/15
Gazole E (cétane nominal 52, B5)

Paramètre	*Unité*	*Limites*[1]		*Méthode d'essai*
		Minimum	*Maximum*	
Indice de cétane[2]		52,0	54,0	EN-ISO 5165
Densité à 15 °C	kg/m^3	833	837	EN-ISO 3675
Distillation :				
• À 50 % du volume	°C	245	-	EN-ISO 3405
• À 95 % du volume	°C	345	350	EN-ISO 3405
• Point d'ébullition final	°C	-	370	EN-ISO 3405
Point éclair	°C	55	-	EN 22719
Température limite de filtrabilité	°C	-	-5	EN 116
Viscosité à 40 °C	mm^2/s	2,3	3,3	EN-ISO 3104
Hydrocarbures aromatiques polycycliques	% m/m	2,0	6,0	EN 12916
Teneur en soufre[3]	mg/kg	-	10	EN ISO 20846/ EN ISO 20884
Corrosion du cuivre		-	Classe 1	EN-ISO 2160
Résidus de carbone Conradson (10 % DR)	% m/m	-	0,2	EN-ISO 10370
Teneur en cendres	% m/m	-	0,01	EN-ISO 6245
Teneur en eau	% m/m	-	0,02	EN-ISO 12937
Indice de neutralisation (acide fort)	mg KOH/g	-	0,02	ASTM D 974
Stabilité à l'oxydation[4]	mg/ml	-	0,025	EN-ISO 12205
Lubrifiance (diamètre de la marque d'usure à l'issue de l'essai HFRR à 60 °C)	µm	-	400	EN ISO 12156
Stabilité à l'oxydation à 110 °C[4, 6]	h	20,0		EN 14112
Esters méthyliques d'acides gras[5]	% v/v	4,5	5,5	EN 14078

[1] Les valeurs mentionnées dans les spécifications sont des « valeurs vraies ». Les valeurs limites ont été déterminées conformément à la norme ISO 4259, intitulée « Produits pétroliers − Détermination et application des valeurs de fidélité relatives aux méthodes d'essai ». Pour la fixation d'un minimum, une différence minimale de 2R par rapport à la valeur zéro a été prise en compte ; pour la fixation d'un maximum et d'un minimum, la différence minimale entre ces valeurs est de 4R (R = reproductibilité). Malgré cette mesure, qui est nécessaire pour des raisons techniques, le fabricant de carburant doit néanmoins viser la valeur zéro lorsque la valeur maximale indiquée est de 2R ou la valeur moyenne lorsqu'il existe un minimum et un maximum. S'il est nécessaire de vérifier qu'un carburant est conforme aux spécifications, les termes de la norme ISO 4259 doivent être appliqués.

[2] L'intervalle indiqué pour l'indice de cétane n'est pas conforme à l'exigence d'un minimum de 4R. Toutefois, pour trancher toute contestation éventuelle entre le fournisseur et l'utilisateur, on pourra se conformer aux termes de la norme ISO 4259, à condition qu'il soit effectué un nombre suffisant de mesures pour obtenir la précision nécessaire, et non pas seulement des mesures individuelles.

[3] Il convient d'enregistrer la teneur en soufre effective du carburant utilisé pour les essais de type 1.

[4] Bien que des mesures soient prises pour assurer la stabilité à l'oxydation, il est probable que la durée de stockage du produit soit limitée. Il est recommandé de demander conseil au fournisseur quant aux conditions et à la durée de stockage.

[5] La teneur en esters méthyliques d'acides gras doit satisfaire aux spécifications de la norme EN 14214.

[6] La stabilité à l'oxydation peut être démontrée conformément à la norme EN-ISO 12205 ou EN 14112. Cette prescription sera réexaminée sur la base d'évaluations du CEN/TC19 sur les performances de stabilité à l'oxydation et les limites d'essai.

5.3 Gazole K (cétane nominal 52, B5)

Tableau A3/16
Gazole K (cétane nominal 52, B5)

Propriété du carburant/Composé	*Unité*	*Spécification*		*Méthode d'essai*
		Minimum	*Maximum*	
Point d'écoulement	°C	-	0,0 (hiver : -17,5 °C)	ASTM D6749
Point éclair	°C	40	-	KS M ISO 2719
Viscosité cinématique à 40 °C	mm^2/s	1,9	5,5	KS M 2014
Température de distillation à 90 %	°C	-	360	ASTM D86
Résidu de carbone à 10 %	% poids	-	0,15	KS M 2017, ISO 4262, IP 14, ASTM D524
Teneur en eau	% vol.	-	0,02	KS M 2115
Teneur en soufre	mg/kg	-	10	KS M 2027, ASTM D5453
Cendres	% poids	-	0,02	KS M ISO 6245
Indice de cétane		52	-	KS M 2610
Corrosion du cuivre	100 °C, 3 h	-	1	KS M 2018
Lubrifiance (60 °C, micron) (HFRR)		-	400	CFC F-06-A, ASTM D6079
Densité (15 °C)	kg/cm^3	815	835	KS M 2002, ASTM D4052
Hydrocarbures aromatiques polycycliques	% poids	-	5	KS M 2456
Toutes les séries aromatiques	% poids	-	30	IP 391, ASTM D5186
Teneur en esters méthyliques d'acides gras	% vol.	-	5	EN 14078

5.4 Gazole E (cétane nominal 52, B7)

Tableau A3/17
Gazole E (cétane nominal 52, B7)

Paramètre	*Unité*	*Limites*[1]		*Méthode d'essai*
		Minimum	*Maximum*	
Indice de cétane calculé		46,0		EN-ISO 4264
Indice de cétane mesuré[2]		52,0	56,0	EN-ISO 5165
Densité à 15 °C	kg/m^3	833,0	837,0	EN-ISO 12185
Distillation :				
• À 50 % du volume	°C	245,0	-	EN-ISO 3405
• À 95 % du volume	°C	345,0	360,0	EN-ISO 3405
• Point d'ébullition final	°C	-	370,0	EN-ISO 3405
Point éclair	°C	55	-	EN ISO 2719
Point de trouble	°C	-	-10	EN 116
Viscosité à 40 °C	mm^2/s	2,30	3,30	EN-ISO 3104
Hydrocarbures aromatiques polycycliques	% m/m	2,0	4,0	EN 12916
Teneur en soufre	mg/kg	-	10,0	EN ISO 20846/ EN ISO 20884
Corrosion du cuivre (3 h, 50 °C)		-	Classe 1	EN-ISO 2160
Résidus de carbone Conradson (10 % DR)	% m/m	-	0,20	EN-ISO 10370
Teneur en cendres	% m/m	-	0,010	EN-ISO 6245
Contamination totale	mg/kg		24	EN 12662
Teneur en eau	mg/kg	-	200	EN-ISO 12937
Indice d'acide	mg KOH/g	-	0,10	EN ISO 6618
Lubrifiance (diamètre de la marque d'usure à l'issue de l'essai HFRR à 60 °C)	µm	-	400	EN ISO 12156
Stabilité à l'oxydation à 110 °C[3]	h	20,0		EN 15751
Esters méthyliques d'acides gras[4]	% v/v	6,0	7,0	EN 14078

[1] Les valeurs mentionnées dans les spécifications sont des « valeurs vraies ». Les valeurs limites ont été déterminées conformément à la norme ISO 4259, intitulée « Produits pétroliers − Détermination et application des valeurs de fidélité relatives aux méthodes d'essai ». Pour la fixation d'un minimum, une différence minimale de 2R par rapport à la valeur zéro a été prise en compte ; pour la fixation d'un maximum et d'un minimum, la différence minimale entre ces valeurs est de 4R (R = reproductibilité). Malgré cette mesure, qui est nécessaire pour des raisons techniques, le fabricant de carburant doit néanmoins viser la valeur zéro lorsque la valeur maximale indiquée est de 2R ou la valeur moyenne lorsqu'il existe un minimum et un maximum. S'il est nécessaire de vérifier qu'un carburant est conforme aux spécifications, les termes de la norme ISO 4259 doivent être appliqués.

[2] L'intervalle indiqué pour l'indice de cétane n'est pas conforme à l'exigence d'un minimum de 4R. Cependant, en cas de différend entre le fournisseur et l'utilisateur, la norme ISO 4259 peut être appliquée, à condition qu'un nombre suffisant de mesures soit effectué pour atteindre la précision nécessaire, ceci étant préférable à des mesures uniques.

[3] Bien que des mesures soient prises pour assurer la stabilité à l'oxydation, il est probable que la durée de stockage du produit soit limitée. Il est recommandé de demander conseil au fournisseur quant aux conditions et à la durée de stockage.

[4] La teneur en esters méthyliques d'acides gras doit satisfaire aux spécifications de la norme EN 14214.

6. Combustibles pour piles à combustible

6.1 Hydrogène comprimé pour véhicules à pile à combustible

Tableau A3/18
Hydrogène pour véhicules à pile à combustible

Caractéristique	*Unités*	*Limites*		*Méthode d'essai*
		Minimale	*Maximale*	
Indice du combustible hydrogène[a]	% mole	99,97		
Gaz totaux autres que l'hydrogène	µmol/mol		300	
Concentration maximale de contaminants individuels				
Eau (H_2O)	µmol/mol		5	[e]
Hydrocarbures totaux[b] (Base méthane)	µmol/mol		2	[e]
Oxygène (O_2)	µmol/mol		5	[e]
Hélium (He)	µmol/mol		300	[e]
Total azote (N_2) et argon (Ar)[b]	µmol/mol		100	[e]
Dioxyde de carbone (CO_2)	µmol/mol		2	[e]
Monoxyde de carbone (CO)	µmol/mol		0,2	[e]
Total composés sulfurés[c] (Base H_2S)	µmol/mol		0,004	[e]
Formaldéhyde (HCHO)	µmol/mol		0,01	[e]
Acide formique (HCOOH)	µmol/mol		0,2	[e]
Ammoniac (NH_3)	µmol/mol		0,1	[e]
Total composés halogénés[d] (Base halogène ion)	µmol/mol		0,05	[e]

Pour les constituants qui sont additifs, tels que les hydrocarbures totaux et les composés sulfurés totaux, la somme des constituants doit être inférieure ou égale à la limite acceptable.

[a] On calcule l'indice du combustible hydrogène en soustrayant de 100 mole % le contenu total, exprimé en mole %, des constituants gazeux autres que l'hydrogène énumérés dans le tableau (gaz totaux).

[b] Les hydrocarbures totaux incluent les espèces organiques oxygénées. Les hydrocarbures totaux doivent être mesurés sur la base carbone (µmolC/mol). Les hydrocarbures totaux peuvent seulement dépasser 2 µmol/mol du fait de la présence de méthane, auquel cas la somme du méthane, de l'azote et de l'argon ne doit pas dépasser 100 µmol/mol.

[c] Au minimum, les composés sulfurés totaux incluent H_2S, COS, CS_2 et les mercaptans, qui sont normalement présents dans le gaz naturel.

[d] Les composés halogénés totaux incluent, par exemple, le bromure d'hydrogène (HBr), le chlorure d'hydrogène (HCl), le chlore (Cl_2), et les halogénures organiques (R-X).

[e] La méthode d'essai doit être spécifiée.

Annexe 4

Résistance à l'avancement sur route et réglage du dynamomètre

1. Domaine d'application

La présente annexe décrit la procédure de détermination de la résistance à l'avancement sur route d'un véhicule d'essai et la transposition de la force résistante sur un banc à rouleaux.

2. Termes et définitions

2.1 Aux fins du présent document, les termes et définitions du paragraphe 3 du présent RTM ONU ont prépondérance. En l'absence de définitions données au paragraphe 3, les définitions de la norme ISO 3833:1977 « Véhicules routiers − Types − Termes et définitions » s'appliquent.

2.2 Les points de vitesse de référence doivent aller de 20 km/h par paliers de 10 km/h jusqu'à la vitesse de référence la plus élevée conformément aux dispositions ci-après :

a) La vitesse de référence la plus élevée doit être 130 km/h ou le point de vitesse de référence situé immédiatement au-dessus de la vitesse maximale du cycle d'essai applicable si cette valeur est inférieure à 130 km/h. Dans le cas où le cycle d'essai applicable comprend moins que les 4 phases du cycle (Low, Medium, High et Extra High), à la demande du constructeur et avec l'accord de l'autorité compétente, la vitesse de référence la plus élevée peut relever jusqu'au point de vitesse de référence situé immédiatement au-dessus de la vitesse maximale de la phase la plus élevée suivante, mais sans dépasser la valeur limite de 130 km/h ; dans ce cas la détermination de la résistance à l'avancement sur route et le réglage de la force résistante sur banc à rouleaux doivent être effectués avec les mêmes points de vitesse de référence ;

b) Si un point de vitesse de référence applicable pour le cycle plus 14 km/h correspond à une valeur supérieure ou égale à la vitesse maximale du véhicule v_{max}, ce point de vitesse de référence doit être exclu de l'essai de décélération libre et de la procédure de réglage du banc à rouleaux. Le point de vitesse de référence immédiatement inférieur devient le point de vitesse de référence le plus élevé pour le véhicule.

2.3 Sauf autre spécification, une valeur de la demande d'énergie sur le cycle doit être calculée conformément au paragraphe 5 de l'annexe 7 sur la courbe de vitesse visée du cycle d'essai applicable.

2.4 f_0, f_1, f_2 sont les coefficients de résistance à l'avancement sur route de l'équation de résistance à l'avancement sur route $F = f_0 + f_1 \times v + f_2 \times v^2$, déterminés conformément à la présente annexe.

f_0 est le coefficient constant de résistance à l'avancement sur route, arrondi à une décimale, en N ;

f_1 est le coefficient du premier ordre de résistance à l'avancement sur route, arrondi à 3 décimales, en N/(km/h) ;

f_2 est le coefficient du second ordre de résistance à l'avancement sur route, arrondi à cinq décimales, en N/(km/h)².

Sauf autre spécification, les coefficients de résistance à l'avancement sur route doivent être calculés par une analyse de régression par les moindres carrés sur la plage de points de vitesse de référence.

2.5 Masse rotative

2.5.1 Détermination de m_r

m_r est la masse effective équivalente de toutes les roues et composants du véhicule en rotation avec les roues au cours de la décélération libre sur route, en kg ; m_r doit être mesuré ou calculé par une technique appropriée, approuvée par l'autorité compétente. Par défaut, m_r peut être estimé à 3 % de la somme de la masse en ordre de marche du véhicule pour la famille du véhicule et de 25 kg.

2.5.2 Application de la masse rotative à la mesure de la résistance à l'avancement sur route

Les temps de décélération libre sont convertis en forces et inversement par prise en compte de la masse d'essai applicable plus m_r. Cette méthode est applicable aux mesures sur route et sur banc à rouleaux.

2.5.3 Application de la masse rotative au réglage d'inertie

Si le véhicule est essayé sur un banc à 4 roues entraînées et si les deux essieux sont en rotation et influent sur les résultats de mesure du banc, la masse d'inertie équivalente du banc doit être réglée à la masse d'essai applicable.

Dans les autres cas, la masse d'inertie équivalente du banc doit être réglée à la masse d'essai plus soit la masse effective équivalente des roues qui n'influent pas sur les résultats de mesure, soit 50 % de m_r.

2.6 Les masses supplémentaires rajoutées pour obtenir la masse d'essai du véhicule doivent être disposées de telle sorte que la répartition des masses dans le véhicule soit approximativement la même que sur un véhicule en ordre de marche. Dans le cas des véhicules de la catégorie 2 ou des voitures particulières dérivant de cette catégorie, les masses supplémentaires doivent être placées de façon représentative et leur emplacement doit pouvoir être justifié devant les autorités responsables si elles en font la demande. La répartition des masses sur le véhicule doit être consignée et utilisée pour tout essai ultérieur de résistance à l'avancement.

3. Prescriptions générales

Le constructeur doit être responsable de l'exactitude des coefficients de résistance à l'avancement sur route et doit veiller à ce que cette condition soit remplie pour chaque véhicule de série au sein de la famille de résistance à l'avancement sur route. Les tolérances admises dans les méthodes de détermination, de simulation et de calcul de celle-ci ne doivent pas être utilisées pour sous-évaluer la résistance à l'avancement sur route des véhicules de série. À la demande de l'autorité compétente, l'exactitude des coefficients de résistance à l'avancement sur route d'un véhicule donné doit être démontrée.

3.1 Exactitude, précision, résolution et fréquence des mesures

Les mesures doivent satisfaire aux conditions ci-après en ce qui concerne l'exactitude globale :

a) Vitesse du véhicule : ±0,2 km/h, avec une fréquence de mesure d'au moins 10 Hz ;

b) Temps : exactitude min. : ±10 ms ; précision et résolution min. : 10 ms ;

c) Couple à la roue : ±6 Nm ou ±0,5 % du couple maximal mesuré, si cette valeur est plus grande, pour le véhicule entier, avec une fréquence de mesure d'au moins 10 Hz ;

d) Vitesse du vent : ±0,3 m/s, avec une fréquence de mesure d'au moins 1 Hz ;

e) Direction du vent : ±3°, avec une fréquence de mesure d'au moins 1 Hz ;

f) Température atmosphérique : ±1 °C, avec une fréquence de mesure d'au moins 0,1 Hz ;

g) Pression atmosphérique : ±0,3 kPa, avec une fréquence de mesure d'au moins 0,1 Hz ;

h) Masse du véhicule mesurée sur la même balance avant et après l'essai : ±10 kg (±20 kg pour les véhicules > 4 000 kg) ;

i) Pression des pneumatiques : ±5 kPa ;

j) Rotation de la roue : ±0,05 s-1 ou 1 %, si cette valeur est plus grande.

3.2 Critères s'appliquant à la soufflerie

3.2.1 Vitesse du vent

La vitesse du vent au cours d'une mesure doit demeurer dans une fourchette de ±2 km/h au centre de la veine d'essai. La vitesse maximale possible du vent doit être au moins égale à 140 km/h.

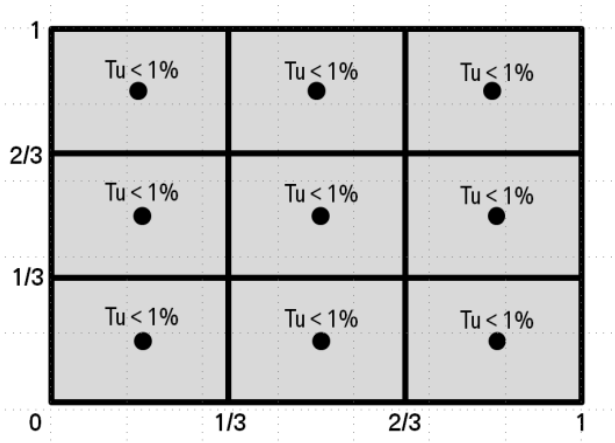
3.2.2 Température de l'air

La température de l'air au cours d'une mesure doit demeurer dans une fourchette de ±3 °C au centre de la veine d'essai. La variation de la température de l'air à la sortie de la buse doit demeurer dans une fourchette de ±3 °C.

3.2.3 Turbulence

Sur une grille de 3 x 3 cases équidistantes réparties sur l'ensemble de la sortie de la buse, l'intensité de turbulence ne doit pas dépasser 1 % (voir fig. A4/1 ci-après).

Figure A4/1
Intensité de turbulence



$$Tu = \frac{u'}{U_\infty}$$

où :

Tu est l'intensité de turbulence ;

u' est la fluctuation de vitesse en turbulence, en m/s ;

U_∞ est la vitesse en écoulement libre, en m/s.

3.2.4 Rapport d'obstruction physique

Le rapport d'obstruction imputable au véhicule ε_{sb}, exprimé en tant que quotient du maître couple du véhicule et de l'aire de sortie de la buse calculé au moyen de l'équation qui suit, ne doit pas dépasser 0,35.

$$\varepsilon_{sb} = \frac{A_f}{A_{nozzle}}$$

où :

ε_{sb} est le rapport d'obstruction imputable au véhicule ;

A_f est le maître couple du véhicule, en m^2 ;

A_{nozzle} est l'aire de sortie de la buse, en m^2.

3.2.5 Roues en rotation

Pour permettre de déterminer correctement l'influence aérodynamique des roues, les roues du véhicule d'essai doivent tourner à une vitesse telle que la vitesse du véhicule demeure dans une fourchette de ±3 km/h par rapport à la vitesse du vent.

3.2.6 Tapis roulant

Pour simuler l'écoulement de l'air contre le soubassement du véhicule, la soufflerie doit être équipée d'un tapis roulant s'étendant de l'avant jusqu'à l'arrière du véhicule. La vitesse du tapis roulant doit demeurer dans une fourchette de ±3 km/h par rapport à la vitesse du vent.

3.2.7 Angle d'écoulement fluide

En neuf points également répartis sur l'aire de sortie de la buse, l'écart type moyen quadratique de l'angle de tangage α et de l'angle de lacet β (plan-Y, -Z) à la sortie de la buse ne doit pas dépasser 1°.

3.2.8 Pression de l'air

En neuf points également répartis sur l'aire de sortie de la buse, l'écart type de la pression totale à la sortie de la buse ne doit pas dépasser 0,02.

$$\sigma\left(\frac{\Delta P_t}{q}\right) \leq 0{,}02$$

où :

σ est l'écart type du rapport de pression totale $\left(\frac{\Delta P_t}{q}\right)$;

ΔP_t est la variation de la pression totale entre les points de mesure, en N/m2 ;

q est la pression dynamique, en N/m_2.

La différence absolue du coefficient de pression cp sur une distance de 3 m en avant et 3 m en arrière du centre d'équilibre dans la section d'essai à vide et à une hauteur du centre de la sortie de la buse ne doit pas varier de plus de ±0,02.

$$\left|cp_{x=+3m} - cp_{x=-3m}\right| \leq 0{,}02$$

où :

cp est le coefficient de pression.

3.2.9 Épaisseur de la couche limite

À x = 0 (point central d'équilibre), la vitesse du vent doit être d'au moins 99 % de la vitesse d'entrée à 30 mm au-dessus du sol de la soufflerie.

$$\delta_{99}(x = 0\ m) \leq 30\ mm$$

où :

δ_{99} est la distance perpendiculaire à la route où 99 % de la vitesse d'écoulement libre est atteinte (épaisseur de la couche limite).

3.2.10 Le rapport d'obstruction imputable au système de maintien du véhicule

Le système de maintien du véhicule ne doit pas être positionné en avant du véhicule. Le rapport d'obstruction relative de la surface frontale du véhicule imputable au système de maintien du véhicule, ε_{restr}, ne doit pas dépasser 0,10.

$$\varepsilon_{restr} = \frac{A_{restr}}{A_f}$$

où :

ε_{restr} est le rapport d'obstruction relative imputable au système de maintien du véhicule ;

A_{restr} est la surface frontale du système de maintien du véhicule projetée sur la surface de la buse, en m^2 ;

A_f est la surface frontale du véhicule, en m^2.

3.2.11 Exactitude de mesure de la force résultante dans la direction-x

L'inexactitude de mesure de la force résultante dans la direction-x ne doit pas dépasser ±5 N. La résolution de la mesure de la force doit demeurer dans une fourchette de ±3 N.

3.2.12 Précision de la mesure

La précision de la mesure de la force doit demeurer dans une fourchette de ±3 N.

4. Mesure de la résistance à l'avancement sur route

4.1 Prescriptions concernant l'essai sur route

4.1.1 Conditions atmosphériques pour l'essai sur route

4.1.1.1 Conditions admissibles relatives au vent

Les conditions limites relatives au vent admissibles pour la détermination de la résistance à l'avancement sur route sont indiquées aux paragraphes 4.1.1.1.1 et 4.1.1.1.2 de la présente annexe.

Afin de déterminer si le type de mesures anémométriques utilisé convient, la vitesse moyenne arithmétique du vent doit être déterminée par une mesure continue de la vitesse, effectuée avec un instrument météorologique agréé, installé le long de la piste d'essai à l'emplacement et à la hauteur les plus représentatifs des conditions de vent que l'on peut rencontrer.

S'il n'est pas possible d'effectuer des essais dans les deux sens opposés sur la même partie de la piste d'essai (par exemple, dans le cas d'une piste d'essai ovale avec sens de circulation unique), la vitesse et la direction du vent sur chaque partie de la piste d'essai doivent être mesurées. Dans ce cas la vitesse moyenne arithmétique du vent mesurée la plus élevée détermine le type de mesures anémométriques à utiliser et la vitesse moyenne arithmétique du vent mesurée la plus faible détermine les critères en fonction desquels la correction pour le vent peut être omise.

4.1.1.1.1 Conditions relatives au vent admises dans le cas des mesures anémométriques stationnaires

Les mesures anémométriques stationnaires ne doivent être utilisées que si les vitesses du vent en valeur moyenne sur 5 s sont inférieures à 5 m/s et en pointe

à 8 m/s pendant moins de 2 s. En outre, la composante du vecteur moyen de la vitesse du vent transversalement à la piste d'essai doit être de moins de 2 m/s pendant chaque paire de parcours valable. Les paires de parcours qui ne répondent pas aux critères ci-dessus ne sont pas prises en compte dans l'analyse. Tout facteur de correction pour le vent doit être appliqué comme indiqué au paragraphe 4.5.3 de la présente annexe. La correction pour le vent peut être omise lorsque la plus basse valeur moyenne arithmétique de vitesse du vent est inférieure ou égale à 2 m/s.

4.1.1.1.2 Conditions relatives au vent admises dans le cas des mesures anémométriques avec équipement embarqué

Pour les essais avec instruments anémométriques embarqués, un dispositif tel qu'indiqué au paragraphe 4.3.2 de la présente annexe doit être utilisé. La vitesse moyenne arithmétique du vent pendant chaque paire de parcours valable sur la piste d'essai doit être inférieure à 7 m/s et les valeurs de pointe inférieures à 10 m/s pendant plus de 2 s. En outre, la composante du vecteur moyen de la vitesse du vent transversalement à la piste d'essai doit être inférieure à 4 m/s pendant chaque paire de parcours valable. Les paires de parcours qui ne répondent pas aux critères ci-dessus ne sont pas prises en compte dans l'analyse.

4.1.1.2 Température atmosphérique

La température atmosphérique doit rester comprise dans une plage de 5 °C à 40 °C (inclus).

Si la différence entre les températures la plus haute et la plus basse mesurées au cours de l'essai de décélération libre est de plus de 5 °C, la correction de température doit être appliquée séparément pour chaque parcours d'essai avec la moyenne arithmétique des températures ambiantes au cours de ce parcours.

Dans ce cas les valeurs des coefficients de résistance à l'avancement sur route f_0, f_1 et f_2 doivent être déterminés et corrigés pour chaque parcours d'essai. Le jeu final de valeurs f_0, f_1 et f_2 doit être constitué des valeurs moyennes arithmétiques des coefficients individuellement corrigés f_0, f_1 et f_2 respectivement. Les Parties contractantes peuvent s'écarter des limites supérieures de ±5 °C au niveau régional.

À sa discrétion, un constructeur peut choisir d'effectuer l'essai de décélération libre entre 1 °C et 5 °C.

4.1.2 Piste d'essai

Le revêtement de la route doit être plan, lisse, propre, sec et libre d'obstacles ou d'écrans pare-vent qui puissent interférer avec la mesure de la résistance à l'avancement sur route, et de par sa texture et sa composition être représentatif des revêtements actuellement utilisés sur les routes urbaines et grandes routes (à l'exclusion, donc, des revêtements spéciaux pour pistes d'atterrissage). La pente longitudinale de la piste d'essai ne doit pas dépasser ±1 %. La pente locale de la piste entre deux points quelconques distants de 3 m ne doit pas s'écarter de plus de ±0,5 % de la valeur de la pente longitudinale. S'il n'est pas possible d'effectuer des essais dans les deux sens opposés sur la même partie de la piste d'essai (par exemple, dans le cas d'une piste d'essai ovale avec sens de circulation unique), la somme des pentes longitudinales des segments parallèles de piste d'essai doit être comprise entre 0 et une pente ascendante de 0,1 %. La cambrure maximale de la piste d'essai doit être de 1,5 %.

4.2 Préparation

4.2.1 Véhicule d'essai

Chaque véhicule d'essai doit être conforme dans tous ses composants avec la production de série, ou, si le véhicule diffère de celle-ci, une description complète du véhicule doit être enregistrée.

4.2.1.1 Prescriptions pour la sélection du véhicule d'essai

4.2.1.1.1 Si la méthode d'interpolation n'est pas utilisée

Un véhicule d'essai (véhicule H présentant la combinaison de caractéristiques influant sur la résistance à l'avancement sur route (c'est-à-dire, masse, traînée aérodynamique et résistance au roulement des pneumatiques) qui produit la plus forte demande d'énergie par cycle doit être sélectionné dans la famille (voir par. 5.6 et 5.7 du présent RTM ONU).

Si l'influence aérodynamique des différentes roues à l'intérieur d'une famille d'interpolation n'est pas connue, la sélection doit être basée sur la traînée aérodynamique prévisible la plus élevée. En principe, la valeur la plus élevée de traînée aérodynamique devrait être obtenue pour les roues ayant a) la plus grande largeur, b) le plus grand diamètre, et c) la structure la plus ajourée (dans cet ordre d'importance).

La sélection des roues doit être effectuée en sus de la disposition prescrivant de sélectionner la demande d'énergie la plus élevée sur le cycle.

4.2.1.1.2 Si une méthode d'interpolation est utilisée

À la demande du constructeur, une méthode d'interpolation peut être appliquée.

Dans ce cas, deux véhicules d'essai doivent être sélectionnés dans la famille conformément aux prescriptions correspondantes.

Le véhicule d'essai H doit être le véhicule produisant la demande d'énergie sur le cycle la plus élevée, et de préférence maximale, de cette sélection ; le véhicule d'essai L est le véhicule produisant la demande d'énergie sur le cycle la plus basse, et de préférence minimale, de cette sélection.

Tous les éléments de l'équipement optionnel et/ou les formes de carrosserie qui sont exclus lors de l'application de la méthode d'interpolation doivent être identiques pour les deux véhicules d'essai H et L, de telle sorte que ces éléments d'équipements optionnels produisent la combinaison de demande d'énergie sur le cycle la plus élevée du fait de leurs caractéristiques influant sur la résistance à l'avancement sur route (c'est-à-dire, masse, traînée aérodynamique et résistance au roulement des pneumatiques).

À titre indicatif, les écarts minimum suivants entre les véhicules H et L devraient être respectés pour les caractéristiques ayant une influence sur la résistance à l'avancement suivantes :

i) Masse d'au moins 30 kg ;

ii) Résistance au roulement d'au moins 1,0 kg par tonne :

iii) Traînée aérodynamique ($C_D \times A_f$) d'au moins 0,05 m².

4.2.1.2 Prescriptions pour les familles

4.2.1.2.1 Prescriptions pour l'application de la famille d'interpolation sans utilisation d'une méthode d'interpolation

On trouvera les critères de définition d'une famille d'interpolation au paragraphe 5.6 du présent RTM ONU.

4.2.1.2.2 Les prescriptions pour l'application de la famille d'interpolation avec utilisation d'une méthode d'interpolation sont les suivantes :

a) Satisfaire aux critères de définition d'une famille d'interpolation énoncés au paragraphe 5.6 du présent RTM ONU ;

b) Satisfaire aux prescriptions du paragraphe 2.3.1 et 2.3.2 de l'annexe 6 ;

c) Effectuer les calculs visés au paragraphe 3.2.3.2 de l'annexe 7.

4.2.1.2.3 Prescriptions pour l'application de la famille de véhicules du point de vue de la résistance à l'avancement sur route

4.2.1.2.3.1 À la demande du constructeur et à condition que soient remplis les critères du paragraphe 5.7 du présent RTM ONU, les valeurs de résistance à l'avancement sur route pour les véhicules H et L d'une famille d'interpolation doivent être calculées.

4.2.1.2.3.2 Aux fins de l'application de la famille de résistance à l'avancement sur route, les véhicules d'essai H et L définis au paragraphe 4.2.1.1.2 de la présente annexe doivent être désignés H_R et L_R.

4.2.1.2.3.3 Outre les prescriptions relatives à une famille d'interpolation visées aux paragraphes 2.3.1 et 2.3.2 de l'annexe 6, la différence de demande d'énergie sur le cycle entre le véhicule H_R et le véhicule L_R de la famille de résistance à l'avancement sur route doit être d'au moins 4 % et d'au plus 35 %, déterminée sur la base du véhicule H_R au cours d'un cycle complet WLTC pour véhicule de la classe 3.

Si plusieurs transmissions sont incluses dans la famille de résistance à l'avancement sur route, une transmission présentant les pertes de puissance les plus élevées doit être utilisée pour la détermination de la résistance à l'avancement sur route.

4.2.1.2.3.4 Si l'écart de résistance à l'avancement sur route de l'équipement optionnel provoquant la différence de frottement est déterminé conformément au paragraphe 6.8 de la présente annexe, une nouvelle famille de résistance à l'avancement sur route doit être calculée en y intégrant l'écart de résistance à l'avancement sur route pour le véhicule L et le véhicule H de cette nouvelle famille :

$$f_{0,N} = f_{0,R} + f_{0,Delta}$$

$$f_{1,N} = f_{1,R} + f_{1,Delta}$$

$$f_{2,N} = f_{2,R} + f_{2,Delta}$$

où :

N désigne les coefficients de résistance à l'avancement sur route de la nouvelle famille de résistance à l'avancement ;

R désigne les coefficients de résistance à l'avancement sur route de la famille de résistance à l'avancement de référence ;

Delta désigne les coefficients delta de résistance à l'avancement sur route tels que déterminés conformément au paragraphe 6.8.1 de la présente annexe.

4.2.1.3 Combinaisons admissibles de prescriptions relatives à la sélection des véhicules d'essai et aux familles

Le tableau A4/1 décrit les combinaisons admissibles de prescriptions relatives à la sélection de véhicules d'essai et aux familles énoncées aux paragraphes 4.2.1.1 et 4.2.1.2 de la présente annexe.

Tableau A4/1
Combinaisons admissibles de prescriptions relatives à la sélection des véhicules d'essai et aux familles

Prescriptions à respecter	*1) Sans méthode d'interpolation*	*2) Méthode d'interpolation sans famille de résistance à l'avancement sur route*	*3) Application de la famille de résistance à l'avancement sur route*	*4) Méthode d'interpolation avec utilisation d'une ou plusieurs familles de résistance à l'avancement sur route*
Véhicule d'essai pour la résistance à l'avancement sur route	Par. 4.2.1.1.1 de la présente annexe	Par. 4.2.1.1.2 de la présente annexe	Par. 4.2.1.1.2 de la présente annexe	s.o.
Famille	Par. 4.2.1.2.1 de la présente annexe	Par. 4.2.1.2.2 de la présente annexe	Par. 4.2.1.2.3 de la présente annexe	Par. 4.2.1.2.2 de la présente annexe
Prescriptions supplémentaires	néant	néant	néant	Colonne 3) (Application de la famille de résistance à l'avancement sur route) et par. 4.2.1.3.1 de la présente annexe

4.2.1.3.1 Déduction des résistances à l'avancement sur route d'une famille d'interpolation à partir d'une famille de résistance à l'avancement sur route

Les résistances à l'avancement sur route de H_R et/ou de L_R doivent être déterminées conformément à la présente annexe.

La résistance à l'avancement sur route des véhicules H et L d'une famille d'interpolation à l'intérieur de la famille de résistance à l'avancement sur route doit être calculée conformément aux paragraphes 3.2.3.2.2 à 3.2.3.2.2.4 de l'annexe 7 :

a) En utilisant les valeurs H_R et L_R de la famille de résistance à l'avancement sur route au lieu de H et L comme paramètres d'entrée pour les équations ;

b) En utilisant les paramètres de résistance à l'avancement sur route (c'est à dire masse d'essai, $\Delta(C_p x A_f)$ comparé au véhicule L_R, et résistance aux roulements des pneumatiques) du véhicule H (ou L) de la famille d'interpolation, comme paramètres d'entrée pour le véhicule donné ;

c) En répétant ce calcul pour chaque véhicule H et L de chaque famille d'interpolation au sein de la famille de résistance à l'avancement sur route.

L'interpolation de la résistance à l'avancement sur route doit seulement être appliquée aux caractéristiques influant sur la résistance à l'avancement sur route dont on a constaté la différence entre les véhicules d'essai L_R et H_R. Pour toutes les autres caractéristiques influant sur la résistance à l'avancement sur route, la valeur du véhicule H_R doit s'appliquer.

Les véhicules H et L de la famille d'interpolation peuvent être tirés de familles de résistance à l'avancement sur route différentes. Si la différence entre ces familles découle de l'application de la méthode des écarts, se reporter au paragraphe 4.2.1.2.3.4 de la présente annexe.

4.2.1.4 Application de la famille de matrices de résistance à l'avancement sur route

Un véhicule qui satisfait aux critères du paragraphe 5.8 du présent RTM ONU, et qui est :

a) Représentatif de la série prévue de véhicules complets devant être couverts par la famille de matrices de résistance à l'avancement sur

route du point de vue de la plus mauvaise valeur estimée du coefficient C_D et de la forme de la carrosserie ; et

b) Représentatif de la série prévue de véhicules devant être couverts par la famille de matrices de résistance à l'avancement sur route du point de vue de la valeur moyenne estimée de la masse de l'équipement optionnel ;

doit être utilisé pour déterminer la résistance à l'avancement sur route.

S'il n'est pas possible de déterminer une forme de carrosserie représentative pour un véhicule complet, le véhicule d'essai doit être équipé d'une caisse carrée avec angles arrondis d'un rayon maximal de 25 mm, d'une largeur égale à la largeur maximale des véhicules couvert par la famille de matrices de résistance à l'avancement sur route et d'une hauteur telle que la hauteur totale du véhicule d'essai soit de 3,0 m ±0,1 m, caisse comprise.

Le constructeur et l'autorité compétente doivent se mettre d'accord sur le modèle de véhicule d'essai censé être représentatif.

Les paramètres du véhicule d'essai (masse, résistance au roulement des pneumatiques et maître couple), aussi bien d'un véhicule H_M que d'un véhicule L_M, doivent être choisis de telle manière que le véhicule H_M produise la demande d'énergie sur le cycle la plus élevée et le véhicule L_M la demande d'énergie sur le cycle la plus basse d'un véhicule de famille de matrices de résistance à l'avancement sur route. Le constructeur et l'autorité compétente devront convenir des paramètres du véhicule à attribuer au véhicule H_M et au véhicule L_M.

La résistance à l'avancement sur route de tous les véhicules donnés de la famille de matrices de résistance à l'avancement sur route, y compris les véhicules H_M et L_M, doit être calculée conformément au paragraphe 5.1 de la présente annexe.

4.2.1.5 Parties aérodynamiques mobiles de la carrosserie

Les parties aérodynamiques mobiles de la carrosserie du véhicule d'essai doivent fonctionner pendant la détermination de la résistance à l'avancement sur route comme prévu dans les conditions de l'essai WLTP type 1 (température d'essai, vitesse du véhicule et plage d'accélération, charge moteur, etc.).

Tout système du véhicule qui modifie en conditions dynamiques la traînée aérodynamique du véhicule (par exemple, une commande de réglage de hauteur du véhicule) doit être considéré comme étant une partie aérodynamique mobile de la carrosserie. Des prescriptions appropriées seront ajoutées à l'avenir si les véhicules sont équipés d'éléments aérodynamiques mobiles de l'équipement optionnel, dont l'influence sur la traînée aérodynamique justifie qu'ils soient soumis à d'autres prescriptions.

4.2.1.6 Pesage

Avant et après la procédure de détermination de la résistance à l'avancement sur route, le véhicule sélectionné doit être pesé, y compris le conducteur d'essai et l'équipement d'essai, pour déterminer la masse moyenne arithmétique m_{av}. La masse du véhicule doit être supérieure ou égale à la masse d'essai du véhicule H ou du véhicule L, au début de la procédure de détermination de la résistance à l'avancement sur route.

4.2.1.7 Configuration du véhicule d'essai

La configuration du véhicule d'essai doit être enregistrée et reproduite pour tous les essais ultérieurs de décélération libre.

4.2.1.8 État du véhicule d'essai

4.2.1.8.1 Rodage

Le véhicule d'essai doit avoir subi un rodage aux fins de l'essai ultérieur sur au moins 10 000 mais au plus 80 000 km.

À la demande du constructeur, un véhicule ayant parcouru une distance minimale de 3 000 km peut être utilisé.

4.2.1.8.2 Spécifications du constructeur

Le véhicule doit être conforme aux spécifications nominales du constructeur pour les véhicules de série en ce qui concerne les pressions des pneumatiques comme défini au paragraphe 4.2.2.3 de la présente annexe, le parallélisme comme défini au paragraphe 4.2.1.8.3 de la présente annexe, la garde au sol, la hauteur du véhicule, les lubrifiants du train de roulement et des roulements de roues, et le réglage des freins pour éviter les frottements parasites non représentatifs.

4.2.1.8.3 Paramètres du parallélisme

Les valeurs de pincement et de carrossage doivent être réglées à l'écart maximal par rapport à l'axe longitudinal du véhicule dans la plage définie par le constructeur. Si un constructeur prescrit des valeurs nominales de pincement et de carrossage pour le véhicule, ces valeurs doivent être appliquées. À la demande du constructeur, des valeurs correspondant à des écarts plus grands par rapport à l'axe longitudinal que les valeurs prescrites peuvent être utilisées. Les valeurs prescrites doivent servir de références pour toutes les opérations d'entretien au cours de la durée de vie du véhicule.

Les autres paramètres réglables du parallélisme (tels que la chasse) doivent être réglés à la valeur recommandée par le constructeur. En l'absence de valeur recommandée, ils doivent être réglés à la valeur moyenne arithmétique de la plage spécifiée par le constructeur.

Les possibilités de réglage de ces paramètres et leurs valeurs de réglage doivent être enregistrées.

4.2.1.8.4 Fermeture des panneaux mobiles

Pendant l'essai de détermination de la résistance à l'avancement sur route, le capot moteur, le couvercle du compartiment à bagages, les panneaux mobiles actionnés manuellement et toutes les fenêtres doivent être fermées.

4.2.1.8.5 Mode décélération libre

Si l'essai de détermination du réglage du dynamomètre ne permet pas de satisfaire aux critères définis aux paragraphes 8.1.3 ou 8.2.3 de la présente annexe du fait de l'influence de forces non reproductibles, le véhicule doit être équipé d'un mode décélération libre. Le mode décélération libre doit être approuvé et son utilisation enregistrée par l'autorité compétente.

Si un véhicule est équipé d'un mode décélération libre, ce dernier doit être en fonction aussi bien pendant l'essai de détermination de la résistance à l'avancement sur route que pendant l'essai sur banc à rouleaux.

4.2.2 Pneumatiques

4.2.2.1 Résistance au roulement des pneumatiques

La résistance au roulement des pneumatiques doit être mesurée conformément à l'annexe 6 du Règlement ONU n° 117-02, ou à une norme équivalente internationalement reconnue. Les coefficients de résistance au roulement doivent être alignés conformément aux procédures régionales respectives (par exemple, EU 1235/2011), et catégorisés par classes de résistance au roulement selon le tableau A4/2).

Tableau A4/2
Classes d'efficacité énergétique correspondant aux coefficients de résistance au roulement (CRR) pour les pneumatiques des classes C1, C2 et C3, et valeurs de CRR à utiliser pour ces classes d'efficacité énergétique aux fins de l'interpolation, en kg/t

Classe d'efficacité énergétique	*Plage de CRR pour les pneumatiques de la classe C1*	*Plage de CRR pour les pneumatiques de la classe C2*	*Plage de CRR pour les pneumatiques de la classe C3*
1	CRR ≤ 6,5	CRR ≤ 5,5	CRR ≤ 4,0
2	6,5 < CRR ≤ 7,7	5,5 < CRR ≤ 6,7	4,0 < CRR ≤ 5,0
3	7,7 < CRR ≤ 9,0	6,7 < CRR ≤ 8,0	5,0 < CRR ≤ 6,0
4	9,0 < CRR ≤ 10,5	8,0 < CRR ≤ 9,2	6,0 < CRR ≤ 7,0
5	10,5 < CRR ≤ 12,0	9,2 < CRR ≤ 10,5	7,0 < CRR ≤ 8,0
6	CRR > 12,0	CRR > 10,5	CRR > 8,0
Classe d'efficacité énergétique	*Valeur de CRR à utiliser aux fins de l'interpolation pour les pneumatiques de la classe C1*	*Valeur de CRR à utiliser aux fins de l'interpolation pour les pneumatiques de la classe C2*	*Valeur de CRR à utiliser aux fins de l'interpolation pour les pneumatiques de la classe C3*
1	CRR = 5,9	CRR = 4,9	CRR = 3,5
2	CRR = 7,1	CRR = 6,1	CRR = 4,5
3	CRR = 8,4	CRR = 7,4	CRR = 5,5
4	CRR = 9,8	CRR = 8,6	CRR = 6,5
5	CRR = 11,3	CRR = 9,9	CRR = 7,5
6	CRR = 12,9	CRR = 11,2	CRR = 8,5

Si la méthode d'interpolation est appliquée à la résistance au roulement, aux fins des calculs visés au paragraphe 3.2.3.2 de l'annexe 7, les valeurs réelles de résistance au roulement pour les pneumatiques montés sur les véhicules d'essai L et H doivent être utilisées comme valeurs d'entrée pour la procédure de calcul. Dans le cas d'un véhicule donné d'une famille d'interpolation, le calcul doit être basé sur la valeur de CRR spécifiée pour la classe d'efficacité énergétique des pneumatiques montés sur ledit véhicule.

4.2.2.2 État des pneumatiques

Les pneumatiques utilisés pour l'essai doivent répondre aux conditions suivantes :

a) Ne pas être âgés de plus de deux ans à compter de la date de production ;

b) Ne pas avoir subi un conditionnement ou un traitement spécial (de chauffage ou de vieillissement artificiel), à l'exception de l'opération initiale de taille par meulage du dessin originel de la bande de roulement ;

c) Avoir subi un rodage sur piste sur au moins 200 km avant l'essai de détermination de la résistance à l'avancement sur route ;

d) Présenter une profondeur constante des sculptures avant l'essai comprise entre 100 et 80 % de la profondeur originelle en un point quelconque sur toute la largeur de la bande de roulement du pneumatique.

Après mesure de la profondeur du profil, la distance parcourue doit être limitée à 500 km. Au-delà de cette distance, la profondeur doit être mesurée à nouveau.

4.2.2.3 Pression des pneumatiques

Les pneumatiques avant et arrière doivent être gonflés à la limite inférieure de la plage de pression pour le pneumatique sélectionné de l'essieu considéré à la masse d'essai de décélération libre, comme spécifié par le constructeur du véhicule.

4.2.2.3.1 Ajustement de la pression des pneumatiques

Si la différence entre la température ambiante et la température de stabilisation est de plus de 5°C, la pression des pneumatiques doit être ajustée comme suit :

a) Les pneumatiques doivent être stabilisés thermiquement pendant plus de 1 h à 10 % au-dessus de la pression visée ;

b) Avant les essais, la pression des pneumatiques doit être ramenée à la pression de gonflage définie au paragraphe 4.2.2.3 de la présente annexe, ajustée pour tenir compte de la différence entre la température de l'environnement de stabilisation et la température ambiante d'essai conformément au facteur de 0,8 kPa par 1°C selon l'équation ci-après :

$$\Delta p_t = 0.8 \times (T_{soak} - T_{amb})$$

où :

Δp_t est la valeur de l'ajustement ajoutée à la pression du pneumatique définie au paragraphe 4.2.2.3 de la présente annexe, en kPa ;

0,8 est le facteur d'ajustement de la pression, en kPa/°C ;

T_{soak} est la température de stabilisation du pneumatique, en °C ;

T_{amb} est la température ambiante d'essai, en °C ;

c) Entre l'opération d'ajustement de la pression et celle de mise en température du véhicule, les pneumatiques doivent être protégés des sources de chaleur extérieures y compris le rayonnement solaire.

4.2.3 Instruments

Tous les instruments doivent être installés de manière à avoir le moins d'effet possible sur les caractéristiques aérodynamiques du véhicule.

Si l'on prévoit que l'effet de l'instrument installé sur le coefficient ($C_D \times A_f$) sera supérieur à 0,015 m^2, le véhicule avec et sans l'instrument doit être mesuré dans une soufflerie répondant au critère du paragraphe 3.2 de la présente annexe. La différence correspondante doit être soustraite de f_2. À la demande du constructeur, et avec l'accord de l'autorité compétente, la valeur déterminée pourra être utilisée pour des véhicules similaires pour lesquels l'on prévoit que l'effet de l'instrument installé sera le même.

4.2.4 Mise en température du véhicule

4.2.4.1 Sur route

La mise en température doit être effectuée uniquement au moyen d'un parcours exécuté avec le véhicule.

4.2.4.1.1 Avant la mise en température, le véhicule doit effectuer une décélération embrayage débrayé ou transmission automatique au point mort par un freinage modéré de 80 à 20 km/h en 5 à 10 s. Après ce freinage, il ne doit pas y avoir d'autre opération de freinage ni de réglage manuel du système de freinage.

À la demande du constructeur, et avec l'accord de l'autorité compétente, un freinage peut aussi être effectué après la mise en température avec la même décélération comme décrit dans le présent paragraphe et seulement si nécessaire.

4.2.4.1.2 Mise en température et stabilisation

Tous les véhicules doivent effectuer un parcours à 90 % de la vitesse maximale du cycle WLTC applicable. Le véhicule peut effectuer un parcours à 90 % de la vitesse maximale de la phase supérieure suivante (voir tableau A4/3) si cette phase est ajoutée à la procédure de mise en température applicable du cycle WLTC comme indiqué au paragraphe 7.3.4 de la présente annexe. Le véhicule doit effectuer un parcours de mise en température d'au moins 20 min jusqu'à ce que des conditions stables soient atteintes.

Tableau A4/3
Mise en température et stabilisation entre phases

Classe de véhicule	*Cycle WLTC applicable*	*90 % de la vitesse maximale*	*Phase supérieure suivante*
Classe 1	Low_1 + $Medium_1$	58 km/h	s.o.
Classe 2	Low_2 + $Medium_2$ + $High_2$ Extra $High_2$	111 km/h	s.o.
	Low_2 + $Medium_2$ + $High_2$	77 km/h	Extra High (111 km/h)
Classe 3	Low_3 + $Medium_3$ + $High_3$ + Extra $High_3$	118 km/h	s.o.
	Low_3 + $Medium_3$ + $High_3$	88 km/h	Extra High (118 km/h)

4.2.4.1.3 Critères indiquant des conditions stables

Voir le paragraphe 4.3.1.4.2 de la présente annexe.

4.3 Mesure et calcul de la résistance à l'avancement sur route par la méthode de la décélération libre

La résistance à l'avancement sur route doit être déterminée par la méthode avec mesure anémométrique stationnaire (par. 4.3.1 de la présente annexe) ou par la méthode avec anémomètre embarqué (par. 4.3.2 de la présente annexe).

4.3.1 Méthode de la décélération libre avec mesure anémométrique stationnaire

4.3.1.1 Sélection des vitesses de référence pour la détermination de la courbe de résistance à l'avancement sur route

Les vitesses de référence pour la détermination de la résistance à l'avancement sur route doivent être sélectionnées conformément au paragraphe 2.2 de la présente annexe.

4.3.1.2 Collecte des données

Pendant l'essai, le temps écoulé et la vitesse du véhicule doivent être mesurés à la fréquence minimale de 10 Hz.

4.3.1.3 Essai de décélération libre du véhicule

4.3.1.3.1 Après l'opération de mise en température du véhicule (par. 4.2.4 de la présente annexe), et immédiatement avant chaque mesure d'essai, le véhicule doit être accéléré jusqu'à 10 à 15 km/h au-dessus de la plus haute vitesse de référence et effectuer un parcours à cette vitesse pendant 1 minute au maximum ; après quoi l'essai de décélération libre doit commencer immédiatement.

4.3.1.3.2 Pendant la décélération libre, la transmission doit être au point mort. Tout mouvement du volant de direction doit être évité autant que possible, et les freins du véhicule ne doivent pas être actionnés.

4.3.1.3.3 L'essai doit être répété jusqu'à ce que les données de décélération libre satisfassent aux conditions concernant la précision statistique comme spécifié au paragraphe 4.3.1.4.2 de la présente annexe.

4.3.1.3.4 Bien qu'il soit recommandé que chaque essai de décélération libre soit effectué sans interruption, des essais fractionnés peuvent être exécutés s'il est impossible de collecter les données en une seule fois pour tous les points de

vitesse de référence. Dans le cas des essais fractionnés, les prescriptions supplémentaires suivantes s'appliquent :

a) On doit veiller à ce que les conditions relatives au véhicule demeurent aussi stables que possible à chaque point de fractionnement ;

b) Au moins un point de vitesse doit être situé à la fois dans une plage de vitesses donnée et dans la plage de vitesses supérieure ;

c) Pour chacun de ces points de chevauchement, l'écart entre la force de décélération moyenne de la plage inférieure et la force de décélération moyenne de la plage supérieure ne doit pas excéder ±10 N ou ±5 %, la plus grande de ces deux valeurs étant retenue ;

d) Si la piste n'est pas suffisamment longue pour que la condition énoncée à l'alinéa b) du présent paragraphe soit satisfaite, on doit ajouter un point de vitesse supplémentaire qui fera office de point de chevauchement.

4.3.1.4 Mesure du temps de décélération libre

4.3.1.4.1 Le temps de décélération libre correspondant à la vitesse de référence v_j, c'est-à-dire le temps écoulé entre les vitesses (v_j + 5 km/h) et (v_j - 5 km/h), doit être mesuré.

4.3.1.4.2 Ces mesures doivent être effectuées dans les deux sens jusqu'à ce qu'un minimum de trois paires de mesures satisfaisant à la condition requise de précision statistique p_j, comme spécifié dans l'équation ci-après, ait été obtenues :

$$p_j = \frac{h \times \sigma_j}{\sqrt{n} \times \Delta t_{pj}} \leq 0{,}03$$

où :

P_j est la précision statistique des mesures faites à la vitesse de référence v_i ;

n est le nombre de paires de mesures ;

Δt_{pj} est la moyenne harmonique des temps de décélération libre à la vitesse de référence v_j, en s, selon l'équation suivante :

$$\Delta t_{pj} = \frac{n}{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{\Delta t_{ji}}}$$

où :

Δt_{ji} est la moyenne harmonique des temps de décélération libre pour la i^e paire de mesures à la vitesse v_j, en s, selon l'équation suivante :

$$\Delta t_{ji} = \frac{2}{\left(\frac{1}{\Delta t_{jai}}\right) + \left(\frac{1}{\Delta t_{jbi}}\right)}$$

où :

Δt_{jai} et Δt_{jbi} sont les temps de décélération libre pour la i^e mesure à la vitesse de référence v_j, en s, dans les directions a et b, respectivement ;

σ_j est l'écart type, exprimé en s, comme défini par l'équation :

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n} (\Delta t_{ji} - \Delta t_{pj})^2}$$

h est un coefficient donné au tableau A4/4.

Tableau A4/4
Coefficient h en fonction de n

n	*h*	*n*	*h*
3	4,3	17	2,1
4	3,2	18	2,1
5	2,8	19	2,1
6	2,6	20	2,1
7	2,5	21	2,1
8	2,4	22	2,1
9	2,3	23	2,1
10	2,3	24	2,1
11	2,2	25	2,1
12	2,2	26	2,1
13	2,2	27	2,1
14	2,2	28	2,1
15	2,2	29	2,0
16	2,1	30	2,0

4.3.1.4.3 Si pendant une mesure dans un sens il intervient un facteur extérieur ou une action du conducteur qui influe clairement sur le déroulement de l'essai de résistance à l'avancement sur route, cette mesure et la mesure correspondante dans le sens opposé doivent être invalidées. Toutes les données invalidées et les raisons de leur invalidation doivent être consignées, et le nombre de paires de mesures invalidées ne doit pas dépasser 1/3 du nombre total de paires. Le nombre maximal de paires qui restent conformes aux critères de précision statistique comme défini au paragraphe 4.3.1.4.2 de la présente annexe doit être évalué. En cas d'exclusion, les paires doivent être exclues de l'évaluation en commençant par la paire présentant l'écart le plus grand par rapport à la moyenne.

4.3.1.4.4 L'équation suivante, dans laquelle la moyenne arithmétique harmonique des temps alternés de décélération libre doit être utilisée, doit être appliquée pour calculer la moyenne de la résistance à l'avancement sur route :

$$F_j = \frac{1}{3,6} \times (m_{av} + m_r) \times \frac{2 \times \Delta v}{\Delta t_j}$$

où :

Δt_j est la moyenne harmonique des mesures de temps alternées de décélération libre à la vitesse v_j, en s, selon l'équation :

$$\Delta t_j = \frac{2}{\frac{1}{\Delta t_{ja}} + \frac{1}{\Delta t_{jb}}}$$

où :

Δt_{ja} et Δt_{jb} sont les moyennes harmoniques des temps de décélération libre dans les directions a et b, respectivement, correspondant à la vitesse v_j, en s, selon les deux équations suivantes :

$$\Delta t_{ja} = \frac{n}{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{t_{jai}}}$$

et :

$$\Delta t_{jb} = \frac{n}{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{t_{jbi}}}$$

où :

m_{av} est la moyenne arithmétique des masses du véhicule d'essai au début et à la fin de l'essai de détermination de la résistance à l'avancement sur route, en kg ;

m_r est la masse effective équivalente des composants en rotation comme défini au paragraphe 2.5.1 de la présente annexe.

Les coefficients f_0, f_1 et f_2 de l'équation de résistance à l'avancement sur route doivent être calculés par une analyse de régression par la méthode des moindres carrés.

Si le véhicule d'essai est le véhicule représentatif d'une famille de matrices de résistance à l'avancement sur route, le coefficient f_1 est pris comme égal à zéro et les coefficients f_0 et f_2 doivent être recalculés par une analyse de régression par les moindres carrés.

4.3.2 Méthode de la décélération libre avec mesures anémométriques par un équipement embarqué

Le véhicule doit subir une procédure de mise en température et de stabilisation conformément au paragraphe 4.2.4 de la présente annexe.

4.3.2.1 Instruments additionnels pour mesures anémométriques avec équipement embarqué

L'anémomètre et les appareils embarqués doivent être étalonnés en cours de fonctionnement sur le véhicule soumis à l'essai, l'étalonnage s'effectuant durant la mise en température pour l'essai.

4.3.2.1.1 La vitesse relative du vent doit être mesurée à une fréquence minimale de 1 Hz avec une exactitude de 0,3 m/s. L'étalonnage de l'anémomètre doit inclure les corrections pour l'effet d'obstruction causé par le véhicule.

4.3.2.1.2 La direction du vent doit être déterminée relativement à la direction du véhicule. La direction relative du vent (en lacet) doit être mesurée avec une résolution de 1° et une exactitude de 3° ; l'angle mort de l'instrument ne doit pas dépasser 10° et doit être orienté vers l'arrière du véhicule.

4.3.2.1.3 Avant la décélération libre, l'anémomètre doit être étalonné pour la vitesse et l'écart angulaire du vent comme spécifié dans la norme ISO 10521-1:2006(E) annexe A.

4.3.2.1.4 Une correction de l'obstruction causée à la mesure anémométrique doit être appliquée dans la procédure d'étalonnage afin d'en minimiser les effets comme spécifié dans la norme ISO 10521-1:2006(E) annexe A.

4.3.2.2 Sélection de la plage de vitesse du véhicule pour la détermination de la courbe de résistance à l'avancement sur route

La plage de vitesse d'essai du véhicule doit être sélectionnée conformément au paragraphe 2.2 de la présente annexe.

4.3.2.3 Collecte des données

Au cours de la procédure, le temps écoulé, la vitesse du véhicule, et la vitesse et la direction de l'air par rapport au véhicule, doivent être mesurés à la fréquence minimale de 5 Hz. La mesure de la température ambiante doit être synchronisée et effectuée à la fréquence minimale de 0,1 Hz.

4.3.2.4 Essai de décélération libre du véhicule

Les parcours de mesure doivent être effectués dans les deux sens opposés jusqu'à ce qu'un minimum de 10 parcours consécutifs ait été exécuté (à raison de cinq dans chaque sens). Si un parcours individuel ne satisfait pas aux conditions requises pour l'essai avec un anémomètre embarqué, ce parcours ainsi que le parcours correspondant en sens opposé doivent être invalidés. Toutes les paires valides doivent être prises en compte dans l'analyse finale, avec un nombre minimal de 5 paires. Les critères de validation statistique doivent satisfaire aux conditions spécifiées au paragraphe 4.3.2.6.10 de la présente annexe.

L'anémomètre doit être installé dans une position telle que les effets de sa présence sur les caractéristiques du véhicule soient réduits au minimum.

L'anémomètre doit être installé dans l'une des positions ci-après :

a) Sur une perche placée à environ 2 m en avant du point avant de stagnation aérodynamique du véhicule ;

b) Sur le toit du véhicule sur l'axe médian. Si possible, l'instrument doit être monté à 30 cm ou moins du haut du pare-brise ;

c) Sur le capot moteur du véhicule sur l'axe médian à mi-distance entre l'avant du véhicule et la base du pare-brise.

Dans tous les cas, l'anémomètre doit être installé parallèlement à la surface de la route. Si les positions b) ou c) sont utilisées, les résultats de la décélération libre doivent être ajustés au cours de l'analyse pour tenir compte de la traînée aérodynamique additionnelle induite par l'anémomètre. L'ajustement se fait sur la base d'essais comparatifs de la décélération libre du véhicule en soufflerie avec et sans l'anémomètre monté (dans la même position que celle utilisée sur la piste) ; la différence calculée représentera le coefficient d'accroissement de la traînée (C_D), qui, combiné avec la surface frontale, doit être utilisé pour corriger les résultats de la décélération libre.

4.3.2.4.1 Après l'opération de mise en température du véhicule (par. 4.2.4 de la présente annexe), et immédiatement avant chaque mesure d'essai, le véhicule doit être accéléré jusqu'à 10 à 15 km/h au-dessus de la plus haute vitesse de référence et effectuer un parcours à cette vitesse pendant une durée maximale de 1 min ; après quoi l'essai de décélération libre doit commencer immédiatement.

4.3.2.4.2 Pendant la décélération libre, la transmission doit être au point mort. Tout mouvement du volant de direction doit être évité autant que possible, et les freins du véhicule ne doivent pas être actionnés.

4.3.2.4.3 Bien qu'il soit recommandé que chaque essai de décélération libre soit effectué sans interruption, des essais fractionnés peuvent être exécutés s'il est impossible de collecter les données en une seule fois pour tous les points de vitesse de référence. Dans le cas des essais fractionnés, les prescriptions supplémentaires suivantes s'appliquent :

a) On doit veiller à ce que les conditions relatives au véhicule demeurent aussi stables que possible à chaque point de fractionnement ;

b) Au moins un point de vitesse doit être situé à la fois dans une plage de vitesses donnée et dans la plage de vitesses supérieure ;

c) Pour chacun de ces points de chevauchement, l'écart entre la force de décélération moyenne de la plage inférieure et la force de décélération

moyenne de la plage supérieure ne doit pas excéder ±10 N ou ±5 %, la plus grande de ces deux valeurs étant retenue ;

d) Si la piste n'est pas suffisamment longue pour que la condition énoncée à l'alinéa b) du présent paragraphe soit satisfaite, on doit ajouter un point de vitesse supplémentaire qui fera office de point de chevauchement.

4.3.2.5 Détermination de l'équation de mouvement

Les symboles utilisés dans les équations de mouvement pour la mesure avec anémomètre embarqué sont passés en revue au tableau A4/5.

Tableau A4/5
Symboles utilisés dans les équations de mouvement pour la mesure avec anémomètre embarqué

Symbole	*Unité*	*Désignation*
A_f	m^2	Surface frontale du véhicule
$a_0 \ldots a_n$	degrés^{-1}	Coefficients de traînée aérodynamique en fonction de l'angle de lacet
A_m	N	Coefficient de résistance mécanique
B_m	N/(km/h)	Coefficient de résistance mécanique
C_m	N/(km/h)^2	Coefficient de résistance mécanique
$C_d(Y)$		Coefficient de traînée aérodynamique à l'angle de lacet Y
D	N	Résistance à l'avancement
D_{aero}	N	Traînée aérodynamique
D_f	N	Résistance au roulement de l'essieu avant (y compris la transmission)
D_{grav}	N	Résistance au roulement due à la gravité
D_{mech}	N	Résistance au roulement mécanique
D_r	N	Résistance au roulement de l'essieu arrière (y compris la transmission)
D_{tyre}	N	Résistance au roulement des pneumatiques
(dh/ds)	-	Sinus de la pente de la piste dans la direction de déplacement (+ indique une pente ascendante)
(dv/dt)	m/s^2	Accélération
g	m/s^2	Constante gravitationnelle
m_{av}	kg	Masses moyennes arithmétiques du véhicule d'essai au début et à la fin de l'essai de détermination de la résistance à l'avancement sur route
m_e	kg	Masse effective du véhicule (y compris les composants en rotation)
ρ	kg/m^3	Masse volumique de l'air
t	s	Temps
T	K	Température
v	km/h	Vitesse du véhicule
v_r	km/h	Vitesse du vent apparente par rapport au véhicule
Y	degrés	Angle de lacet du vent apparent par rapport à la direction de déplacement du véhicule

4.3.2.5.1 Forme générale

La forme générale de l'équation de mouvement peut être transcrite comme suit :

$$-m_e\left(\frac{dv}{dt}\right) = D_{mech} + D_{aero} + D_{grav}$$

où :

$D_{mech} = D_{tyre} + D_f + D_r$

$$D_{aero} = \left(\frac{1}{2}\right) \rho C_D(Y) A_f v_r^2$$

$$D_{grav} = m \times g \times \left(\frac{dh}{ds}\right)$$

Si la pente de la piste est égale ou inférieure à 0,1 % sur toute sa longueur, D_{grav} peut être pris comme égal à zéro.

4.3.2.5.2 Modélisation de la résistance au roulement mécanique

Bien que la résistance au roulement mécanique soit constituée de plusieurs composants représentant la résistance au roulement des pneumatiques (D_{tyre}), la résistance au roulement de l'essieu avant et de l'essieu arrière (D_f et D_r, y compris les pertes dans la transmission), elle peut être modélisée comme une équation polynomique à trois termes en fonction de la vitesse v du véhicule, comme ci-après :

$$D_{mech} = A_m + B_m v + C_m v^2$$

où :

A_m, B_m, et C_m sont déterminés par la méthode des moindres carrés dans le cadre de l'analyse des données. Ces constantes reflètent la résistance combinée de la transmission et des pneumatiques.

Si le véhicule d'essai est le véhicule représentatif d'une famille de matrices de résistance à l'avancement sur route, le coefficient B_m est pris comme égal à zéro et les coefficients A_m et C_m doivent être recalculés par une analyse de régression par les moindres carrés.

4.3.2.5.3 Modélisation de la traînée aérodynamique

Le coefficient de traînée aérodynamique, $C_D(Y)$, peut être modélisé comme une équation polynomique à quatre termes en fonction de l'angle de lacet Y, comme ci-après :

$$C_D(Y) = a_0 + a_1 Y + a_2 Y^2 + a_3 Y^3 + a_4 Y^4$$

a_0 à a_4 sont des coefficients constants dont les valeurs sont déterminées dans le cadre de l'analyse des données.

On détermine la traînée aérodynamique en combinant le coefficient de traînée avec la surface frontale du véhicule A_f, et la vitesse du vent relative v_r :

$$D_{aero} = \left(\frac{1}{2}\right) \times \rho \times A_f \times v_r^2 \times C_D(Y)$$

$$D_{aero} = \left(\frac{1}{2}\right) \times \rho \times A_f \times v_r^2 (a_0 + a_1 Y + a_2 Y^2 + a_3 Y^3 + a_4 Y^4)$$

4.3.2.5.4 Forme finale de l'équation de mouvement

On détermine par substitution la forme finale de l'équation de mouvement comme suit :

$$-m_e \left(\frac{dv}{dt}\right) = A_m + B_m v + C_m v^2 + \left(\frac{1}{2}\right) \times \rho \times A_f \times v_r^2 (a_0 + a_1 Y + a_2 Y^2 + a_3 Y^3 + a_4 Y^4 + (m \times g \times \frac{dh}{ds})$$

4.3.2.6 Réduction des données

Une équation à trois termes doit être établie pour décrire la force de résistance à l'avancement sur route en fonction de la vitesse, $F = A + Bv + Cv^2$, corrigée pour la rapporter aux conditions normales de température ambiante et de

pression, et en air calme. La méthode à appliquer pour cette analyse est décrite aux paragraphes 4.3.2.6.1 à 4.3.2.6.10 de la présente annexe.

4.3.2.6.1 Détermination des coefficients d'étalonnage

S'ils n'ont pas été précédemment déterminés, les facteurs d'étalonnage pour la correction pour l'obstruction causée par le véhicule doivent être déterminés pour la vitesse du vent relative et l'angle de lacet. Les mesures de la vitesse du véhicule (v), de la vitesse du vent relative (v_r) et du lacet (Y) faites pendant la phase de mise en température de la procédure d'essai doivent être enregistrées. Des paires de parcours dans les deux sens sur la piste d'essai à vitesse constante de 80 km/h doivent être effectuées, et les valeurs moyennes arithmétiques de v, v_r et Y pour chaque parcours doivent être déterminées. Des facteurs d'étalonnage qui réduisent au minimum les erreurs totales dues aux vents opposés et transversaux sur toutes les paires de parcours (somme de $(head_i - head_{i+1})^2$), etc., doivent être sélectionnés, $head_i$ et $head_{i+1}$ étant la vitesse du vent et le sens du vent dans les paires de parcours effectués dans des sens opposés pendant la mise en température/stabilisation du véhicule.

4.3.2.6.2 Relevé seconde par seconde des données

À partir des données recueillies pendant les parcours de décélération libre, les valeurs de v, $\left(\frac{dh}{ds}\right)$, $\left(\frac{dv}{dt}\right)$, v_r^2 et Y doivent être déterminées par application des facteurs d'étalonnage obtenus selon les paragraphes 4.3.2.1.3 et 4.3.2.1.4 de la présente annexe. Un filtrage des données doit être appliqué pour ajuster les échantillons à une fréquence d'1 Hz.

4.3.2.6.3 Analyse préliminaire

Par application d'une technique de régression linéaire par les moindres carrés, tous les points de données doivent être analysés en même temps pour déterminer A_m, B_m, C_m, a_0, a_1, a_2, a_3 et a_4, M_e, $\left(\frac{dh}{ds}\right)$, $\left(\frac{dv}{dt}\right)$, v, v_r et p.

4.3.2.6.4 Valeurs aberrantes

La valeur prédictive de force $m_e\left(\frac{dv}{dt}\right)$ doit être calculée et comparée aux points de données observés. Les points de données présentant des écarts excessifs, par exemple supérieurs à trois écarts types, doivent être marqués d'un repère.

4.3.2.6.5 Filtrage des données (optionnel)

Des techniques appropriées de filtrage des données peuvent être employées ; les points de données restants doivent être lissés.

4.3.2.6.6 Élimination de données

Les points de données pour lesquels les angles de lacet sont supérieurs à ±20° par rapport à la direction de déplacement du véhicule doivent être marqués d'un repère. Les points de données pour lesquels les valeurs de vent relatif sont de moins de +5 km/h (afin d'éviter des conditions où la vitesse d'un vent arrière est supérieure à la vitesse du véhicule) doivent aussi être marqués d'un repère. L'analyse des données doit être limitée aux vitesses du véhicule comprises dans la plage de vitesse sélectionnée conformément au paragraphe 4.3.2.2 de la présente annexe.

4.3.2.6.7 Analyse des données finales

Toutes les données qui n'ont pas été marquées d'un repère doivent être analysées par une technique de régression linéaire par la méthode des moindres

carrés. M_e, $\left(\frac{dh}{ds}\right)$, $\left(\frac{dv}{dt}\right)$, v, v_r et ρ étant connus, A_m, B_m, C_m, a_0, a_1, a_2, a_3 et a_4 doivent être déterminés.

4.3.2.6.8 Méthode de l'analyse contrainte

Afin de mieux dissocier la traînée aérodynamique et la résistance au roulement mécanique, une analyse contrainte peut être appliquée de manière à pouvoir donner à la surface frontale du véhicule A_f et au coefficient de traînée C_D des valeurs fixes précédemment déterminées.

4.3.2.6.9 Correction pour rapporter les mesures aux conditions de référence

Les équations de mouvement doivent être corrigées pour rapporter les mesures aux conditions de référence comme spécifié au paragraphe 4.5 de la présente annexe.

4.3.2.6.10 Critères statistiques pour les essais avec instruments anémométriques embarqués

L'exclusion de chaque paire individuelle de parcours de décélération libre doit modifier la résistance à l'avancement sur route calculée pour chaque vitesse de référence de décélération libre v_j d'une valeur moindre que la condition de convergence, pour toutes les valeurs i et j :

$$\Delta F_i(v_j)/F(v_j) \leq \frac{0{,}03}{\sqrt{n-1}}$$

où :

$\Delta F_i(v_j)$ est la différence entre la résistance à l'avancement sur route calculée avec tous les parcours de décélération libre et la résistance à l'avancement sur route calculée avec la i^e paire de parcours exclue, en N ;

$F(v_j)$ est la résistance à l'avancement sur route calculée avec tous les parcours de décélération libre inclus, en N ;

v_j est la vitesse de référence, en km/h ;

n est le nombre de paires individuelles de parcours de décélération libre, toutes paires valides incluses.

Si la condition de convergence n'est pas remplie, des paires sont exclues de l'analyse, à commencer par la paire produisant la plus forte variation de résistance à l'avancement sur route calculée, jusqu'à ce que la condition de convergence soit remplie, sous réserve qu'un minimum de 5 paires valides soient utilisées pour la détermination finale de la résistance à l'avancement sur route.

4.4 Mesure et calcul de la résistance à l'avancement par la méthode des capteurs de couple

Comme alternative à la méthode de la décélération libre, on peut aussi utiliser la méthode des capteurs de couple. Dans ce cas la résistance à l'avancement est déterminée par mesure du couple à la roue sur les roues motrices aux points de vitesses de référence, sur des durées d'au moins 5 s.

4.4.1 Installation des capteurs de couple

Des capteurs de couple sont installés entre le moyeu et la roue de chaque roue motrice ; ils mesurent le couple nécessaire pour maintenir le véhicule à une vitesse constante.

Le capteur de couple doit être étalonné régulièrement, au moins une fois par an, en conformité avec des normes nationales ou internationales, afin de satisfaire aux spécifications d'exactitude et de précision.

4.4.2 Procédure et acquisition des données

4.4.2.1 Sélection des vitesses de référence pour la détermination de la résistance à l'avancement

Les points de vitesses de référence pour la détermination de la résistance à l'avancement doivent être sélectionnés conformément au paragraphe 2.2 de la présente annexe.

Les mesures doivent être effectuées par ordre descendant des vitesses de référence. À la demande du constructeur, des périodes de stabilisation sont admises entre les mesures mais la vitesse de stabilisation ne doit pas dépasser la valeur de la vitesse de référence suivante.

4.4.2.2 Collecte des données

Des jeux de données comprenant la vitesse réelle v_{ji}, le couple réel C_{ji} et le temps sur des périodes d'au moins 5 s doivent être mesurés pour chaque v_j à une fréquence d'acquisition d'au moins 10 Hz. Le jeu de données recueilli sur une période pour une vitesse de référence v_j sera considéré comme représentant une mesure.

4.4.2.3 Méthode de mesure avec des capteurs de couple

Avant l'essai de mesure avec des capteurs de couple, un parcours de mise en température doit être effectué conformément au paragraphe 4.2.4 de la présente annexe.

Pendant l'essai de mesure avec des capteurs de couple, tout mouvement du volant de direction doit être évité autant que possible, et les freins du véhicule ne doivent pas être actionnés.

L'essai doit être répété jusqu'à ce que les données de résistance à l'avancement satisfassent aux conditions concernant la précision statistique comme spécifié au paragraphe 4.4.3.2 de la présente annexe.

Bien qu'il soit recommandé que chaque essai de décélération libre soit effectué sans interruption, des essais fractionnés peuvent être exécutés s'il est impossible de collecter les données en une seule fois pour tous les points de vitesses de référence. Dans le cas des essais fractionnés, on doit veiller à ce que les conditions relatives au véhicule demeurent aussi stables que possible à chaque point de fractionnement.

4.4.2.4 Écart de vitesse

Lors d'une mesure effectuée en un point de vitesse de référence unique, l'écart de vitesse par rapport à la vitesse moyenne v_{ji} - v_{jm}, (calculé conformément au paragraphe 4.4.3 de la présente annexe) doit demeurer dans la fourchette de valeurs indiquée au tableau A4/6.

En outre, la vitesse moyenne arithmétique v_{jm} en tout point de vitesse de référence ne doit pas s'écarter de la vitesse de référence v_j de plus de ±1 km/h ou 2 % si cette valeur est plus grande.

Tableau A4/6
Écart de vitesse

Période de temps, en s	*Écart de vitesse, en km/h*
5-10	±0,2
10-15	±0,4
15-20	±0,6

Période de temps, en s	*Écart de vitesse, en km/h*
20-25	±0,8
25-30	±1,0
≥ 30	±1,2

4.4.2.5 Température atmosphérique

Les essais doivent être effectués dans les conditions de température spécifiées au paragraphe 4.1.1.2 de la présente annexe.

4.4.3 Calcul de la vitesse moyenne arithmétique et du couple moyen arithmétique

4.4.3.1 Mode de calcul

La moyenne arithmétique v_{jm} (km/h) et le couple moyen arithmétique C_{jm} (Nm) de chaque mesure sont calculés à partir du jeu de données collecté conformément aux prescriptions du paragraphe 4.4.2.2 de la présente annexe au moyen de l'équation suivante :

$$v_{jm} = \frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k} v_{ji}$$

et

$$C_{jm} = \frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k} C_{ji} - C_{js}$$

où :

v_{ji} est la vitesse du véhicule du i^e^ jeu de données au point de vitesse de référence j, en km/h ;

k est le nombre de jeux de données collecté en une seule mesure ;

C_{ji} est le couple effectif du i^e^ jeu de données, en Nm ;

C_{js} est le terme de compensation pour la dérive de vitesse, en Nm, donné par l'équation ci-après :

$$C_{js} = (m_{st} + m_r) \times \alpha_j r_j$$

$\frac{C_{js}}{\frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k} C_{ji}}$ ne doit pas être supérieur à 0,05 du couple moyen avant compensation, et peut être négligé si α_j n'est pas supérieur à ±0,005 m/s^2 ;

m_{st} est la masse d'essai du véhicule au début des mesures, qui doit être mesurée immédiatement avant la procédure de mise en température et au plus tôt à cet instant, en kg ;

m_r est la masse effective équivalente des composants en rotation conformément au paragraphe 2.5.1 de la présente annexe, en kg ;

r_j est le rayon dynamique du pneumatique, déterminé en un point de référence de 80 km/h ou au point de vitesse de référence le plus élevé du véhicule si cette vitesse est inférieure à 80 km/h, calculé au moyen de l'équation suivante :

$$r_j = \frac{1}{3,6} \times \frac{v_{jm}}{2 \times \pi n}$$

où :

n est la fréquence de rotation du pneumatique entraîné, en s^{-1} ;

α_j est l'accélération moyenne arithmétique, en m/s^2, qui doit être calculée au moyen de l'équation :

$$\alpha_j = \frac{1}{3,6} \times \frac{k \sum_{i=1}^{k} t_i v_{ji} - \sum_{i=1}^{k} t_i \sum_{i=1}^{k} v_{ji}}{k \times \sum_{i=1}^{k} t_i^2 - \left[\sum_{i=1}^{k} t_i\right]^2}$$

où :

t_i est l'instant auquel le i^e jeu de données a été mesuré, en s.

4.4.3.2 Précision des mesures

Ces mesures doivent être exécutées dans les deux sens opposés jusqu'à ce qu'un minimum de trois paires de mesures à chaque vitesse de référence v_i aient été obtenues, pour lesquelles $\overline{C_j}$ satisfasse à la condition requise de précision ρ_j, conformément à l'équation :

$$\rho_j = \frac{h \times s}{\sqrt{n} \times \overline{C_j}} \leq 0,03$$

où :

n est le nombre de paires de mesures pour C_{jm} ;

$\overline{C_j}$ est la résistance à l'avancement à la vitesse v_j, en Nm, donnée par l'équation :

$$\overline{C_j} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} C_{jmi}$$

où :

C_{jmi} est le couple moyen arithmétique de la i^e paire de mesures à vitesse v_j, en Nm, donné par la formule :

$$C_{jmi} = \frac{1}{2} \times \left(C_{jmai} + C_{jmbi}\right)$$

où :

C_{jmai} et C_{jmbi} sont les couples moyens arithmétiques de la i^e mesure à la vitesse v_j déterminés conformément au paragraphe 4.4.3.1 de la présente annexe pour chaque sens, a et b respectivement, en Nm ;

s est l'écart type, en Nm, calculé au moyen de l'équation :

$$s = \sqrt{\frac{1}{k-1} \sum_{i=1}^{k} \left(C_{jmi} - \overline{C_j}\right)^2}$$

h est un coefficient qui est fonction de n, comme indiqué au tableau A4/4 du paragraphe 4.3.1.4.2 de la présente annexe.

4.4.4 Détermination de la courbe de résistance à l'avancement

La vitesse moyenne arithmétique et le couple moyen arithmétique à chaque point de vitesse de référence doivent être calculés au moyen des équations :

$$V_{jm} = ½ \times (v_{jma} + v_{jmb})$$

$$C_{jm} = ½ \times (C_{jma} + C_{jmb})$$

Les courbes de régression par les moindres carrés ci-après doivent être ajustées à toutes les paires de données (v_{jm}, C_{jm}) à toutes les vitesses de référence comme défini au paragraphe 4.4.2.1 de la présente annexe pour la détermination des coefficients c_0, c_1 et c_2.

Les coefficients c_0, c_1 et c_2 ainsi que les temps de décélération libre mesurés sur le banc à rouleaux (voir par. 8.2.4 de la présente annexe) doivent être enregistrés.

Si le véhicule d'essai est le véhicule représentatif d'une famille de matrices de résistance à l'avancement sur route, le coefficient c_1 est pris comme égal à zéro et les coefficients c_0 et c_2 doivent être recalculés par une analyse de régression par les moindres carrés.

4.5 Correction pour rapporter les mesures aux conditions de référence

4.5.1 Facteur de correction pour la résistance de l'air

Le facteur de correction pour la résistance de l'air K_2 doit être déterminé au moyen de l'équation :

$$K_2 = \frac{T}{293\ K} \times \frac{100\ \text{кPa}}{P}$$

où :

T est la température atmosphérique moyenne arithmétique pour tous les parcours, en K ;

P est la pression atmosphérique moyenne arithmétique, en kPa.

4.5.2 Facteur de correction pour la résistance au roulement

Le facteur de correction, K_0, pour la résistance au roulement, en Kelvin (K^{-1}), peut être déterminé sur la base de données empiriques et approuvé par l'autorité compétente pour l'essai d'un véhicule et de pneumatiques particuliers, ou peut être fixé arbitrairement comme suit :

$$K_0 = 8{,}6 \times 10^{-3} K^{-1}$$

4.5.3 Correction pour le vent

4.5.3.1 Correction pour le vent dans le cas des mesures anémométriques stationnaires

4.5.3.1.1 Une correction pour le vent, en ce qui concerne la vitesse absolue du vent le long de la piste d'essai, doit être effectuée par soustraction de la différence qui ne peut pas être annulée par les parcours d'essai alternés du coefficient f_0 déterminé conformément au paragraphe 4.3.1.4.4 de la présente annexe, ou du terme c_0 défini au paragraphe 4.4.4 de la présente annexe.

4.5.3.1.2 La correction pour la résistance du vent w_1 dans le cas de la méthode de décélération libre ou w_2 dans le cas de la méthode des capteurs de couple doit être calculée au moyen des équations suivantes :

$$w_1 = 3{,}6^2 \times f_2 \times v_w^2$$

$$\text{ou : } w_2 = 3{,}6^2 \times c_2 \times v_w^2$$

où :

w_1 est la correction pour la résistance du vent dans le cas de la méthode de la décélération libre, en N ;

f_2 est le coefficient du terme aérodynamique comme déterminé conformément au paragraphe 4.3.1.4.4 de la présente annexe ;

v_w est la vitesse moyenne arithmétique du vent la plus basse pour les deux directions opposées le long de la piste d'essai pendant l'essai, en m/s ;

w_2 est la correction pour la résistance du vent dans le cas de la méthode des capteurs de couple, en Nm ;

c_2 est le coefficient du terme aérodynamique dans le cas de la méthode des capteurs de couple déterminé comme spécifié conformément au paragraphe 4.4.4 de la présente annexe.

4.5.3.2 Correction pour le vent dans le cas des mesures anémométriques avec équipement embarqué

Dans le cas où la méthode de décélération libre est basée sur l'anémométrie avec équipement embarqué, w_1 et w_2 dans les équations du paragraphe 4.5.3.1.2 de la présente annexe sont pris comme égaux à zéro, étant donné que la correction pour le vent est déjà appliquée conformément au paragraphe 4.3.2 de la présente annexe.

4.5.4 Facteur de correction pour la masse d'essai

Le facteur de correction K_1 pour la masse d'essai du véhicule d'essai doit être déterminé au moyen de l'équation :

$$K_1 = f_0 \times \left(1 - \frac{TM}{m_{av}}\right)$$

où :

f_0 est un terme constant, en N ;

TM est la masse d'essai du véhicule d'essai, en kg ;

m_{av} est la moyenne arithmétique des valeurs de la masse du véhicule mesurées au début et à la fin de la détermination de la résistance à l'avancement sur route, en kg.

4.5.5 Correction de la courbe de résistance à l'avancement sur route

4.5.5.1 La courbe déterminée conformément au paragraphe 4.3.1.4.4 de la présente annexe doit être corrigée pour rapporter les mesures aux conditions de référence comme suit :

$$F^* = \left((f_0 - w_1 - K_1) + f_1 v\right) \times \left(1 + K_0(T - 20)\right) + K_2 f_2 v^2$$

où :

F^* est la résistance à l'avancement sur route corrigée, en N ;

f_0 est le terme constant, en N ;

f_1 est le coefficient du terme de premier ordre, en N/(km/h) ;

f_2 est le coefficient du terme de second ordre, en N/(km/h)^2 ;

K_0 est le facteur de correction pour la résistance au roulement comme défini au paragraphe 4.5.2 de la présente annexe ;

K_1 est la correction pour la masse d'essai comme défini au paragraphe 4.5.4 de la présente annexe ;

K_2 est le facteur de correction pour la résistance aérodynamique comme défini au paragraphe 4.5.1 de la présente annexe ;

T est la température atmosphérique ambiante moyenne arithmétique, en °C ;

v est la vitesse du véhicule, en km/h ;

w_1 est la correction pour la résistance due au vent comme défini au paragraphe 4.5.3 de la présente annexe, en N.

Le résultat du calcul $((f_0 - w_1 - K_1) \times (1 + K_0 \times (T\text{-}20)))$ doit être utilisé comme coefficient de résistance à l'avancement sur route A_t dans le calcul du réglage

de force résistante du banc à rouleaux comme spécifié au paragraphe 8.1 de la présente annexe.

Le résultat du calcul ($f_1 \times (1 + K_0 \times (T\text{-}20))$) doit être utilisé comme coefficient de résistance à l'avancement sur route B_t dans le calcul du réglage de force résistante du banc à rouleaux comme spécifié au paragraphe 8.1 de la présente annexe.

Le résultat du calcul ($K_2 \times f_2$) doit être utilisé comme coefficient de résistance à l'avancement sur route C_t dans le calcul du réglage de force résistante du banc à rouleaux comme spécifié au paragraphe 8.1 de la présente annexe.

4.5.5.2 La courbe déterminée comme spécifié au paragraphe 4.4.4 de la présente annexe doit être corrigée pour rapporter les valeurs de mesures aux conditions de référence, et l'équipement de mesure doit être installé conformément à la procédure ci-après.

4.5.5.2.1 Correction sur la base des conditions de référence

$$C^* = \left((c_0 - w_2 - K_1) + c_1 v\right) \times \left(1 + K_0(T - 20)\right) + K_2 c_2 v^2$$

où :

C^* est la résistance à l'avancement corrigée, en Nm ;

c_0 est le terme constant, déterminé conformément au paragraphe 4.4.4 de la présente annexe, en Nm ;

c_1 est le coefficient du terme de premier ordre, déterminé conformément au paragraphe 4.4.4 de la présente annexe, en Nm (h/km) ;

c_2 est le coefficient du terme de second ordre, déterminé conformément au paragraphe 4.4.4 de la présente annexe, en Nm $(h/km)^2$;

K_0 est le facteur de correction pour la résistance au roulement comme défini au paragraphe 4.5.2 de la présente annexe ;

K_1 est la correction pour la masse d'essai comme défini au paragraphe 4.5.4 de la présente annexe ;

K_2 est le facteur de correction pour la résistance aérodynamique comme défini au paragraphe 4.5.1 de la présente annexe ;

v est la vitesse du véhicule, en km/h ;

T est la température atmosphérique ambiante moyenne arithmétique, en °C ;

w_2 est la correction pour la résistance due au vent comme défini au paragraphe 4.5.3 de la présente annexe.

4.5.5.2.2 Correction pour l'équipement de mesure du couple installé sur le véhicule

Si la résistance à l'avancement est déterminée par la méthode de mesure du couple résistant, la résistance à l'avancement doit être corrigée des effets de l'équipement de mesure du couple installé à l'extérieur du véhicule sur ses caractéristiques aérodynamiques.

Le coefficient de résistance à l'avancement c_2 doit être corrigé au moyen de l'équation suivante :

$$c_{2corr} = K_2 \times c_2 \times (1 + (\Delta(C_D \times A_f))/(C_{D'} \times A_{f'}))$$

où :

$$\Delta(C_D \times A_f) = (C_D \times A_f) - (C_{D'} \times A_{f'})$$

$C_{D'} \times A_{f'}$ est le produit du coefficient de traînée aérodynamique par le maître-couple du véhicule avec l'équipement de mesure du couple installé, mesuré dans une soufflerie répondant aux critères du paragraphe 3.2 de la présente annexe, en m² ;

$C_D \times A_f$ est le produit du coefficient de traînée aérodynamique par le maître-couple du véhicule sans équipement de mesure du couple installé, mesuré dans une soufflerie répondant aux critères du paragraphe 3.2 de la présente annexe, en m².

4.5.5.2.3 Coefficients de résistance à l'avancement visés

Le résultat du calcul $((c_0 - w_2 - K_1) \times (1 + K_0 \times (T\text{-}20)))$ doit être utilisé comme coefficient de résistance à l'avancement visé a_t dans le calcul du réglage de force résistante du banc à rouleaux comme spécifié au paragraphe 8.2 de la présente annexe.

Le résultat du calcul $(c_1 \times (1 + K_0 \times (T\text{-}20)))$ doit être utilisé comme coefficient de résistance à l'avancement visé b_t dans le calcul du réglage de force résistante du banc à rouleaux comme spécifié au paragraphe 8.2 de la présente annexe.

Le résultat du calcul $(c_{2corr} \times r)$ doit être utilisé comme coefficient de résistance à l'avancement visé c_t dans le calcul du réglage de force résistante du banc à rouleaux comme spécifié au paragraphe 8.2 de la présente annexe.

5. Méthode de calcul de la valeur de résistance à l'avancement sur route ou de la valeur de résistance à l'avancement sur la base des paramètres du véhicule

5.1 Calcul de la valeur de résistance à l'avancement sur route et de la valeur de résistance à l'avancement des véhicules sur la base d'un véhicule représentatif d'une famille de matrices de résistance à l'avancement sur route

Si la résistance à l'avancement sur route du véhicule représentatif est déterminée conformément à la méthode de la décélération libre telle que définie au paragraphe 4.3 de la présente annexe, la résistance à l'avancement sur route d'un véhicule donné doit être calculée conformément au paragraphe 5.1.1 de la présente annexe.

Si la résistance à l'avancement sur route du véhicule représentatif est déterminée conformément à la méthode des capteurs de couple telle que définie au paragraphe 4.4 de la présente annexe, la résistance à l'avancement sur route d'un véhicule donné doit être calculée conformément au paragraphe 5.1.2 de la présente annexe.

5.1.1 Pour le calcul de la résistance à l'avancement sur route des véhicules d'une famille de matrices de résistance à l'avancement sur route, les paramètres d'un véhicule définis au paragraphe 4.2.1.4 de la présente annexe et les coefficients de résistance à l'avancement sur route du véhicule d'essai représentatif déterminés conformément au paragraphe 4.3 de la présente annexe doivent être utilisés.

5.1.1.1 La force de résistance à l'avancement sur route pour un véhicule donné doit être calculée conformément à l'équation ci-après :

$$F_c = f_0 + (f_1 \times v) + (f_2 \times v^2)$$

où :

F_c est la force calculée de résistance à l'avancement sur route en fonction de la vitesse du véhicule, en N ;

f_0 est le coefficient constant de résistance à l'avancement sur route, en N, défini par l'équation :

$$f_0 = \text{Max}\left((0{,}05 \times f_{0r} + 0{,}95 \times (f_{0r} \times TM/TM_r + \left(\frac{RR - RRr}{1000}\right) \times 9{,}81 \times TM)\right) ;$$

$$(0{,}2 \times f_{0r} + 0{,}8 \times (f_{0r} \times TM/TM_r + \left(\frac{RR - RRr}{1000}\right) \times 9{,}81 \times TM))$$

f_{0r} est le coefficient constant de résistance à l'avancement sur route du véhicule représentatif de la famille de matrices de résistance à l'avancement sur route, en N ;

f_1 est le coefficient de résistance à l'avancement sur route du premier ordre, en N/(km/h), et est pris comme égal à zéro ;

f_2 est le coefficient de résistance à l'avancement sur route du deuxième ordre, en N/(km/h)², défini par l'équation :

$$f_2 = Max((0{,}05 \times f_{2r} + 0{,}95 \times f_{2r} \times A_f / A_{fr}) ; (0{,}2 \times f_{2r} + 0{,}8 \times f_{2r} \times A_f / A_{fr}))$$

f_{2r} est le coefficient de résistance à l'avancement sur route du deuxième ordre du véhicule représentatif de la famille de matrices de résistance à l'avancement sur route, en N(km/h)² ;

v est la vitesse du véhicule, en km/h ;

TM est la masse d'essai effective du véhicule donné de la famille de matrices de résistance à l'avancement sur route, en kg ;

TM_r est la masse d'essai du véhicule représentatif de la famille de matrices de résistance à l'avancement sur route, en kg ;

A_f est le maître-couple du véhicule donné de la famille de matrices de résistance à l'avancement sur route, en m^2 ;

A_{fr} est le maître-couple du véhicule représentatif de la famille de matrices de résistance à l'avancement sur route, en m^2 ;

RR est la résistance au roulement des pneumatiques du véhicule donné de la famille de matrices de résistance à l'avancement sur route, en kg/t ;

RR_r est la résistance au roulement des pneumatiques du véhicule donné de la famille de matrices de résistance à l'avancement sur route, en kg/t.

Pour les pneumatiques montés sur un véhicule donné, la valeur de la résistance au roulement RR est prise comme étant égale à la valeur de classe de la classe d'efficacité énergétique correspondante selon le tableau A4/2 de l'annexe 4.

Si les pneumatiques sur l'essieu avant et sur l'essieu arrière appartiennent à des classes d'efficacité énergétique différentes, on doit utiliser la moyenne pondérée, calculée au moyen de l'équation qui figure au paragraphe 3.2.3.2.2.2 de l'annexe 7.

Si des pneumatiques identiques sont montés sur les véhicules d'essai L et H, la valeur de RR_{ind} doit être prise comme étant égale à RR_H lorsque la méthode d'interpolation est appliquée.

5.1.2 Pour le calcul de la résistance à l'avancement des véhicules d'une famille de matrices de résistance à l'avancement sur route, les paramètres d'un véhicule définis au paragraphe 4.2.1.4 de la présente annexe et les coefficients de résistance à l'avancement du véhicule d'essai représentatif déterminés conformément au paragraphe 4.4 de la présente annexe doivent être utilisés.

5.1.2.1 La résistance à l'avancement d'un véhicule donné doit être calculée conformément à l'équation ci-après :

$$C_c = c_0 + c_1 \times v + c_2 \times v^2$$

où :

C_c est la résistance à l'avancement calculée en fonction de la vitesse du véhicule, en Nm ;

c_0 est le coefficient constant de résistance à l'avancement, en Nm, défini par l'équation :

$$c_0 = r'/1{,}02 \times \mathrm{Max}((0{,}05 \times 1{,}02 \times c_{0r}/r' + 0{,}95 \times (1{,}02 \times c_{0r}/r' \times TM/TM_r + \left(\frac{RR - RRr}{1000}\right) \times 9{,}81 \times TM)) ;$$

$$(0{,}2 \times 1{,}02 \times c_{0r}/r' + 0{,}8 \times (1{,}02 \times c_{0r}/r' \times TM/TM_r + \left(\frac{RR - RRr}{1000}\right) \times 9{,}81 \times TM))$$

c_{0r} est le coefficient constant de résistance à l'avancement du véhicule représentatif de la famille de matrices de résistance à l'avancement sur route, en Nm ;

c_1 est le coefficient de résistance à l'avancement sur route du premier ordre, en Nm/(km/h) et est pris comme égal à zéro ;

c_2 est le coefficient de résistance à l'avancement du deuxième ordre, en Nm/(km/h)², défini par l'équation :

$$c2 = r'/1{,}02 \times \mathrm{Max}((0{,}05 \times 1{,}02 \times c_{2r}/r' + 0{,}95 \times 1{,}02 \times c_{2r}/r' \times A_f / A_{fr})$$

$$(0{,}2 \times 1{,}02 \times c_{2r}/r' + 0{,}8 \times 1{,}02 \times c_{2r}/r' \times A_f / A_{fr}))$$

c_{2r} est le coefficient de résistance à l'avancement du deuxième ordre du véhicule représentatif de la famille de matrices de résistance à l'avancement sur route, en N/(km/h)² ;

v est la vitesse du véhicule, en km/h ;

TM est la masse d'essai effective du véhicule donné de la famille de matrices de résistance à l'avancement sur route, en kg ;

TMr est la masse d'essai du véhicule représentatif de la famille de matrices de résistance à l'avancement sur route, en kg ;

A_f est le maître-couple du véhicule donné de la famille de matrices de résistance à l'avancement sur route, en m^2 ;

A_{fr} est le maître-couple du véhicule représentatif de la famille de matrices de résistance à l'avancement sur route, en m^2 ;

RR est la résistance au roulement des pneumatiques du véhicule donné de la famille de matrices de résistance à l'avancement sur route, en kg/t ;

RR_r est la résistance au roulement des pneumatiques du véhicule donné de la famille de matrices de résistance à l'avancement sur route, en kg/t ;

r' est le rayon dynamique du pneumatique sur le banc à rouleaux déterminé à 80 km/h, en m ;

1,02 est un coefficient approximatif de compensation pour les pertes de transmission.

5.2 Méthode de calcul de la valeur de résistance à l'avancement sur route par défaut sur la base des paramètres du véhicule

5.2.1 Comme alternative à la méthode de la décélération libre ou à la méthode des capteurs de couple, une méthode de calcul de la valeur de résistance à l'avancement sur route par défaut peut être utilisée.

Pour ce calcul, plusieurs paramètres du véhicule, tels que masse d'essai, largeur et hauteur, doivent être connus. La force de résistance à l'avancement F_c doit être calculée pour les points de vitesse de référence.

5.2.2 La force de résistance à l'avancement sur route par défaut doit être calculée conformément à l'équation ci-après :

$$F_c = f_0 + f_1 \times v + f_2 \times v^2$$

où :

F_c est la force calculée de résistance à l'avancement sur route en fonction de la vitesse du véhicule, en N ;

f_0 est le coefficient constant de résistance à l'avancement sur route, en N, défini par l'équation suivante :

$$f_0 = 0.140 \times TM$$

f_1 est le coefficient de résistance à l'avancement sur route du premier ordre et est pris comme égal à zéro ;

f_2 est le coefficient de résistance à l'avancement sur route du deuxième ordre, en N/(km/h)², défini par l'équation :

$$f_2 = (2{,}8 \times 10^{-6} \times TM) + (0{,}0170 \times largeur \times hauteur)$$

v est la vitesse du véhicule, en km/h ;

TM est la masse d'essai du véhicule, en kg ;

largeur est la largeur du véhicule, en m, comme défini au point 6.2 de la norme ISO 612:1978 ;

hauteur est la hauteur du véhicule, en m, comme défini au point 6.3 de la norme ISO 612:1978.

6. Méthode avec essai en soufflerie

La méthode avec essai en soufflerie est une méthode appliquée pour la mesure de la résistance à l'avancement sur route en combinaison avec l'essai sur un banc à rouleau ou un banc à tapis roulant. Les bancs d'essai peuvent être des appareils séparés ou intégrés les uns aux autres.

6.1 Méthode de mesure

6.1.1 La résistance à l'avancement sur route est déterminée :

a) Par addition des forces de résistance à l'avancement sur route mesurées dans une soufflerie et sur un banc à tapis roulant ; ou

b) Par addition des forces de résistance à l'avancement sur route mesurées dans une soufflerie et sur un banc à rouleaux.

6.1.2 La traînée aérodynamique est mesurée en soufflerie.

6.1.3 La résistance au roulement et les pertes de transmission sont mesurées sur un banc à tapis roulant ou à rouleaux, simultanément pour l'essieu avant et le ou les essieux arrière.

6.2 Agrément des installations d'essai par l'autorité compétente

Les résultats de la méthode d'essai en soufflerie doivent être comparés à ceux obtenus avec la méthode de la décélération libre, pour démontrer que ces installations ont la qualification voulue, et enregistrés.

6.2.1 Trois véhicules doivent être sélectionnés par l'autorité compétente. Les véhicules doivent couvrir la gamme de véhicules (en dimension et en poids) qu'il est prévu de soumettre aux essais dans les installations en question.

6.2.2 Deux essais séparés de décélération libre doivent être exécutés avec chacun des trois véhicules, comme spécifié au paragraphe 4.3 de la présente annexe, et les coefficients de résistance à l'avancement sur route résultants f_0, f_1 et f_2 doivent être déterminés conformément à ce paragraphe et corrigés conformément au paragraphe 4.5.5 de la présente annexe. Le résultat d'un

essai de décélération libre d'un véhicule d'essai doit être la valeur moyenne arithmétique des coefficients de résistance à l'avancement sur route des deux essais séparés de décélération libre. Si plus de deux essais de décélération libre sont nécessaires pour satisfaire aux critères d'agrément des installations, le résultat doit être la valeur moyenne des résultats de tous les essais valides.

6.2.3 La mesure en soufflerie conformément aux paragraphes 6.3 à 6.7 de la présente annexe doit être exécutée sur les trois mêmes véhicules que ceux sélectionnés aux fins du paragraphe 6.2.1 de la présente annexe et dans les mêmes conditions, et les coefficients de résistance à l'avancement sur route résultants f_0, f_1 et f_2 doivent être déterminés.

Si le constructeur préfère utiliser une ou plusieurs des procédures alternatives autorisées dans le cadre de la méthode d'essai en soufflerie (c'est-à-dire le paragraphe 6.5.2.1 sur le préconditionnement, les paragraphes 6.5.2.2 et 6.5.2.3 sur la procédure d'essai, et le paragraphe 6.5.2.3.3 sur les réglages du dynamomètre), ces procédures doivent aussi être utilisées pour l'agrément des installations d'essai.

6.2.4 Critères d'agrément

L'installation ou la combinaison d'installations utilisée est agréée si les deux critères ci-après sont remplis :

a) La différence de demande d'énergie sur le cycle ε_k, entre la méthode d'essai en soufflerie et la méthode de décélération libre doit demeurer dans les limites de ±0,05 pour chacun des trois véhicules k, conformément à l'équation suivante :

$$\varepsilon_k = \frac{E_{k,\,WTM}}{E_{k,coastdown}} - 1$$

où :

ε_k est la différence de la demande d'énergie sur le cycle lors d'un essai WLTC complet de la catégorie 3 pour le véhicule k entre la méthode d'essai en soufflerie et la méthode de décélération libre, en pourcentage ;

$E_{k,WTM}$ est la demande d'énergie sur le cycle lors d'un essai WLTC complet de la catégorie 3 pour le véhicule k, calculée avec la résistance à l'avancement sur route déterminée par la méthode de l'essai en soufflerie, et calculée conformément au paragraphe 5 de l'annexe 7, en J ;

$E_{k,coastdown}$ est la demande d'énergie sur le cycle lors d'un essai WLTC complet de la catégorie 3 pour le véhicule k, calculée avec la résistance à l'avancement sur route déterminée par la méthode de la décélération libre, et calculée conformément au paragraphe 5 de l'annexe 7, en J ;

b) La moyenne arithmétique $\overline{x}$, des trois valeurs de différence doit demeurer dans les limites de 0,02 :

$$\overline{x} = \left| \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3}{3} \right|$$

L'agrément doit être enregistré par l'autorité compétente, y compris les données de mesure et les installations concernées.

L'installation d'essai peut être utilisée pour la détermination de la résistance à l'avancement sur route pendant une durée maximale de 2 ans après que l'agrément ait été délivré.

Chaque combinaison de banc à rouleaux ou de banc à tapis roulant et de soufflerie doit être agréée séparément.

6.3 Préparation du véhicule et température

Les opérations de conditionnement et de préparation du véhicule doivent être effectuées conformément aux paragraphes 4.2.1 et 4.2.2 de la présente annexe ; elles s'appliquent aussi bien aux essais sur banc à rouleaux ou sur banc à tapis roulant et aux essais en soufflerie.

Si la procédure alternative de mise en température décrite au paragraphe 6.5.2.1 de la présente annexe est appliquée, les opérations d'ajustement de la masse d'essai visée, de pesage du véhicule et les mesures doivent toutes être effectuées sans conducteur dans le véhicule.

Les chambres d'essai du banc à tapis roulant ou du banc à rouleaux doivent être maintenues à une température réglée de 20 °C avec une tolérance de ±3 °C. À la demande du constructeur, la température de consigne peut aussi être fixée à 23 °C avec une tolérance de ±3 °C.

6.4 Procédure d'essai en soufflerie

6.4.1 Critères relatifs à la soufflerie

La conception de la soufflerie, les méthodes d'essai et les corrections appliquées doivent permettre d'obtenir une valeur de ($C_D \times A_f$) représentative de la valeur obtenue sur route ($C_D \times A_f$), avec une précision de ±0,015 m^2.

Pour toutes les mesures de ($C_D \times A_f$), les critères relatifs à la soufflerie énoncés au paragraphe 3.2 de la présente annexe doivent être respectés avec les modifications ci-après :

a) Le rapport d'obstruction solide défini au paragraphe 3.2.4 de la présente annexe doit être inférieur à 25 % ;

b) Le tapis roulant entrant en contact avec tout pneumatique doit être d'une longueur dépassant la longueur de cette plage de contact du pneumatique d'au moins 20 % et doit être au moins aussi large que cette plage de contact ;

c) L'écart type de la valeur totale de pression de l'air à la sortie des buses comme défini au paragraphe 3.2.8 de la présente annexe doit être inférieur à 1 % ;

d) Le rapport d'obstruction imputable au système de maintien du véhicule décrit au paragraphe 3.2.10 de la présente annexe doit être inférieur à 3 %.

6.4.2 Mesures en soufflerie

Le véhicule doit être dans l'état spécifié au paragraphe 6.3 de la présente annexe.

Le véhicule doit être positionné parallèlement à l'axe médian longitudinal du tunnel, avec une tolérance maximale de ±10 mm.

Le véhicule doit être positionné à un angle en lacet de 0°, avec une tolérance de ±0,1°.

La traînée aérodynamique doit être mesurée pendant au moins 60 s et à une fréquence minimale de 5 Hz. À titre de variante, la traînée peut être mesurée à une fréquence minimale de 1 Hz et sur au moins 300 mesures consécutives. Le résultat doit être la moyenne arithmétique des valeurs de traînée.

Si le véhicule est équipé d'éléments de carrosserie aérodynamiques mobiles, le paragraphe 4.2.1.5 de la présente annexe s'applique. Lorsque les éléments mobiles ont une position variable en fonction de la vitesse, toute position applicable doit être mesurée en soufflerie et des données de confirmation

doivent être fournies à l'autorité compétente, à propos de la relation entre la vitesse de référence, la position de l'élément mobile, et la valeur correspondante de ($C_d \times A_f$).

6.5 Utilisation d'un tapis roulant en liaison avec la méthode de l'essai en soufflerie

6.5.1 Critères relatifs au tapis roulant

6.5.1.1 Description du banc à tapis roulant

Les roues du véhicule doivent rouler sur un tapis roulant qui ne cause pas de modification des caractéristiques de roulement des roues par rapport à la route. Les forces mesurées dans la direction x doivent inclure les forces de frottement dans la transmission.

6.5.1.2 Système de maintien du véhicule

Le dynamomètre doit être équipé d'un dispositif de centrage alignant le véhicule avec le banc dans des limites de tolérance de ±0,5 degrés de rotation autour de l'axe z. Le système de maintien doit maintenir la position centrée des roues entraînées pendant tous les parcours de décélération libre de détermination de la résistance à l'avancement sur route, dans les limites suivantes :

6.5.1.2.1 Position latérale (axe y)

Le véhicule doit demeurer aligné dans la direction y et son mouvement latéral doit être limité au minimum.

6.5.1.2.2 Position avant et arrière (axe x)

Outre les prescriptions du paragraphe 6.5.1.2.1 de la présente annexe, les axes des deux roues doivent être situés à ±10 mm de l'axe médian transversal du tapis.

6.5.1.2.3 Force verticale

Le système de maintien doit être conçu pour ne pas appliquer de force verticale aux roues motrices.

6.5.1.3 Exactitude des forces mesurées

Seule la force de réaction pour l'entraînement des roues doit être mesurée. Aucune force extérieure ne doit être incluse dans les résultats (c'est-à-dire force exercée par l'air du ventilateur de refroidissement, système de maintien du véhicule, forces de réaction aérodynamique du tapis roulant, pertes du dynamomètre, etc.).

La force dans la direction x doit être mesurée avec une exactitude de ±5 N.

6.5.1.4 Réglage de vitesse du tapis roulant

La vitesse du tapis roulant doit être réglée avec une exactitude de ±0,1 km/h.

6.5.1.5 Surface du tapis roulant

La surface du tapis roulant doit être propre, sèche et nette de dépôts pouvant causer un patinage des pneumatiques.

6.5.1.6 Refroidissement

Un courant d'air de vitesse variable doit être soufflé vers le véhicule. La valeur de consigne de la vitesse linéaire de l'air à la sortie de la soufflante doit être égale à la vitesse correspondante du banc au-dessus des vitesses de mesure de 5 km/h. La vitesse linéaire de l'air à la sortie de la soufflante doit demeurer dans les limites de ±5 km/h ou ±10 % de la vitesse de mesure correspondante, la plus grande de ces valeurs étant retenue.

6.5.2 Mesure sur le tapis roulant

La procédure de mesure peut être exécutée soit conformément au paragraphe 6.5.2.2 soit au paragraphe 6.5.2.3 de la présente annexe.

6.5.2.1 Préconditionnement

Le véhicule doit être conditionné sur le dynamomètre comme décrit aux paragraphes 4.2.4.1.1 à 4.2.4.1.3 de la présente annexe.

Le réglage de la force résistante du dynamomètre F_d pour l'opération de préconditionnement doit être conforme à l'équation :

$$F_d = a_d + b_d \times v + c_d \times v^2$$

où :

$a_d = 0$;

$b_d = 0$;

$$c_d = (C_D \times A_f) \times \frac{\rho_0}{2} \times \frac{1}{3{,}6^2}$$

L'inertie équivalente du dynamomètre doit être réglée à la masse d'essai.

La valeur de traînée aérodynamique utilisée pour le réglage de la force résistante doit être celle obtenue conformément au paragraphe 6.7.2 de la présente annexe et doit être directement introduite comme paramètre d'entrée. Dans les autres cas, les facteurs a_d, b_d, et c_d obtenus conformément au présent paragraphe doivent être utilisés.

À la demande du constructeur, comme méthode alternative à celle du paragraphe 4.2.4.1.2 de la présente annexe, le parcours de mise en température peut être effectué par fonctionnement du véhicule sur le tapis roulant.

Dans ce cas la vitesse de mise en température doit être de 110 % de la vitesse maximale du cycle WLTC applicable et la durée doit dépasser 1 200 s jusqu'à ce que la variation de force mesurée sur une durée de 200 s soit inférieure à 5 N.

6.5.2.2 Méthode de mesure aux vitesses stabilisées

6.5.2.2.1 L'essai doit être exécuté depuis le point de vitesse de référence le plus élevé jusqu'au plus bas.

6.5.2.2.2 Immédiatement après la mesure effectuée au point de vitesse précédent, la décélération depuis le point actuel vers le point de référence suivant applicable doit être effectuée par une transition douce au taux d'environ 1 m/s².

6.5.2.2.3 La vitesse de référence doit être stabilisée pendant au moins 4 s et au plus 10 s. L'équipement de mesure doit être tel que le signal de la force mesurée soit stabilisé après cette période.

6.5.2.2.4 La force à chaque vitesse de référence doit être mesurée pendant au moins 6 s pendant que la vitesse du véhicule est maintenue constante. La force résultante pour ce point de vitesse de référence F_{jDyno} est la moyenne arithmétique de la force au cours de la mesure.

Les étapes des paragraphes 6.5.2.2.2 à 6.5.2.2.4 de la présente annexe doivent être répétées pour chaque vitesse de référence.

6.5.2.3 Méthode de mesure par décélération

6.5.2.3.1 Les opérations de préconditionnement et de réglage du dynamomètre doivent être exécutées conformément au paragraphe 6.5.2.1 de la présente annexe. Avant chaque parcours de décélération libre, le véhicule doit effectuer un parcours à la vitesse de référence la plus élevée ou, si l'autre procédure de mise en température est utilisée, à 110 % de la vitesse de référence la plus élevée,

pendant au moins 1 min. Le véhicule doit ensuite être accéléré jusqu'à au moins 10 km/h au-dessus de la plus haute vitesse de référence et l'essai de décélération libre doit commencer immédiatement.

6.5.2.3.2 La mesure doit être exécutée conformément aux paragraphes 4.3.1.3.1 à 4.3.1.4.4 de la présente annexe. Un parcours de décélération libre dans les deux sens n'est pas possible et l'équation utilisée pour calculer Δt_{ji} au paragraphe 4.3.1.4.2 de la présente annexe ne s'applique pas. La mesure doit être arrêtée après deux décélérations si la force mesurée lors des deux décélérations libres à chaque point de vitesse de référence se situe dans les limites de ±10 N ; sinon, trois décélérations libres au moins devront être exécutées conformément aux critères définis au paragraphe 4.3.1.4.2 de la présente annexe.

6.5.2.3.3 La force f_{jDyno} à chaque vitesse de référence v_j doit être calculée par déduction de la force aérodynamique simulée :

$$f_{jDyno} = f_{jDecel} - c_d \times v_j^2$$

où :

f_{jDecel} est la force déterminée conformément à l'équation de calcul de F_j au paragraphe 4.3.1.4.4 de la présente annexe au point de vitesse de référence j, en N ;

c_d est le coefficient de réglage du dynamomètre comme défini au paragraphe 6.5.2.1 de la présente annexe, en N/(km/h)².

À la demande du constructeur, il est aussi possible de fixer c_d à zéro pendant la décélération libre et pour le calcul de f_{jDyno}.

6.5.2.4 Conditions de mesure

Le véhicule doit être dans l'état spécifié au paragraphe 4.3.1.3.2 de la présente annexe.

6.5.3 Résultat de mesure de l'essai sur tapis roulant

Le résultat de l'essai sur tapis roulant f_{jDyno} doit être désigné comme f_j pour les calculs ultérieurs du paragraphe 6.7 de la présente annexe.

6.6 Banc à rouleaux utilisé pour la méthode de l'essai en soufflerie

6.6.1 Critères

Outre les caractéristiques prescrites aux paragraphes 1 et 2 de l'annexe 5, les critères énoncés au paragraphe 6.6.1 sont applicables.

6.6.1.1 Description du banc à rouleaux

Les essieux avant et arrière doivent être équipés d'un rouleau simple d'un diamètre d'au moins 1,2 m.

6.6.1.2 Système de maintien du véhicule

Le dynamomètre doit être équipé d'un dispositif de centrage alignant le véhicule avec le banc. Le système de maintien doit maintenir la position centrée des roues entraînées pendant tous les parcours de décélération libre de détermination de la résistance à l'avancement sur route, dans les limites recommandées ci-après :

6.6.1.2.1 Position du véhicule

Le véhicule à essayer doit être installé sur le banc à rouleaux comme défini au paragraphe 7.3.3 de la présente annexe.

6.6.1.2.2 Force verticale

Le système de maintien du véhicule doit satisfaire aux prescriptions du paragraphe 6.5.1.2.3 de la présente annexe.

6.6.1.3 Exactitude des forces mesurées

L'exactitude des forces mesurées doit être conforme aux prescriptions du paragraphe 6.5.1.3 de la présente annexe, sauf en ce qui concerne la force dans la direction x qui doit être mesurée avec une exactitude spécifiée au paragraphe 2.4.1 de l'annexe 5.

6.6.1.4 Réglage de vitesse du dynamomètre

Les vitesses des rouleaux doivent être réglées avec une exactitude de ±0,2 km/h.

6.6.1.5 Surface des rouleaux

La surface des rouleaux doit être propre, sèche et nette de dépôts pouvant causer un patinage des pneumatiques.

6.6.1.6 Ventilateur de refroidissement

Le ventilateur de refroidissement doit être comme spécifié au paragraphe 6.5.1.6 de la présente annexe.

6.6.2 Mesures sur le dynamomètre

Les mesures doivent être exécutées comme spécifié au paragraphe 6.5.2 de la présente annexe.

6.6.3 Correction des forces mesurées sur le banc à rouleaux par rapport aux valeurs sur une surface plane

Les forces mesurées sur le banc à rouleaux doivent être corrigées pour les rapporter à une valeur de référence équivalente au déplacement sur route (surface plane) et les résultats doivent être désignés comme f_j.

$$f_j = f_{jDyno} \times c1 \times \sqrt{\frac{1}{\frac{R_{Wheel}}{R_{Dyno}} \times c2 + 1}} + f_{jDyno} \times (1 - c1)$$

où :

c1 est la fraction résistance au roulement du pneumatique de f_{jDyno} ;

c2 est un facteur de correction du rayon spécifique du banc à rouleaux ;

f_{jDyno} est la force calculée conformément au paragraphe 6.5.2.3.3 de la présente annexe pour chaque vitesse de référence j, en N ;

R_{whell} est égal à un demi-diamètre théorique nominal du pneumatique, en m ;

R_{Dyno} est le rayon du rouleau du dynamomètre, en m.

Le constructeur et l'autorité compétente doivent convenir des facteurs c1 et c2 à utiliser, sur la base de données d'essai de corrélation fournies par le constructeur pour la plage de caractéristiques du pneumatique qu'il est prévu de soumettre à l'essai sur le banc à rouleaux.

L'équation ci-après, fondée sur des valeurs sûres, peut également être utilisée :

$$f_j = f_{jDyno} \times \sqrt{\frac{1}{\frac{R_{Wheel}}{R_{Dyno}} \times 0{,}2 + 1}}$$

c2 est égal à 0,2, sauf si la méthode des écarts de résistance à l'avancement sur route est utilisée (voir par. 6.8 de la présente annexe) et que le coefficient delta de résistance à l'avancement sur route calculé conformément au paragraphe 6.8.1 de la présente annexe est négatif, auquel cas c2 est égal à 2,0.

6.7 Calculs

6.7.1 Correction des résultats du banc à tapis roulant et du banc à rouleaux

Les forces mesurées déterminées comme prévu aux paragraphes 6.5 et 6.6 de la présente annexe doivent être corrigées pour être rapportées aux conditions de référence au moyen de l'équation suivante :

$$F_{Dj} = \left(f_j - K_1\right) \times \left(1 + K_0(T - 293)\right)$$

où :

F_{Dj} est la résistance corrigée sur le banc à tapis roulant ou le banc à rouleaux à la vitesse de référence j, en N ;

f_j est la force mesurée à la vitesse de référence j, en N ;

K_0 est le facteur de correction de la résistance au roulement, comme défini au paragraphe 4.5.2 de la présente annexe, en K^1 ;

K_1 est le facteur de la masse d'essai comme défini au paragraphe 4.5.4 de la présente annexe, en N ;

T est la température moyenne arithmétique dans la chambre d'essai au cours de la mesure, en K.

6.7.2 Calcul de la force aérodynamique

La traînée aérodynamique doit être calculée au moyen de l'équation ci-dessous. Si le véhicule est équipé d'éléments aérodynamiques mobiles en fonction de la vitesse, les valeurs correspondantes de ($C_D \times A_f$) doivent être appliquées pour les points de vitesse de référence concernés :

$$F_{Aj} = (C_D \times A_f)_j \times \frac{\rho_0}{2} \times \frac{v_j^2}{3{,}6^2}$$

où :

F_{Aj} est la traînée aérodynamique mesurée en soufflerie à la vitesse de référence j, en N ;

$(C_D \times A_f)_j$ est le produit de coefficient de traînée et du mètre couple à un certain point de vitesse de référence j, lorsque cela s'applique, en m^2 ;

ρ_0 est la masse volumique de l'air sec définie au paragraphe 3.2.10 du présent RTM ONU, en kg/m^3 ;

v_j est la vitesse de référence j, en km/h.

6.7.3 Calcul des valeurs de résistance à l'avancement sur route

La résistance totale à l'avancement sur route, c'est-à-dire la somme des résultats des paragraphes 6.7.1 et 6.7.2 de la présente annexe, doit être calculée au moyen de l'équation suivante :

$$F_j^* = F_{Dj} + F_{Aj}$$

pour tous les points de vitesse de référence applicables j, en N.

Pour toutes les valeurs calculées F_j^*, les coefficients f_0, f_1 et f_2 de l'équation de résistance à l'avancement sur route doivent être calculés par une analyse de régression par les moindres carrés et doivent être utilisés comme coefficient visé comme spécifié au paragraphe 8.1.1 de la présente annexe.

Si le véhicule soumis à l'essai en soufflerie est le véhicule représentatif d'une famille de matrices de résistance à l'avancement sur route, le coefficient f_1 est

pris comme égal à zéro et les coefficients f_0 et f_2 doivent être recalculés par une analyse de régression par les moindres carrés.

6.8 Méthode des écarts de résistance à l'avancement sur route

Afin d'inclure, lorsque la méthode d'interpolation est utilisée, des facteurs qui ne sont pas intégrés dans l'interpolation de la résistance à l'avancement sur route (à savoir facteurs aérodynamiques, résistance à l'avancement et masse du véhicule), un écart de forces de frottement du véhicule peut être mesuré au moyen de la méthode des écarts de résistance à l'avancement sur route (par exemple, différence de frottement entre systèmes de freinage). La méthode comprend les étapes suivantes :

a) Mesurer le frottement du véhicule de référence R ;

b) Mesurer le frottement du véhicule sur lequel est monté l'équipement optionnel (véhicule N) à l'origine de la différence de frottement ;

c) Calculer l'écart conformément au paragraphe 6.8.1 de la présente annexe.

Ces mesures doivent être effectuées sur un tapis roulant conformément au paragraphe 6.5 de la présente annexe ou sur un banc à rouleaux conformément au paragraphe 6.6 de la présente annexe, et les résultats (à l'exception de la force aérodynamique) doivent être corrigés conformément au paragraphe 6.7.1 de la présente annexe.

L'application de cette méthode est permise uniquement si le critère suivant est satisfait :

$$\left|\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\left(F_{Dj,R} - F_{Dj,N}\right)\right| \leq 25\ \mathrm{H}$$

où :

$F_{Dj,R}$ est la résistance corrigée du véhicule R mesurée sur le tapis roulant ou sur banc à rouleaux à la vitesse de référence j calculée conformément au paragraphe 6.7.1 de la présente annexe, en N ;

$F_{Dj,N}$ est la résistance corrigée du véhicule N mesurée sur le tapis roulant ou sur banc à rouleaux à la vitesse de référence j, calculée conformément au paragraphe 6.7.1 de la présente annexe, en N ;

n est le nombre total de points de vitesse.

Cette autre différente de détermination de la résistance à l'avancement sur route ne peut être appliquée que si les véhicules R et N ont une résistance aérodynamique identique et si l'écart mesuré rend compte de l'ensemble de l'influence sur la consommation d'énergie du véhicule. Cette méthode ne doit pas être appliquée si l'exactitude globale de la valeur absolue de la résistance à l'avancement sur route du véhicule N est amoindrie de quelque manière que ce soit.

6.8.1 Détermination des coefficients delta sur tapis roulant ou sur banc à rouleaux

L'écart de résistance à l'avancement sur route est calculé au moyen de l'équation suivante:

$$F_{Dj,Delta} = F_{Dj,N} - F_{Dj,R}$$

où :

$F_{Dj,Delta}$ est l'écart de résistance à l'avancement sur route à la vitesse de référence j, en N ;

$F_{Dj,N}$ est la résistance corrigée mesurée sur tapis roulant ou sur banc à rouleaux à la vitesse de référence j, calculée conformément au paragraphe 6.7.1 de la présente annexe, pour le véhicule N, en N ;

$F_{Dj,R}$ est la résistance corrigée mesurée sur tapis roulant ou sur banc à rouleaux à la vitesse de référence j, calculée conformément au paragraphe 6.7.1 de la présente annexe, pour le véhicule de référence R, en N.

Pour toutes les valeurs calculées $F_{Dj,Delta}$, les coefficients $f_{0,Delta}$, $f_{1,Delta}$ et $f_{2,Delta}$ de l'équation de résistance à l'avancement sur route doivent être calculés par une analyse de régression par les moindres carrés.

6.8.2 Détermination de la résistance à l'avancement sur route totale

Si la méthode d'interpolation (voir par. 3.2.3.2 de l'annexe 7) n'est pas utilisée, la méthode des écarts de résistance à l'avancement sur route doit être appliquée pour le véhicule N, au moyen des équations suivantes :

$$f_{0,N} = f_{0,R} + f_{0,Delta}$$

$$f_{1,N} = f_{1,R} + f_{1,Delta}$$

$$f_{2,N} = f_{2,R} + f_{2,Delta}$$

où:

N désigne les coefficients de résistance à l'avancement sur route du véhicule N ;

R désigne les coefficients de résistance à l'avancement sur route du véhicule de référence R ;

Delta désigne les coefficients delta de résistance à l'avancement sur route tels que déterminés conformément au paragraphe 6.8.1 de la présente annexe.

7. Transposition sur un banc à rouleaux des valeurs de résistance à l'avancement sur route

7.1 Préparatifs de l'essai sur banc à rouleaux

7.1.1 Conditions de laboratoire

7.1.1.1 Rouleaux

Le ou les rouleaux du banc doivent être propres, secs et nets de dépôts qui puissent causer un patinage du pneumatique. Le banc doit être utilisé sur le même mode couplé ou désaccouplé que pour l'essai ultérieur de type 1. La vitesse du banc à rouleaux doit être mesurée sur le rouleau couplé au frein.

7.1.1.1.1 Patinage du pneumatique

Un poids additionnel peut être chargé sur le véhicule pour éliminer le patinage du pneumatique. Le constructeur doit effectuer le réglage de la force résistante sur le banc à rouleaux avec le poids additionnel en place. Ce dernier doit être présent aussi bien pour le réglage de la force résistante que pour les essais d'émissions et de consommation de carburant. Toute utilisation d'un poids additionnel doit être consignée.

7.1.1.2 Température du local

La température atmosphérique dans le laboratoire doit être maintenue au point de consigne de 23 °C et ne doit pas, durant l'essai, s'écarter de plus de ±5 °C, sauf autre valeur requise pour tout essai ultérieur.

7.2 Préparation du banc à rouleaux

7.2.1 Réglage de la masse inertielle

La masse inertielle équivalente du banc à rouleaux doit être réglée conformément au paragraphe 2.5.3 de la présente annexe. Si le banc à rouleaux ne permet pas de régler l'inertie à la valeur exacte, la valeur de réglage d'inertie la plus proche vers le haut doit être appliquée, jusqu'à un accroissement maximal de 10 kg.

7.2.2 Mise en température du banc à rouleaux

Le banc à rouleaux doit être réchauffé conformément aux recommandations du constructeur du banc, ou par une procédure appropriée, de manière à permettre une stabilisation des pertes par frottement du dynamomètre.

7.3 Préparation du véhicule

7.3.1 Réglage de la pression des pneumatiques

La pression des pneumatiques à la température de stabilisation d'un essai de type 1 doit être réglée au maximum à 50 % au-dessus de la limite inférieure de la plage de pression pour le pneumatique sélectionné, comme spécifié par le constructeur du véhicule (voir le paragraphe 4.2.2.3 de la présente annexe), et doit être enregistrée.

7.3.2 Si la procédure de détermination du réglage du dynamomètre ne permet pas de satisfaire aux critères définis au paragraphe 8.1.3 de la présente annexe du fait de l'influence de forces non reproductibles, le véhicule doit être équipé d'un mode décélération libre. Le mode décélération libre doit être approuvé et enregistré par l'autorité compétente.

Si un véhicule est équipé d'un mode décélération libre, ce dernier doit être en fonction aussi bien pendant l'essai de détermination de la résistance à l'avancement sur route que pendant l'essai sur banc à rouleaux.

7.3.3 Positionnement du véhicule sur le banc à rouleaux

Le véhicule à l'essai doit être positionné sur le banc à rouleaux dans l'axe et il doit être maintenu par des moyens sûrs. Dans le cas où un banc à rouleau simple est utilisé, le centre de la plage de contact du pneumatique sur le rouleau doit être situé au maximum à ±25 mm ou ±2 % du diamètre du rouleau, la valeur inférieure étant retenue, point le plus haut du rouleau.

Si la méthode de mesure du couple résistant est utilisée, la pression des pneumatiques doit être réglée à une valeur telle que le rayon dynamique ne diffère pas de plus de 0,5 % du rayon dynamique r_j calculé au moyen des équations du paragraphe 4.4.3.1 de la présente annexe au point de vitesse de référence de 80 km/h. Le rayon dynamique sur le banc à rouleaux doit être calculé conformément à la procédure décrite au paragraphe 4.4.3.1 de la présente annexe.

Si le réglage obtenu sort de la plage définie au paragraphe 7.3.1 de la présente annexe, la méthode de mesure du couple n'est pas applicable.

7.3.4 Mise en température du véhicule

7.3.4.1 Le véhicule doit être mis en température par l'exécution du cycle WLTC applicable. Dans le cas où le véhicule a été mis en température à 90 % de la vitesse maximale de la phase supérieure suivante conformément à la procédure décrite au paragraphe 4.2.4.1.2 de la présente annexe, cette phase supérieure doit être ajoutée au cycle WLTC applicable.

Tableau A4/7
Mise en température du véhicule

Classe de véhicule	*Cycle WLTC applicable*	*Phase supérieure suivante*	*Cycle de mise en température*
Classe 1	Low_1+ $Medium_1$	s.o.	Low_1+ $Medium_1$
Classe 2	Low_2+ $Medium_2$+ $High_2$+ Extra $High_2$	s.o.	Low_2+ $Medium_2$ + $High_2$+ Extra $High_2$
	Low_2+ $Medium_2$+ $High_2$	Oui (Extra $High_2$)	
		Non	Low_2+ $Medium_2$+ $High_2$
Classe 3	Low_3+ $Medium_3$+ $High_3$+ Extra $High_3$	Low_3+ $Medium_3$ + $High_3$+ Extra $High_3$	Low_3+ $Medium_3$+ $High_3$+ Extra $High_3$
	Low_3+ $Medium_3$+ $High_3$	Oui (Extra $High_3$)	
		Non	Low_3+ $Medium_3$ + $High_3$

7.3.4.2 Si le véhicule est déjà mis en température, la phase WLTC appliquée selon le paragraphe 7.3.4.1 de la présente annexe, avec la vitesse la plus élevée, doit être exécutée sur le banc.

7.3.4.3 Variante de procédure de mise en température

7.3.4.3.1 À la demande du constructeur du véhicule et avec l'approbation de l'autorité compétente, une variante de procédure de mise en température peut être utilisée. La variante de procédure approuvée peut être appliquée aux véhicules appartenant à la même famille de véhicules au point de vue de la résistance à l'avancement sur route et doit satisfaire aux prescriptions énoncées aux paragraphes 7.3.4.3.2 à 7.3.4.3.5 de la présente annexe.

7.3.4.3.2 Au moins un véhicule représentatif de la famille de véhicules du point de vue de la résistance à l'avancement sur route doit être sélectionné.

7.3.4.3.3 La demande énergétique du cycle calculée conformément au paragraphe 5 de l'annexe 7 avec les coefficients corrigés de résistance à l'avancement sur route f_{0a}, f_{1a} et f_{2a}, pour la variante de procédure de mise en température doit être égale ou supérieure à la demande énergétique du cycle calculée avec les coefficients corrigés de résistance à l'avancement sur route visée f_0, f_1, et f_2 pour chaque phase applicable.

Les coefficients corrigés de résistance à l'avancement sur route f_{0a}, f_{1a} et f_{2a}, doivent être calculés au moyen des équations :

$$f_{0a} = f_0 + A_{d\_alt} - A_{d\_WLTC}$$

$$f_{1a} = f_1 + B_{d\_alt} - B_{d\_WLTC}$$

$$f_{2a} = f_2 + C_{d\_alt} - C_{d\_WLTC}$$

où :

A_{d_alt}, B_{d_alt} et C_{d_alt} sont les coefficients de réglage du dynamomètre après la variante de procédure de mise en température ;

A_{d_WLTC}, B_{d_WLTC} et C_{d_WLTC} sont les coefficients de réglage du dynamomètre après une procédure de mise en température WLTC comme décrit au paragraphe 7.3.4.1 de la présente annexe, et un réglage valide du dynamomètre conformément au paragraphe 8 de la présente annexe.

7.3.4.3.4 Les coefficients corrigés de résistance à l'avancement sur route f_{0a}, f_{1a} et f_{2a}, doivent être utilisés seulement aux fins des dispositions du paragraphe 7.3.4.3.3 de la présente annexe. À toute autre fin, les coefficients visés de résistance à l'avancement sur route f_0, f_1 et f_2, doivent être utilisés comme coefficients visés de résistance à l'avancement sur route.

7.3.4.3.5 Des informations détaillées sur la procédure et des preuves de son équivalence doivent être fournies à l'autorité compétente.

8. Réglage de la force résistante sur le banc à rouleaux

8.1 Réglage de la force résistante du banc par la méthode de la décélération libre

Cette méthode est applicable quand les coefficients f_0, f_1 et f_2 de résistance à l'avancement sur route ont été déterminés.

Dans le cas d'une famille de matrices de résistance à l'avancement sur route, cette méthode doit être appliquée lorsque la résistance à l'avancement sur route du véhicule représentatif est déterminée avec la méthode de la décélération libre décrite au paragraphe 4.3 de la présente annexe. Les valeurs visées de résistance à l'avancement sur route sont les valeurs calculées par la méthode décrite au paragraphe 5.1 de la présente annexe.

8.1.1 Réglage initial de la force résistante

Pour un banc à rouleaux à réglage par coefficients, le frein du banc doit être réglé avec les coefficients initiaux arbitraires, A_d, B_d et C_d, de l'équation ci-après :

$$F_d = A_d + B_d v + C_d v^2$$

où :

F_d est la force résistante de réglage du dynamomètre, en N ;

v est la vitesse des rouleaux du banc, en km/h.

Les coefficients ci-après sont recommandés pour le réglage initial de la force :

a) $A_d = 0{,}5 \times A_t$, $B_d = 0{,}2 \times B_t$, $C_d = C_t$

pour un banc à un axe, ou

$A_d = 0{,}1 \times A_t$, $B_d = 0{,}2 \times B_t$, $C_d = C_t$

pour un banc à deux axes où A_t, B_t et C_t sont les coefficients de résistance à l'avancement sur route visée ;

b) Ou des valeurs empiriques, telles que celles utilisées pour le réglage dans le cas d'un type similaire de véhicule.

Pour un banc à rouleaux à réglage par fonction polygonale, des valeurs de force résistante appropriées pour chaque vitesse de référence doivent être fixées pour le réglage du frein du banc.

8.1.2 Décélération libre

L'essai de décélération libre sur le banc dynamométrique doit être exécuté conformément à la procédure décrite au paragraphe 8.1.3.4.1 ou au paragraphe 8.1.3.4.2 de la présente annexe et il doit commencer au plus tard 120 s après l'achèvement de la procédure de mise en température. Les parcours consécutifs de décélération libre doivent commencer immédiatement. À la demande du constructeur du véhicule et avec l'approbation de l'autorité compétente, le délai entre la procédure de mise en température et les décélérations libres utilisant la méthode d'itération peuvent être prolongés pour permettre un réglage correct du véhicule pour la décélération libre. Le constructeur doit fournir à l'autorité compétente les données démontrant que le temps additionnel est nécessaire et que les paramètres de réglage de la

résistance sur le dynamomètre (température du liquide de refroidissement et/ou de l'huile, force au dynamomètre) ne sont pas affectés.

8.1.3 Vérification

8.1.3.1 La valeur de résistance à l'avancement sur route visée est calculée par application des coefficients de résistance à l'avancement sur route visée A_t, B_t et C_t pour chaque vitesse de référence v_j :

$$F_{tj} = A_t + B_t v_j + C_t v_j^2$$

où :

A_t, B_t et C_t sont les paramètres de la résistance à l'avancement sur route visée f_0, f_1 et f_2 respectivement ;

F_{tj} est la résistance à l'avancement sur route visée à la vitesse de référence v_j, en N ;

v_j est la j^e vitesse de référence, en km/h.

8.1.3.2 La résistance à l'avancement sur route mesurée doit être calculée au moyen de l'équation :

$$F_{mj} = \frac{1}{3{,}6} \times (TM + m_r) \times \frac{2 \times \Delta v}{\Delta t_j}$$

où :

Δv est égal à 5 km/h ;

F_{mj} est la résistance à l'avancement sur route mesurée pour chaque vitesse de référence v_j, en N ;

TM est la masse d'essai du véhicule, en kg ;

m_r est la masse effective équivalente des composants en rotation selon le paragraphe 2.5.1 de la présente annexe, en kg ;

Δt_j est le temps de décélération libre correspondant à la vitesse v_j, en s.

8.1.3.3 La résistance à l'avancement sur route simulée doit être calculée conformément à la méthode spécifiée au paragraphe 4.3.1.4 de la présente annexe, à l'exception de la mesure dans les deux sens opposés :

$$F_s = A_s + B_s \times v + C_s \times v^2$$

La résistance à l'avancement sur route simulée pour chaque vitesse de référence v_j doit être déterminée au moyen de l'équation suivante, sur la base des valeurs calculées d'A_s, B_s et C_s :

$$F_{sj} = A_s + B_s \times v_j + C_s \times v_j^2$$

8.1.3.4 Pour le réglage de la force résistante, deux méthodes différentes peuvent être appliquées. Si le véhicule est accéléré par le banc, les méthodes décrites au paragraphe 8.1.3.4.1 de la présente annexe doivent être utilisées. Si le véhicule accélère par ses propres moyens, les méthodes des paragraphes 8.1.3.4.1 ou 8.1.3.4.2 de la présente annexe doivent être utilisées et l'accélération multipliée par la vitesse doit être d'au moins 6 m^2/sec^3. Si le chiffre de 6 m^2/sec^3 ne peut pas être atteint, l'essai doit être réalisé avec la commande d'accélération actionnée à fond.

8.1.3.4.1 Méthode des parcours fixes

8.1.3.4.1.1 Le logiciel de commande du banc doit exécuter quatre essais de décélération libre au total. À partir du premier essai, les coefficients de réglage du dynamomètre pour le second essai doivent être calculés conformément au paragraphe 8.1.4 de la présente annexe. Après la première décélération libre, logiciel de commande doit exécuter 3 essais de décélération libre

supplémentaires avec soit les coefficients fixes de réglage du dynamomètre déterminés après la première décélération, soit les coefficients ajustés de réglage déterminés conformément au paragraphe 8.1.4 de la présente annexe.

8.1.3.4.1.2 Les coefficients finals de réglage du dynamomètre A, B et C doivent être calculés au moyen des équations suivantes :

$$A = A_t - \frac{\sum_{n=2}^{4}\left(A_{s_n} - A_{d_n}\right)}{3}$$

$$B = B_t - \frac{\sum_{n=2}^{4}\left(B_{s_n} - B_{d_n}\right)}{3}$$

$$C = C_t - \frac{\sum_{n=2}^{4}\left(C_{s_n} - C_{d_n}\right)}{3}$$

où :

A_t, B_t et C_t sont les paramètres de la résistance à l'avancement sur route visée f_0, f_1 et f_2 respectivement ;

A_{s_n}, B_{s_n} et C_{s_n} sont les coefficients de résistance à l'avancement sur route simulée du n^e^ essai ;

A_{d_n}, B_{d_n} et C_{d_n} sont les coefficients de réglage du dynamomètre du n^e^ essai ;

n est le numéro d'ordre des essais de décélération, premier essai de stabilisation compris.

8.1.3.4.2 Méthode par itération

Les forces calculées dans les plages de vitesse spécifiées doivent demeurer dans une fourchette de ±10 N par rapport aux valeurs visées après une régression par la méthode des moindres carrés des forces pour deux essais consécutifs de décélération libre. À défaut, des essais de décélération supplémentaires doivent être exécutés après ajustement du réglage de la force résistante sur le banc à rouleaux conformément au paragraphe 8.1.4 de la présente annexe, jusqu'à ce qu'il soit satisfait à cette tolérance.

8.1.4 Ajustement

Le réglage de la force résistante sur le banc à rouleaux doit être ajusté conformément aux équations ci-après :

$$\begin{aligned} F_{dj}^{*} &= F_{dj} - F_j = F_{dj} - F_{sj} + F_{tj} \\ &= \left(A_d B_d v_j + C_d v_j^2\right) - \left(A_s + B_s v_j + C_s v_j^2\right) + \left(A_t + B_t v_j + C_t v_j^2\right) \\ &= (A_d + A_t - A_s) + (B_d + B_t - B_s) v_j + (C_d + C_t - C_s) v_j^2 \end{aligned}$$

où :

$$A_d^{*} = A_d + A_t - A_s$$

$$B_d^{*} = B_d + B_t - B_s$$

$$C_d^{*} = C_d + C_t - C_s$$

où :

F_{dj} est la force résistante initiale de réglage du dynamomètre, en N ;

F_{dj}^{*} est la force résistante ajustée de réglage du dynamomètre, en N ;

F_j est la valeur d'ajustement de la résistance à l'avancement égale à $\left(F_{sj} - F_{tj}\right)$, en N ;

F_{sj} est la résistance à l'avancement simulée à la vitesse de référence v_j, en N ;

F_{tj} est la résistance à l'avancement visée à la vitesse de référence v_j, en N ;

A_d^*, b_d^* et C_d^* sont les nouveaux coefficients de réglage du dynamomètre.

8.1.5 On utilise A_t, B_t et C_t en tant que valeurs finales de f_0, f_1 et f_2, et pour :

a) Le réajustement de la vitesse, paragraphe 8 de l'annexe 1 ;

b) La détermination des points de changement de rapports, annexe 2 ;

c) L'interpolation des valeurs de CO_2 et de consommation de carburant, paragraphe 3.2.3 de l'annexe 7 ;

d) Le calcul des résultats pour les véhicules électriques et les véhicules électriques hybrides, paragraphe 4 de l'annexe 8.

8.2 Réglage de la force résistante du banc à rouleaux sur la base de la méthode des capteurs de couple

Cette méthode est applicable quand la résistance à l'avancement est déterminée sur la base de la méthode des capteurs de couple, comme décrit au paragraphe 4.4 de la présente annexe.

Dans le cas d'une famille de matrices de résistance à l'avancement sur route, cette méthode doit être appliquée quand la résistance à l'avancement du véhicule représentatif est déterminée par la méthode des capteurs de couple, comme décrit au paragraphe 4.4 de la présente annexe. Les valeurs de résistance à l'avancement visée sont les valeurs calculées par la méthode spécifiée au paragraphe 5.1 de la présente annexe.

8.2.1 Réglage initial de la force résistante

Pour un banc à rouleaux à réglage par coefficients, le frein du banc doit être réglé avec les coefficients initiaux arbitraires, A_d, B_d et C_d, de l'équation ci-après :

$$F_d = A_d + B_d v + C_d v^2$$

où :

F_d est la force résistante de réglage du dynamomètre, en N ;

v est la vitesse des rouleaux du banc, en km/h.

Les coefficients ci-après sont recommandés pour le réglage initial de la force :

a) $A_d = 0{,}5 \times \frac{a_t}{r'}$, $B_d = 0{,}2 \times \frac{b_t}{r'}$, $C_d = \frac{c_t}{r'}$

pour un banc à un axe, ou

$A_d = 0{,}1 \times \frac{a_t}{r'}$, $B_d = 0{,}2 \times \frac{b_t}{r'}$, $C_d = \frac{c_t}{r'}$

pour un banc à deux axes, où :

a_t, b_t et c_t sont les coefficients de résistance à l'avancement visée ; et

r' est le rayon dynamique du pneumatique sur le banc à rouleaux, en m, obtenu à 80 km/h ;

b) Ou des valeurs empiriques, telles que celles utilisées pour le réglage dans le cas d'un type similaire de véhicule.

Pour un banc à rouleaux à réglage par fonction polygonale, des valeurs de force appropriées à chaque vitesse de référence doivent être fixées pour le réglage du frein du banc.

8.2.2 Mesure du couple aux roues

L'essai de mesure du couple sur le banc à rouleaux doit être effectué selon la procédure décrite au paragraphe 4.4.2 de la présente annexe. Les couple mètres doivent être identiques à ceux utilisés dans l'essai sur route précédent.

8.2.3 Vérification

8.2.3.1 La courbe de résistance à l'avancement (couple) visée doit être déterminée au moyen de l'équation du paragraphe 4.5.5.2.1 de la présente annexe et peut être exprimée comme suit :

$$C_t^* = a_t + b_t \times v_j + c_t \times v_j^2$$

8.2.3.2 La courbe de résistance à l'avancement simulée (couple) sur le banc à rouleaux doit être déterminée conformément à la méthode et avec la précision de mesure spécifiées au paragraphe 4.4.3.2 de la présente annexe, et la détermination de la courbe de résistance à l'avancement (couple) doit être effectuée comme défini au paragraphe 4.4.4 de la présente annexe, avec les corrections applicables conformément au paragraphe 4.5 de la présente annexe, à l'exception dans tous les cas de la mesure en sens opposés, afin d'établir une courbe de résistance à l'avancement simulée :

$$C_s^* = C_{0s} + C_{1s} \times v_j + C_{2s} \times v_j^2$$

Les valeurs de résistance à l'avancement simulée (couple) doivent demeurer dans une marge de tolérance de ±10 N × r' par rapport à la résistance à l'avancement visée à chaque point de vitesse de référence, r' étant le rayon dynamique du pneumatique sur le banc à rouleaux, en m, obtenu à 80 km/h.

Si la tolérance à une vitesse de référence quelconque ne satisfait pas aux critères de la méthode spécifiée dans le présent paragraphe, la procédure décrite au paragraphe 8.2.3.3 de la présente annexe doit être utilisée pour ajuster le réglage de la force résistante sur le banc à rouleaux.

8.2.3.3 Ajustement du réglage du banc à rouleaux

Le réglage de la force résistante sur le banc à rouleaux doit être ajusté conformément à l'équation suivante :

$$F_{dj}^* = F_{dj} - \frac{F_{ej}}{r'} = F_{dj} - \frac{F_{sj}}{r'} + \frac{F_{tj}}{r'}$$

$$= \left(A_d + B_d v_j + C_d v_j^2\right) - \frac{\left(a_s + b_s v_j + c_s v_j^2\right)}{r'} + \frac{\left(a_t + b_t v_j + c_t v_j^2\right)}{r'}$$

$$= \left\{A_d + \frac{(a_t - a_s)}{r'}\right\} + \left\{B_d + \frac{(b_t - b_s)}{r'}\right\} v_j + \left\{C_d + \frac{(c_t - c_s)}{r'}\right\} v_j^2 .$$

par conséquent :

$$A_d^* = A_d + \frac{a_t - a_s}{r'}$$

$$B_d^* = B_d + \frac{b_t - b_s}{r'}$$

$$C_d^* = C_d + \frac{c_t - c_s}{r'}$$

où :

F_{dj}^* est la nouvelle force résistante du banc à rouleaux, en N ;

F_{ej} est la valeur d'ajustement de la résistance à l'avancement égale à (F_{sj}-F_{tj}), en Nm ;

F_{sj} est la force de résistance à l'avancement sur route simulée à la vitesse de référence v_j, en Nm ;

F_{tj} est la force de résistance à l'avancement sur route visée à la vitesse de référence v_j, en Nm ;

A_d^*, B_d^* et C_d^* sont les nouveaux coefficients de réglage du banc à rouleaux ;

r' est le rayon dynamique du pneumatique sur le banc à rouleaux obtenu à 80 km/h, en m.

Les opérations des paragraphes 8.2.2 et 8.2.3 de la présente annexe doivent être répétées jusqu'à ce que soit respectée la marge de tolérance prévue au paragraphe 8.2.3.2 de la présente annexe.

8.2.3.4 La masse sur le ou les essieux moteurs, les spécifications des pneumatiques et le réglage du banc à rouleaux doivent être enregistrés lors de la mise en œuvre des dispositions du paragraphe 8.2.3.2 de la présente annexe.

8.2.4 Transposition des coefficients de résistance à l'avancement en coefficients de résistance à l'avancement sur route f_0, f_1, f_2

8.2.4.1 Si le véhicule ne peut pas effectuer de parcours de décélération libre répétables et si un mode de décélération libre conformément au paragraphe 4.2.1.8.5 de la présente annexe n'est pas disponible, les coefficients f_0, f_1 et f_2 de l'équation de résistance à l'avancement sur route doivent être calculés au moyen des équations du paragraphe 8.2.4.1.1 de la présente annexe. Dans tous les autres cas, la procédure décrite aux paragraphes 8.2.4.2 à 8.2.4.4 de la présente annexe doit être appliquée.

8.2.4.1.1

$$f_0 = \frac{c_0}{r} \times 1{,}02$$

$$f_1 = \frac{c_1}{r} \times 1{,}02$$

$$f_2 = \frac{c_2}{r} \times 1{,}02$$

où :

c_0, c_1, c_2 sont les coefficients de résistance à l'avancement déterminés conformément au paragraphe 4.4.4 de la présente annexe, en Nm, Nm/(km/h), Nm/(km/h)² ;

r est le rayon dynamique du pneumatique du véhicule avec lequel la résistance à l'avancement a été déterminée, en m ;

1,02 est un coefficient approximatif de compensation pour les pertes de transmission.

8.2.4.1.2 Les valeurs déterminées de f_0, f_1, f_2 ne doivent pas être utilisées pour le réglage d'un banc à rouleaux, ni pour des essais de mesure des émissions ou de l'autonomie, mais seulement dans les cas suivants :

a) Réajustement de la vitesse, paragraphe 8 de l'annexe 1 ;

b) Détermination des points de changement de rapports, annexe 2 ;

c) Interpolation des valeurs de CO_2 et de consommation de carburant, paragraphe 3.2.3 de l'annexe 7 ;

d) Calcul des résultats pour les véhicules électriques et les véhicules électriques hybrides, paragraphe 4 de l'annexe 8.

8.2.4.2 Une fois que le banc à rouleaux a été réglé conformément aux tolérances spécifiées, un essai de décélération libre doit être effectué sur le banc à rouleaux conformément au paragraphe 4.3.1.3 de la présente annexe. Le temps de décélération libre doit être enregistré.

8.2.4.3 La résistance à l'avancement sur route F_j à la vitesse de référence v_j, en N, doit être déterminée au moyen de l'équation suivante :

$$F_j = \frac{1}{3{,}6} \times (TM + m_r) \times \frac{2 \text{ x } \Delta v}{\Delta t_j}$$

où :

F_j est la résistance à l'avancement sur route F_j à la vitesse de référence v_j, en N ;

TM est la masse d'essai du véhicule, en kg ;

m_r est la masse effective équivalente des composants du véhicule en rotation conformément au paragraphe 2.5.1 de la présente annexe, en kg ;

Δv = 5 km/h ;

Δt_j est le temps de décélération libre correspondant à la vitesse v_j, en s.

8.2.4.4 Les coefficients f_0, f_1 et f_2 de l'équation de résistance à l'avancement sur route doivent être déterminés par régression par la méthode des moindres carrés sur la plage de vitesses de référence.

Annexe 5

Équipement d'essai et étalonnages

1. Spécifications et paramètres du banc d'essai

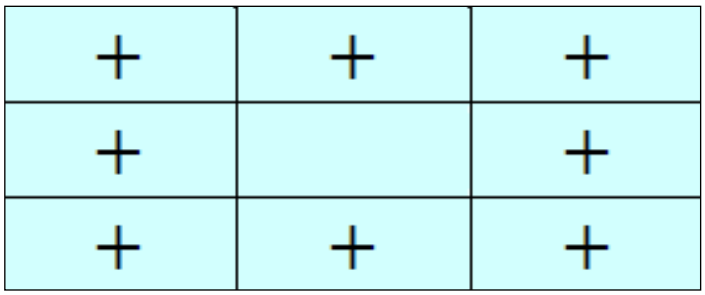
1.1 Spécifications du ventilateur de refroidissement

1.1.1 Un courant d'air de vitesse variable doit être dirigé sur le véhicule. Dans la plage de vitesses supérieures à 5 km/h, la valeur de consigne pour la vitesse linéaire de l'air à la sortie de la soufflante doit être égale à la vitesse du rouleau. La vitesse linéaire de l'air à la sortie de la soufflante doit demeurer dans les limites de ±5 km/h ou ±10 % de la vitesse du rouleau correspondante, la plus grande de ces valeurs étant retenue.

1.1.2 Pour déterminer la vitesse de l'air, on calcule la valeur moyenne à partir de plusieurs points de mesure situés comme suit :

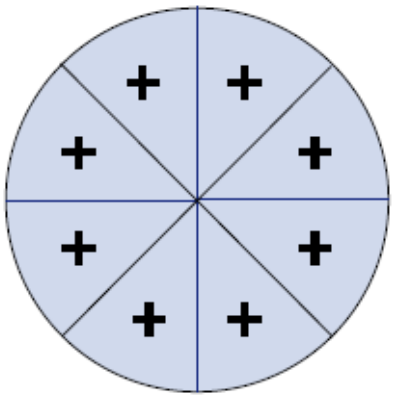
a) Pour les ventilateurs à section de sortie rectangulaire, ces points sont situés au centre de chacun des 9 rectangles obtenus en divisant la section totale de sortie en trois parties égales en largeur et en hauteur. Le rectangle central ne doit pas être mesuré (comme le montre la figure A5/1) ;

Figure A5/1
Ventilateur à section de sortie rectangulaire



b) Pour les ventilateurs à section de sortie circulaire, la section de sortie doit être divisée en huit secteurs angulaires par des diamètres verticaux, horizontaux et à 45°. Les points de mesure sont situés sur l'axe médian de chaque secteur (coupant celui-ci en deux sous-secteurs de 22,5° d'arc) à deux tiers de la longueur du rayon par rapport au centre (comme le montre la figure A5/2).

Figure A5/2
Ventilateur à section de sortie circulaire



Aucun véhicule ni aucun autre objet ne doit se trouver devant le ventilateur lorsque les mesures sont prises. Le dispositif utilisé pour mesurer la vitesse linéaire de l'air doit être situé à une distance de 0 à 20 cm de l'orifice de sortie.

1.1.3 La section de sortie de la soufflante doit avoir les caractéristiques suivantes :

a) Surface : 0,3 m^2 au moins ; et

b) Largeur ou diamètre : 0,8 m au moins.

1.1.4 La position du ventilateur doit être la suivante :

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

b) Distance par rapport à l'avant du véhicule : environ 30 cm ;

c) Approximativement sur l'axe longitudinal du véhicule.

1.1.5 À la demande du constructeur et lorsque cela a été jugé approprié par l'autorité compétente, la hauteur du ventilateur de refroidissement, sa position latérale et sa distance par rapport au véhicule peuvent être modifiées.

Si la configuration prescrite n'est pas pratique pour des types de véhicules particuliers, tels que les véhicules à moteur arrière ou à entrées d'air latérales, ou si elle ne permet pas un refroidissement suffisant et représentatif d'une utilisation réelle, à la demande du constructeur et lorsque cela a été jugé approprié par l'autorité compétente, la hauteur, la puissance et les positions longitudinale et latérale du ventilateur peuvent être modifiées et des ventilateurs supplémentaires ayant des caractéristiques différentes (y compris des ventilateurs à vitesse constante) peuvent être utilisés.

1.1.6 Dans les cas décrits au paragraphe 1.1.5 de la présente annexe, la position et la puissance du ou des ventilateurs de refroidissement, avec mention détaillée de la justification fournie à l'autorité compétente, doivent être enregistrées. Pour tout essai ultérieur, les positions et les caractéristiques du ou des ventilateurs doivent être similaires, eu égard à la justification fournie, afin d'éviter que les caractéristiques de refroidissement ne soient pas représentatives.

2. Banc à rouleaux

2.1 Prescriptions générales

2.1.1 Le banc doit permettre de simuler la résistance à l'avancement sur route, et permettre le réglage de trois coefficients définissant ladite résistance de manière à faire varier la forme de la courbe d'absorption de puissance.

2.1.2 Le banc peut comporter un ou deux rouleaux. Dans le cas où des bancs à deux rouleaux sont utilisés, les rouleaux doivent être couplés de façon permanente ou le rouleau avant doit entraîner, directement ou indirectement, les masses d'inertie et le frein.

2.2 Prescriptions spécifiques

Les prescriptions spécifiques suivantes concernent les spécifications du banc telles que fournies par le fabricant.

2.2.1 L'excentricité du rouleau doit être inférieure à 0,25 mm en tous les points de mesure.

2.2.2 Le diamètre du cylindre ne doit pas excéder ±1,0 mm de la valeur nominale spécifiée à tous les points de mesure.

2.2.3 Le banc doit être équipé d'un chronomètre permettant de déterminer les accélérations et de mesurer les temps de parcours en roue libre du véhicule ou du banc. L'exactitude de ce chronomètre doit être de ±0,001 % ou mieux. Ceci doit être vérifié lors de l'installation initiale.

2.2.4 Le banc doit être équipé d'un tachymètre dont l'erreur maximale de mesure doit être de ±0,080 km/h. Ceci doit être vérifié lors de l'installation initiale.

2.2.5 Le temps de réponse du banc (réponse de 90 % à une variation de la force de traction) à une accélération instantanée d'au moins 3 m/s^2 doit être inférieur à 100 ms. Ceci doit être vérifié lors de l'installation initiale et après une opération d'entretien importante.

2.2.6 L'inertie de référence du banc doit être déclarée par le fabricant. L'écart par rapport à cette valeur déclarée ne doit pas dépasser ±0,5 % pour chaque valeur d'inertie de référence mesurée ; lors d'essais effectués dans des conditions constantes d'accélération, de décélération et de force d'entraînement, l'écart par rapport à la valeur moyenne arithmétique obtenue par calcul dynamique ne doit pas dépasser ±0,2 %.

2.2.7 La vitesse du rouleau doit être mesurée à une fréquence d'au moins 10 Hz.

2.3 Prescriptions spécifiques complémentaires pour bancs destinés aux essais de véhicules en mode quatre roues motrices

2.3.1 Le système de commande du mode quatre roues motrices doit être conçu de telle sorte que les conditions suivantes soient remplies lorsqu'il est utilisé avec un véhicule soumis au cycle WLTC.

2.3.1.1 La simulation de la résistance à l'avancement sur route doit être effectuée de telle manière que cette opération en mode 4 roues motrices reproduise le même dosage de forces que lors de la conduite du véhicule sur un sol lisse, sec et plan.

2.3.1.2 Lors de l'installation initiale et après une opération d'entretien importante, les prescriptions du paragraphe 2.3.1.2.1 de la présente annexe et soit du paragraphe 2.3.1.2.2 soit du paragraphe 2.3.1.2.3 de la même annexe doivent être satisfaites. On évalue la différence de vitesse entre les rouleaux avant et arrière en appliquant un filtre à moyenne mobile sur 1 s aux données de vitesse des rouleaux à une fréquence minimale de 20 Hz.

2.3.1.2.1 La différence entre les distances parcourues par les rouleaux avant et arrière doit être inférieure à 0,2 % de la distance totale parcourue au cours du cycle WLTC. Le calcul de cette différence doit s'effectuer sur les sommes des valeurs absolues des distances parcourues par chaque rouleau.

2.3.1.2.2 La différence entre les distances respectivement parcourues en 200 ms par les rouleaux avant et arrière doit à tout moment être inférieure à 0,1 m.

2.3.1.2.3 La différence de vitesse entre les rouleaux doit toujours se situer dans les limites ± 0,16 km/h.

2.4 Étalonnage du banc à rouleaux

2.4.1 Système de mesure de la force

Les erreurs de mesure du capteur de force doivent être de ±10 N au maximum pour tout incrément mesuré. Cela doit être vérifié lors de l'installation initiale,

après toute opération d'entretien importante et dans les 370 jours précédant les essais.

2.4.2 Étalonnage des pertes parasites du banc à rouleaux

Les pertes parasites du banc à rouleaux doivent être mesurées et actualisées si une valeur mesurée s'écarte de plus de 9,0 N de la courbe de perte appliquée jusque-là. Cela doit être vérifié lors de l'installation initiale, après toute opération d'entretien importante et dans les 35 jours précédant les essais.

2.4.3 Vérification de la simulation de la résistance à l'avancement sur route sans véhicule

L'efficacité du banc doit être vérifiée en effectuant un essai de décélération en roue libre à vide lors de l'installation initiale, après toute opération d'entretien importante et dans les sept jours précédant les essais. L'erreur sur la force de décélération en valeur moyenne arithmétique doit être inférieure à 10 N ou 2 % à chaque point mesuré, la plus grande des deux valeurs étant retenue.

3. Système de dilution des gaz d'échappement

3.1 Description du système

3.1.1 Description générale

3.1.1.1 Une méthode de dilution du flux total doit être utilisée. La totalité des gaz d'échappement du véhicule doit être diluée de manière continue avec de l'air ambiant, dans des conditions contrôlées au moyen d'un système de prélèvement à volume constant. Un venturi-tuyère en régime critique (CFV), plusieurs venturis-tuyères à régime critique disposés en parallèle, une pompe volumétrique (PDP), un venturi-tuyère subsonique (SSV) ou un débitmètre ultrasonique (UFM) peuvent être utilisés. Le volume total du mélange de gaz d'échappement et d'air de dilution doit être mesuré et un échantillon proportionnel de ce volume doit être collecté de façon continue pour analyse. Les émissions massiques par constituant des gaz d'échappement sont déterminées d'après les concentrations dans l'échantillon, compte tenu de la concentration de ces gaz dans l'air de dilution et d'après le débit totalisé sur la durée de l'essai.

3.1.1.2 Le système de dilution des gaz d'échappement se compose d'un tuyau de raccordement, d'un dispositif de mélange, d'un tunnel de dilution, d'un dispositif de conditionnement de l'air de dilution, d'un dispositif d'aspiration et d'un dispositif de mesure du débit. Les sondes de prélèvement doivent être installées dans le tunnel de dilution comme indiqué aux paragraphes 4.1, 4.2 et 4.3 de la présente annexe.

3.1.1.3 Le dispositif de mélange mentionné au paragraphe 3.1.1.2 de la présente annexe est un réceptacle, tel que représenté sur la figure A5/3, dans lequel les gaz d'échappement du véhicule et l'air de dilution sont mélangés de façon à produire un mélange homogène au point de prélèvement.

3.2 Prescriptions générales

3.2.1 Les gaz d'échappement du véhicule doivent être dilués avec une quantité suffisante d'air ambiant pour empêcher une condensation d'eau dans le système de prélèvement et de mesure quelles que soient les conditions rencontrées lors des essais.

3.2.2 Le mélange d'air et de gaz d'échappement doit être homogène à la position des sondes de prélèvement (voir par. 3.3.3 de la présente annexe). Les sondes doivent prélever des échantillons représentatifs des gaz d'échappement dilués.

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

3.2.4 L'appareillage de prélèvement doit être étanche aux gaz. La conception du système de prélèvement à dilution variable et les matériaux dont il est constitué doivent être tels qu'ils n'affectent la concentration d'aucun constituant dans

les gaz d'échappement dilués. Si l'un des éléments de l'appareillage (échangeur de chaleur, séparateur à cyclone, dispositif d'aspiration, etc.) modifie la concentration de l'un quelconque des constituants des gaz d'échappement et que l'erreur systématique ne peut pas être corrigée, l'échantillon de ce constituant doit être prélevé en amont de cet élément.

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

3.2.6 Si le système d'échappement du véhicule d'essai est doté de plusieurs sorties, les tuyaux de raccordement doivent être reliés entre eux aussi près que possible du véhicule sans pour autant affecter négativement leur fonctionnement.

3.3 Prescriptions particulières

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

3.3.1.1 L'extrémité amont du tuyau de raccordement est la sortie du tuyau d'échappement. L'extrémité aval du tuyau est le point de prélèvement, ou premier point de dilution.

Dans les configurations à sorties d'échappement multiples dans lesquelles toutes les sorties sont réunies, l'extrémité amont du tuyau de raccordement peut être située au point le plus aval où toutes les sorties d'échappement sont réunies. En pareil cas, la partie du tuyau située entre la sortie d'échappement et l'extrémité la plus amont du tuyau de raccordement peut être ou ne pas être isolée ou chauffée.

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

3.3.1.3 Le tuyau de raccordement doit satisfaire aux prescriptions suivantes :

a) Sa longueur doit être inférieure à 3,6 m, ou à 6,1 m s'il est isolé thermiquement. Son diamètre intérieur ne peut dépasser 105 mm ; l'épaisseur des matériaux isolants doit être d'au moins 25 mm et leur conductivité thermique doit être inférieure ou égale à 0,1 $W/m^{-1}K^{-1}$ à 400 °C. Il est facultatif de chauffer le tube à une température supérieure au point de rosée, ce qui est réputé être le cas si le tube est chauffé à 70 °C ;

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

c) Aucun élément du tuyau de raccordement ne doit être fait d'un matériau susceptible de modifier la composition gazeuse ou solide des gaz d'échappement. Pour éviter la production de particules provenant de tuyaux de raccordement en élastomères, les élastomères utilisés doivent être aussi stables que possible thermiquement et leur contact avec les gaz d'échappement doit être aussi faible que possible. Il est recommandé de ne pas utiliser de tuyaux de raccordement en élastomères à la jonction entre l'échappement du véhicule et le tuyau de raccordement.

3.3.2 Conditionnement de l'air de dilution

3.3.2.1 On doit faire passer l'air de dilution utilisé pour la dilution primaire dans le tunnel du système de prélèvement à volume constant 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 1822:2009, c'est-à-dire à travers un dispositif qui satisfasse aux spécifications des filtres à très haute efficacité (filtres THE). Il est possible d'épurer l'air de dilution au charbon de bois avant de le faire passer dans le filtre THE, auquel cas il est recommandé de placer un filtre à particules grossières supplémentaire avant le filtre THE et après l'épurateur à charbon de bois.

3.3.2.2 À la demande du constructeur du véhicule, l'air de dilution peut être prélevé et analysé conformément aux règles de l'art pour déterminer la concentration de matières particulaires ambiantes dans le tunnel et, le cas échéant, les niveaux de particules qui y sont présentes, ces valeurs pouvant ensuite être soustraites des valeurs mesurées dans les gaz d'échappement dilués. Voir le paragraphe 2.1.3 de l'annexe 6.

3.3.3 Tunnel de dilution

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

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

3.3.3.3 Pour la mesure de la masse et du nombre des particules des particules, on utilise un tunnel de dilution. Ce tunnel doit :

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

b) Engendrer des turbulences (nombre de Reynolds ≥ 4 000) et être d'une longueur suffisante pour assurer le mélange complet des gaz d'échappement et de l'air de dilution ;

c) Être d'un diamètre d'au moins 200 mm ;

d) Pouvoir être isolé et/ou chauffé.

3.3.4 Dispositif d'aspiration

3.3.4.1 Ce dispositif peut avoir une gamme de vitesses fixes, de manière à maintenir un débit suffisant pour empêcher la condensation de l'eau. Ce résultat est réputé atteint si le débit est :

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

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

3.3.4.2 Le respect des prescriptions énoncées au paragraphe 3.3.4.1 de la présente annexe peut ne pas être nécessaire si le système de prélèvement à volume constant est conçu de manière à empêcher la condensation grâce à une technique ou combinaison de techniques telles que :

a) Réduction de la teneur en eau (déshumidification) de l'air de dilution ;

b) Chauffage de l'air de dilution et de tous les composants jusqu'à l'appareil de mesure du débit de gaz d'échappement dilués, ainsi que,

facultativement, du système de prélèvement par sacs, y compris les sacs de collecte et le système de mesure des concentrations dans les sacs.

En pareil cas, il convient de justifier la vitesse d'écoulement dans le système de prélèvement retenue pour l'essai en démontrant qu'aucune condensation d'eau ne peut se produire en un point quelconque du système de prélèvement, du dispositif de collecte par sacs ou du système d'analyse.

3.3.5 Mesure du volume dans le système de dilution primaire

3.3.5.1 La méthode de mesure du volume total de gaz d'échappement dilués appliquée dans le système de prélèvement à volume constant doit être telle que l'exactitude soit de ±2 % dans toutes les conditions de fonctionnement. Si le dispositif employé ne peut pas compenser les variations de température du mélange de gaz d'échappement et d'air de dilution au point de mesure, on doit utiliser un échangeur de chaleur pour maintenir la température dans une plage ne s'écartant pas de plus de ±6 °C de la température de fonctionnement prescrite dans le cas des systèmes de prélèvement par pompe volumétrique, de plus de ±11 °C dans le cas des systèmes de prélèvement par venturi-tuyère en régime critique, de plus de ±6 °C de la température de fonctionnement prescrite dans le cas des systèmes de prélèvement par débitmètre ultrasonique, et de plus de ±11 °C de la température de fonctionnement prescrite dans le cas des systèmes de prélèvement par venturi subsonique.

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

3.3.5.3 Un capteur de température doit être installé immédiatement en amont du dispositif de mesure du volume. L'exactitude de ce capteur doit être de ±1 °C, et son temps de réponse doit être de 0,1 s à 62 % d'une variation de température donnée (valeur mesurée dans de l'huile de silicone).

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

3.3.5.5 L'exactitude et la précision des mesures de pression au cours de l'essai doivent être de ±0,4 kPa. Voir le tableau A5/5.

3.3.6 Description du système recommandé

La figure A5/3 présente un schéma de principe d'un système recommandé de dilution des gaz d'échappement qui satisfait aux prescriptions de la présente annexe.

Les éléments suivants sont recommandés :

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

b) Un tuyau de raccordement, par lequel les gaz d'échappement du véhicule sont acheminés dans le tunnel de dilution ;

c) Le cas échéant, un échangeur de chaleur tel que décrit au paragraphe 3.3.5.1 de la présente annexe ;

d) Un dispositif de mélange, dans lequel les gaz d'échappement et l'air sont mélangés de façon homogène, et qui peut être placée à proximité du véhicule de manière à réduire au minimum la longueur du tuyau de raccordement ;

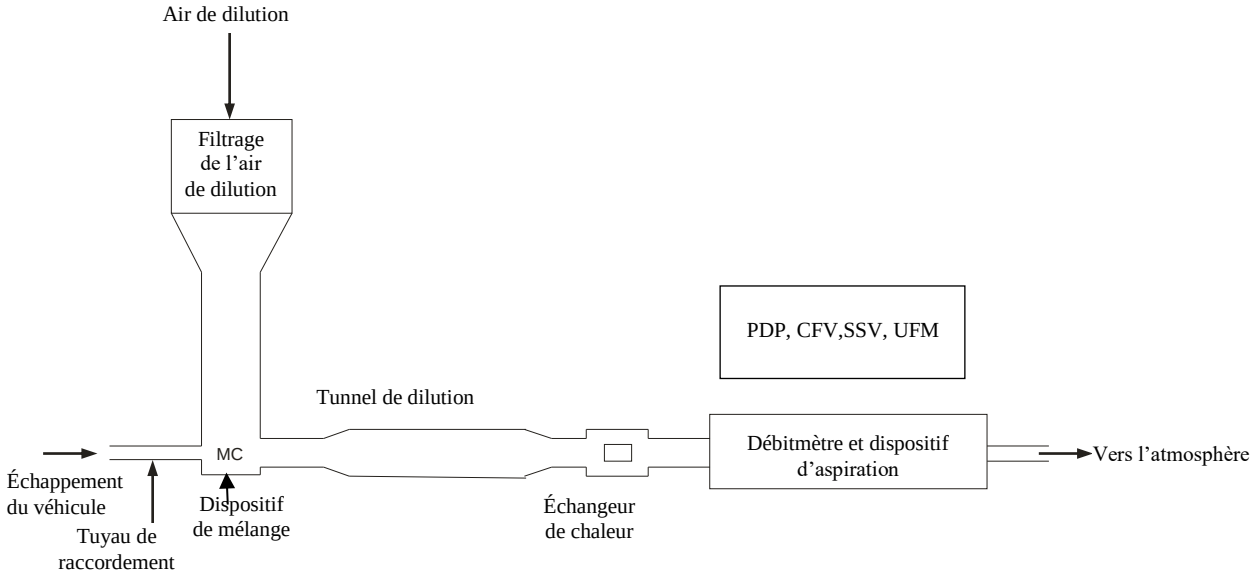
e) Un tunnel de dilution, dans lequel sont prélevés les échantillons de mesure des matières particulaires et, le cas échéant, des particules ;

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

g) Un dispositif d'aspiration d'une capacité suffisante pour traiter le volume total de gaz d'échappement dilués.

Il n'est pas obligatoire que l'installation soit rigoureusement conforme au schéma. On pourra utiliser divers éléments supplémentaires (appareils, vannes, solénoïdes ou interrupteurs) en vue de recueillir davantage d'informations ou de coordonner le fonctionnement des éléments du dispositif.

Figure A5/3
Système de dilution des gaz d'échappement



3.3.6.1 Pompe volumétrique (PDP)

Un système de dilution du flux total de gaz d'échappement à pompe volumétrique permettant de déterminer le débit de gaz traversant la pompe à température et pression constantes peut être utilisé pour satisfaire aux conditions formulées dans la présente annexe. La mesure du volume total est donnée par le nombre de tours accomplis par la pompe volumétrique, qui est étalonnée. L'échantillon proportionnel est prélevé à débit constant au moyen de la pompe, d'un débitmètre et d'une vanne de réglage du débit.

3.3.6.2 Venturi à régime critique (CFV)

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

3.3.6.2.2 L'emploi d'un venturi additionnel pour le prélèvement garantit la proportionnalité des échantillons gazeux prélevés dans le tunnel de dilution. La pression et la température étant égales aux entrées des deux venturis, le volume de gaz prélevé est proportionnel au volume total de mélange de gaz d'échappement dilués produit, et le système remplit donc les prescriptions énoncées à la présente annexe.

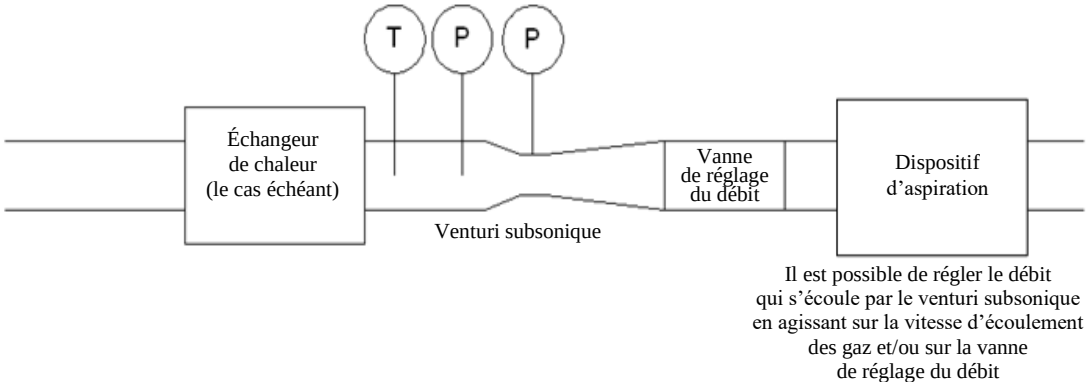
3.3.6.2.3 Un CFV employé à des fins de mesure sert à mesurer le débit volumique des gaz d'échappement dilués.

3.3.6.3 Venturi subsonique (SSV)

3.3.6.3.1 L'utilisation d'un SSV (fig. A5/4) dans un système de dilution du flux total de gaz d'échappement est une application des principes de la mécanique des fluides. Le débit variable du mélange d'air de dilution et de gaz d'échappement est maintenu à une vitesse subsonique calculée à partir des dimensions physiques du venturi subsonique, de la température (T) et de la pression (P) absolues à l'entrée du venturi, et de la pression dans le col du venturi. Le débit est contrôlé, calculé et intégré tout au long de l'essai.

3.3.6.3.2 Un SSV sert à mesurer le débit volumique des gaz d'échappement dilués.

Figure A5/4
Schéma d'un venturi subsonique (SSV)



3.3.6.4 Débitmètre ultrasonique (UFM)

3.3.6.4.1 Un UFM mesure la vitesse des gaz d'échappement dilués dans la tuyauterie du CVS en appliquant le principe de détection du débit ultrasonique au moyen d'une ou plusieurs paires d'émetteurs-détecteurs ultrasoniques montés dans le tuyau comme indiqué dans la figure A5/5. La vitesse du gaz est déterminée à partir de la différence de temps requis pour le déplacement du signal de l'émetteur vers le récepteur et pour le déplacement dans l'autre sens. La vitesse des gaz est convertie en débit volumique normalisé à l'aide d'un facteur d'étalonnage du diamètre du tube, corrigé en temps réel de la température des gaz d'échappement dilués et de la pression absolue.

3.3.6.4.2 Les éléments du système sont les suivants :

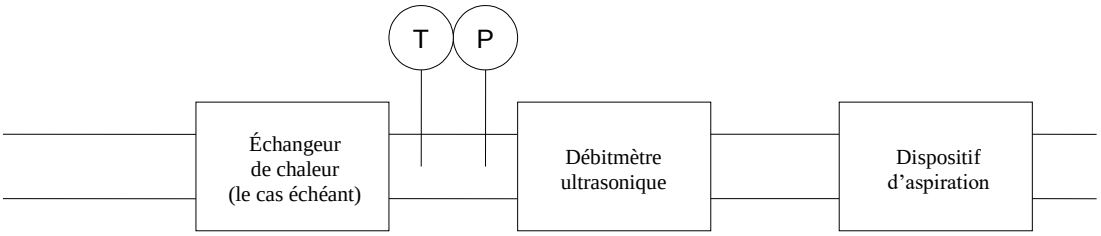
a) Un dispositif d'aspiration équipé d'une commande de vitesse, d'une vanne de réglage du débit ou de tout autre dispositif permettant de régler le débit du système de prélèvement à volume constant et de maintenir un débit volumique constant dans des conditions normales ;

b) Un UFM ;

c) Des dispositifs de mesure de la température et de la pression, T et P, nécessaires au réglage du débit ;

d) Le cas échéant, un échangeur de chaleur destiné à régler la température des gaz d'échappement dilués en amont de l'UFM suivant les prescriptions du paragraphe 3.3.5.1 de la présente annexe. Pendant tout l'essai, la température du mélange air/gaz d'échappement telle que mesurée immédiatement en amont du dispositif d'aspiration ne doit pas s'écarter de plus de ±6 °C de la valeur moyenne arithmétique de la température de fonctionnement pendant l'essai.

Figure A5/5
Schéma d'un débitmètre ultrasonique (UFM)



3.3.6.4.3 Les prescriptions suivantes s'appliquent à la conception et à l'utilisation d'un système de prélèvement à volume constant à débitmètre ultrasonique :

a) La vitesse des gaz d'échappement dilués doit donner un nombre de Reynolds supérieur à 4 000 afin de maintenir un écoulement turbulent uniforme en amont du débitmètre ultrasonique ;

b) Le débitmètre ultrasonique doit être installé dans un tuyau de diamètre constant et d'une longueur égale à 10 fois son diamètre interne vers l'amont, et à 5 fois ce diamètre vers l'aval ;

c) Un capteur de la température (T) des gaz d'échappement dilués doit être installé immédiatement en amont du débitmètre ultrasonique. L'exactitude de ce capteur doit être de ±1 °C et son temps de réponse à 62 % d'une variation de température donnée (valeur mesurée dans de l'huile de silicone) doit être de 0,1 s ;

d) La pression absolue (P) des gaz d'échappement dilués doit être mesurée immédiatement en amont du débitmètre ultrasonique, avec une erreur de mesure de ±0,3 kPa au maximum ;

e) Si aucun échangeur de chaleur n'est installé en amont du débitmètre ultrasonique, le débit d'écoulement des gaz d'échappement dilués, ramené à des conditions normales, doit être maintenu à un niveau constant pendant l'essai par réglage du dispositif d'aspiration ou d'une vanne de réglage du débit ou par tout autre moyen.

3.4 Étalonnage du système de prélèvement à volume constant

3.4.1 Prescriptions générales

3.4.1.1 On étalonne le système de prélèvement à volume constant en utilisant un débitmètre exact et un dispositif limitant le débit et en respectant les intervalles énumérés dans le tableau A5/4. On mesure le débit traversant le système à diverses valeurs de pression, ainsi que les paramètres de réglage du système, puis on détermine la relation de ces derniers avec le débit. Le dispositif de mesure du débit (venturi étalonné, débitmètre laminaire, débitmètre à turbine étalonné, par exemple) doit être de type dynamique et convenir pour les forts débits rencontrés dans l'utilisation du système de prélèvement à volume constant. Le dispositif doit être d'une exactitude certifiée.

3.4.1.2 On trouvera dans les paragraphes qui suivent une description des méthodes applicables pour l'étalonnage des appareils de prélèvement à pompe volumétrique, à venturi à régime critique, à venturi subsonique ou à débitmètre ultrasonique, fondées sur l'emploi d'un débitmètre laminaire offrant l'exactitude voulue et des informations sur une vérification statistique de la validité de l'étalonnage.

3.4.2 Étalonnage d'une pompe volumétrique (PDP)

3.4.2.1 La procédure d'étalonnage définie ci-après décrit l'appareillage, la configuration d'essai et les divers paramètres à mesurer pour déterminer le débit de la pompe du système de prélèvement. Tous les paramètres relatifs à la pompe doivent

être mesurés simultanément avec les paramètres relatifs au débitmètre raccordé en série à la pompe. On peut alors tracer la courbe du débit calculé (exprimé en m^3/min à l'entrée de la pompe, aux pression et température absolues mesurées), rapporté ensuite à une fonction de corrélation qui prend en compte les paramètres pertinents de la pompe. L'équation linéaire exprimant la relation entre le débit de la pompe et la fonction de corrélation est ensuite déterminée. Si la pompe du système de prélèvement est dotée de plusieurs vitesses d'entraînement, une opération d'étalonnage doit être exécutée pour chaque vitesse utilisée.

3.4.2.2 Cette procédure d'étalonnage est basée sur la mesure des valeurs absolues des paramètres de la pompe et du débitmètre concernant le débit en chaque point. Pour que l'exactitude et la continuité de la courbe d'étalonnage soient garanties, les conditions suivantes doivent être respectées.

3.4.2.2.1 Les pressions à l'intérieur de la pompe doivent être mesurées sur des piquages pratiqués sur le corps même de la pompe et non pas sur des tuyauteries externes raccordées à l'entrée et à la sortie de la pompe. Des piquages respectivement installés au point haut et au point bas de la plaque frontale d'entraînement de la pompe sont soumis aux pressions réelles régnant dans le carter de la pompe et les mesures qui sont effectuées sur ces piquages traduisent donc des écarts de pression absolus.

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

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

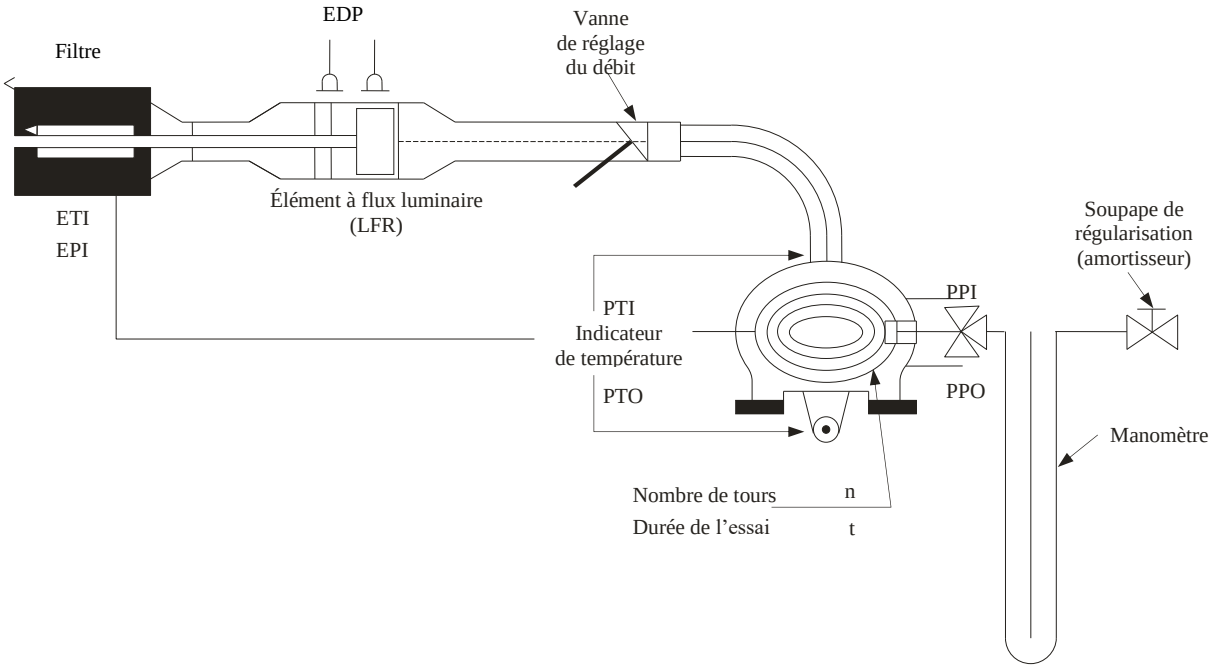
3.4.2.3 Au cours d'un essai de détermination des émissions d'échappement, les paramètres mesurés de la pompe sont utilisés pour calculer le débit d'après l'équation d'étalonnage.

3.4.2.4 La figure A5/6 de la présente annexe représente un exemple d'installation d'étalonnage. Des variantes offrant une exactitude comparable peuvent être admises, à condition qu'elles soient approuvées par l'autorité compétente.

Si l'on utilise l'installation décrite à la figure A5/6, les paramètres suivants doivent satisfaire aux tolérances d'exactitude ci-après :

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

Figure A5/6
Configuration d'étalonnage pour système de prélèvement à pompe volumétrique



3.4.2.5 Une fois réalisé le montage représenté à la figure A5/6, régler la vanne de réglage du débit à pleine ouverture et faire fonctionner la pompe du CVS pendant 20 min avant de commencer les opérations d'étalonnage.

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

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

3.4.2.5.3 Le débit d'air est ensuite converti en débit de la pompe V_0, exprimé en mètres cubes par tour (m^3/tr) à température et à pression absolues à l'entrée de la pompe :

$$V_0 = \frac{Q_s}{n} \times \frac{T_p}{273{,}15\ \mathrm{K}} \times \frac{101{,}325\ \text{кPa}}{P_p}$$

où :

V_0 est le débit de la pompe à T_p et P_p, en m^3/tr ;

Q_s est le débit d'air à 101,325 kPa et 273,15 K (0 °C), en m^3/min ;

T_p est la température à l'entrée de la pompe, en K ;

P_p est la pression absolue à l'entrée de la pompe, en kPa ;

n est la vitesse de rotation de la pompe, en min^{-1}.

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

$$x_0 = \frac{1}{n}\sqrt{\frac{\Delta P_P}{P_e}}$$

où :

x_0 est la fonction de corrélation ;

ΔP_p est l'écart de pression entre l'entrée et la sortie de la pompe, en kPa ;

P_e est la pression absolue à la sortie de la pompe (PPO + P_b), en kPa.

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

$$V_0 = D_0 - M \times x_0$$

$$n = A - B \times \Delta P_p$$

où B et M sont les constantes de pente, tandis que A et D_0 sont les ordonnées à l'origine.

3.4.2.6 Si le système de prélèvement est doté de plusieurs vitesses de fonctionnement, un étalonnage doit être exécuté pour chaque vitesse utilisée. Les courbes d'étalonnage obtenues pour ces vitesses doivent être sensiblement parallèles et les valeurs d'ordonnée à l'origine D_0 doivent croître à mesure que la plage de débit de la pompe décroît.

3.4.2.7 Les valeurs calculées au moyen de l'équation doivent se situer à ±0,5 % de la valeur mesurée de V_0. Les valeurs de M peuvent varier d'une pompe à l'autre. L'étalonnage doit être exécuté lors de l'installation initiale et après toute opération d'entretien importante.

3.4.3 Étalonnage d'un venturi-tuyère en régime critique (CFV)

3.4.3.1 L'étalonnage d'un venturi-tuyère en régime critique est fondé sur l'équation de débit suivante :

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

où :

Q_s est le débit, en m³/min ;

K_v est le coefficient d'étalonnage ;

P est la pression absolue, en kPa ;

T est la température absolue, en K.

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

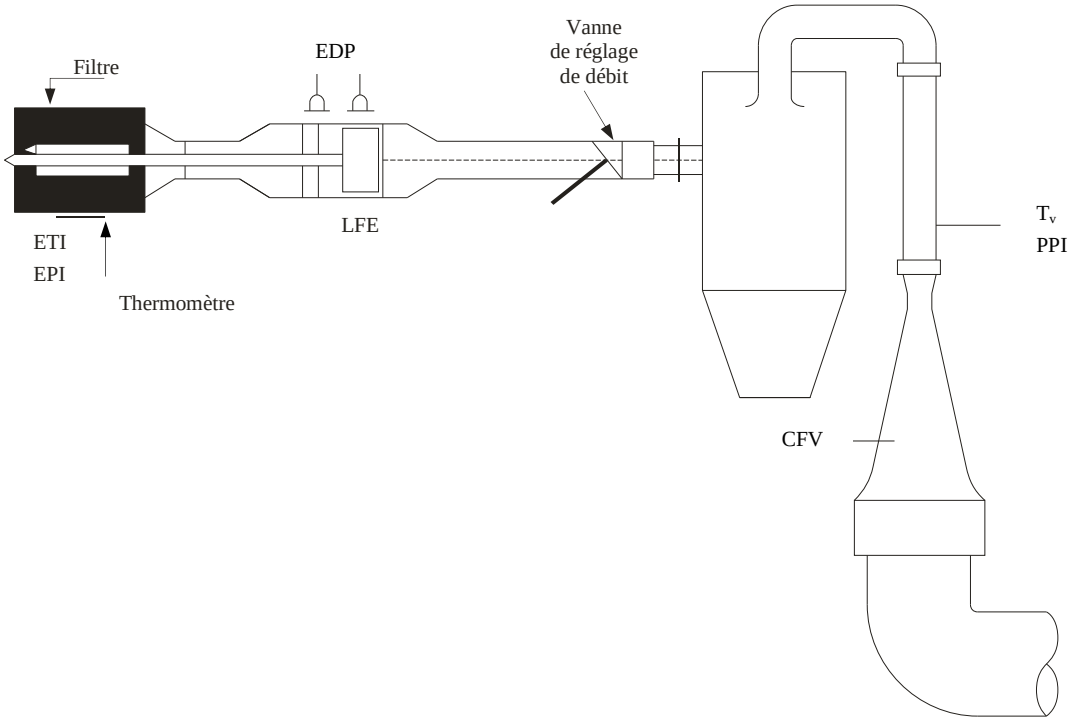
La procédure d'étalonnage décrite dans les paragraphes 3.4.3.2 à 3.4.3.3.3.4 de la présente annexe donne la valeur du coefficient d'étalonnage aux valeurs mesurées de pression, de température et de débit d'air.

3.4.3.2 Lors des mesures nécessaires pour l'étalonnage du débit du venturi-tuyère en régime critique, les paramètres suivants doivent satisfaire aux tolérances d'exactitude ci-après.

Pression barométrique (corrigée), P_b :	±0,03 kPa
Température de l'air à l'entrée de l'élément à flux laminaire, ETI :	±0,15 K
Dépression en amont de l'élément à flux laminaire, EPI :	±0,01 kPa
Chute de pression à travers la matrice de l'élément à flux laminaire, EDP :	±0,0015 kPa
Débit d'air, Q_s :	±0,5 %
Dépression à l'entrée du système de prélèvement, PPI :	±0,02 kPa
Température à l'entrée du venturi-tuyère, T_v :	±0,2 K

3.4.3.3 L'équipement doit être installé conformément à la figure A5/7 de la présente annexe et son étanchéité doit être contrôlée. Toute fuite existant entre le dispositif de mesure du débit et le venturi à régime critique affecterait gravement l'exactitude de l'étalonnage et doit donc être évitée.

Figure A5/7
Configuration d'étalonnage pour système de prélèvement à venturi-tuyère en régime critique



3.4.3.3.1 Régler la vanne de réglage du débit à pleine ouverture, mettre en marche le dispositif d'aspiration et laisser le système atteindre son régime stabilisé. Relever les valeurs données par tous les appareils.

3.4.3.3.2 Faire varier le réglage de la vanne de réglage du débit et exécuter au moins huit mesures réparties sur la plage d'écoulement critique du venturi.

3.4.3.3.3 On utilise les valeurs enregistrées lors de l'étalonnage pour déterminer les éléments ci-après.

3.4.3.3.3.1 Le débit d'air Q_s à chaque point d'essai est calculé d'après les valeurs de mesure du débitmètre, selon la méthode prescrite par le fabricant.

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

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

où :

Q_s est le débit d'air à 273,15 K (0 °C) et 101,325 kPa, en m^3/min ;

T_v est la température à l'entrée du venturi, en K ;

P_v est la pression absolue à l'entrée du venturi, en kPa.

3.4.3.3.3.2 Établir une courbe de K_v en fonction de la pression à l'entrée du venturi P_v. Pour un écoulement sonique, la valeur de K_v est relativement constante. À mesure que la pression décroît (c'est-à-dire que la dépression croît), le venturi se débloque et K_v décroît. Les variations de K_v ne sont pas utilisées pour effectuer de nouveaux calculs.

3.4.3.3.3.3 Pour un nombre minimal de huit points dans la région critique, calculer la valeur moyenne arithmétique de K_v et l'écart type.

3.4.3.3.3.4 Si l'écart type dépasse 0,3 % de la valeur moyenne arithmétique de K_v, il est nécessaire de prendre des mesures pour y remédier.

3.4.4 Étalonnage d'un venturi subsonique (SSV)

3.4.4.1 L'étalonnage d'un venturi subsonique est fondé sur l'équation du débit d'un venturi subsonique. Le débit de gaz est fonction de la pression à l'entrée et de la température et de la perte de pression entre l'entrée du venturi subsonique et le col.

3.4.4.2 Analyse des données

3.4.4.2.1 Le débit d'air Q_{SSV} à chaque réglage (minimum 16 réglages) doit être calculé en m^3/s normaux à partir des données du débitmètre suivant la méthode préconisée par le fabricant. Le coefficient de décharge C_d, doit être calculé à partir des données d'étalonnage pour chaque réglage, selon l'équation suivante :

$$C_d = \frac{Q_{SSV}}{d_V^2 \times p_p \times \sqrt{\left\{\frac{1}{T} \times \left(r_p^{1,426} - r_p^{1,713}\right) \times \left(\frac{1}{1 - r_D^4 \times r_p^{1.426}}\right)\right\}}}$$

où :

Q_{SSV} est le débit d'air en conditions normales (101,325 kPa, 273,15 K (0 °C)), en m^3/s ;

T est la température à l'entrée du venturi, en K ;

d_v est le diamètre du col du venturi, en m ;

r_p est le rapport de la pression au col du SSV à la pression statique absolue à l'entrée du SSV
$(1 - \frac{\Delta_p}{p_p})$;

r_D est le rapport du diamètre d_V du col du venturi au diamètre D de la tuyauterie d'entrée ;

C_d est le coefficient de décharge du SSV ;

p_p est la pression absolue à l'entrée du venturi, en kPa.

Pour déterminer la plage de débit subsonique, on tracera une courbe de C_d en fonction du nombre de Reynolds Re au col du SSV. Le nombre de Reynolds au col du SSV est calculé au moyen de l'équation suivante :

$$Re = A_1 \times \frac{Q_{SSV}}{d_V \times \mu}$$

où :

$$\mu = \frac{b \times T^{1,5}}{S + T}$$

A_1 = 25,55152, constante de conversion pour $(\frac{1}{m^3})(\frac{min}{s})(\frac{mm}{m})$;

Q_{SSV} est le débit d'air en conditions normales (101,325 kPa, 273,15 K (0 °C)), en m^3/s ;

d_v est le diamètre du col du SSV, en m ;

μ est la viscosité absolue ou dynamique du gaz, en kg/ms ;

b = $1,458 \times 10^6$ (constante empirique), en kg/ms $K^{0,5}$;

S = 110,4 (constante empirique), en K.

3.4.4.2.2 Étant donné que Q_{SSV} est un facteur d'entrée dans l'équation Re, on doit commencer les calculs par une approximation initiale pour la valeur Q_{SSV} ou C_d du venturi d'étalonnage, et procéder par itération jusqu'à ce que Q_{SSV} converge. La méthode de convergence doit être exacte à 0,1 % ou mieux.

3.4.4.2.3 Pour un minimum de 16 points dans la région du débit subsonique, les valeurs calculées de C_d à partir de l'équation d'ajustement de la courbe d'étalonnage résultante ne doivent pas s'écarter de plus de ±0,5 % de la valeur C_d mesurée pour chaque point d'étalonnage.

3.4.5 Étalonnage d'un débitmètre ultrasonique (UFM)

3.4.5.1 L'UFM doit être étalonné par rapport à un débitmètre de référence approprié.

3.4.5.2 Le débitmètre ultrasonique doit être étalonné avec la même configuration du système de prélèvement à débit constant (CVS) que celle utilisée dans la chambre d'essai (tuyauterie de gaz d'échappement dilués, dispositif d'aspiration). L'absence de fuites doit être vérifiée (voir fig. A5/8).

3.4.5.3 Dans le cas où le débitmètre ultrasonique n'est pas équipé d'un échangeur de chaleur, un dispositif de chauffage doit être installé pour conditionner le flux de gaz lors des opérations d'étalonnage.

3.4.5.4 Pour chaque réglage du débit du système de prélèvement qui sera utilisé, l'étalonnage doit être effectué à des températures allant de la température ambiante à la température maximale rencontrée au cours des essais du véhicule.

3.4.5.5 Pour l'étalonnage de l'appareillage électronique (capteurs de la température (T) et de la pression (P) du débitmètre ultrasonique, on suit la procédure recommandée par le fabricant.

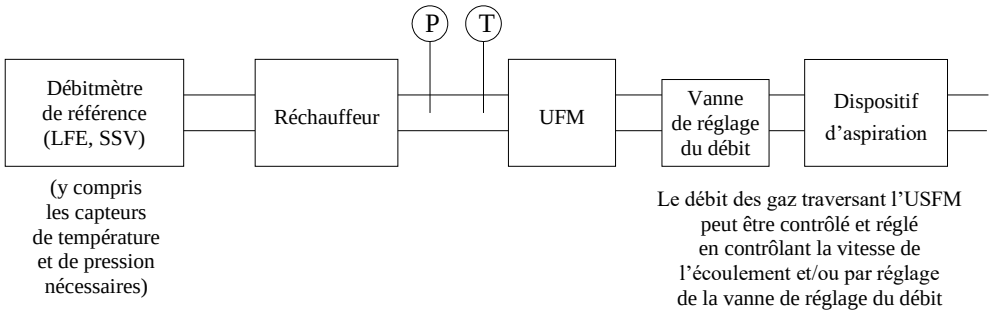
3.4.5.6 Lors des mesures nécessaires pour l'étalonnage du débit du débitmètre ultrasonique, les paramètres suivants (dans le cas d'un élément à flux laminaire) doivent satisfaire aux tolérances d'exactitude ci-après :

Pression barométrique (corrigée), P_b :	±0,03 kPa
Température de l'air à l'entrée de l'élément à flux laminaire, ETI :	±0,15 K
Dépression en amont de l'élément à flux laminaire, EPI :	±0,01 kPa
Chute de pression à travers la matrice de l'élément à flux laminaire, EDP :	±0,0015 kPa
Débit d'air, Q_s :	±0,5 %
Dépression à l'entrée du débitmètre ultrasonique, P_{act} :	±0,02 kPa
Température à l'entrée du débitmètre ultrasonique T_{act} :	±0,2 K

3.4.5.7 Procédure

3.4.5.7.1 Installer l'équipement conformément à la figure A5/8 de la présente annexe et contrôler l'étanchéité. Toute fuite existant entre le dispositif de mesure du débit et le débitmètre ultrasonique affecterait gravement l'exactitude de l'étalonnage.

Figure A5/8
Configuration d'étalonnage pour système de prélèvement à débitmètre ultrasonique



3.4.5.7.2 Mettre en route le dispositif d'aspiration. Ajuster sa vitesse et/ou la vanne de réglage du débit de manière qu'ils fournissent le débit de consigne pour la validation, et laisser le système atteindre son régime stabilisé. Relever les données de tous les instruments.

3.4.5.7.3 Dans le cas où le système de prélèvement à débitmètre ultrasonique n'est pas équipé d'un échangeur de chaleur, faire fonctionner le réchauffeur de manière à élever la température de l'air d'étalonnage, le laisser atteindre son régime stabilisé et enregistrer les données fournies par tous les instruments. La température doit être augmentée progressivement jusqu'à ce que soit atteinte la température maximale des gaz d'échappement dilués prévue pour les essais de mesure des émissions.

3.4.5.7.4 Éteindre ensuite le réchauffeur et ajuster la vitesse du dispositif d'aspiration et/ou la vanne de réglage du débit sur le débit de consigne suivant susceptible d'être utilisé pour les essais de mesure des émissions des véhicules et répéter ensuite la séquence d'étalonnage.

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

$$K_v = \frac{Q_{reference}}{Q_s}$$

où :

Q_s est le débit d'air en conditions normales (101,325 kPa, 273,15 K (0 °C)), en m^3/s ;

$Q_{reference}$ est le débit d'air dans le débitmètre de référence utilisé pour l'étalonnage, en conditions normales (101,325 kPa, 273,15 K (0 °C)), en m^3/s ;

K_v est le coefficient d'étalonnage.

Dans le cas des systèmes de prélèvement à débitmètre ultrasonique non équipés d'un échangeur de chaleur, on doit établir la courbe de K_v en fonction de T_{act}.

La variation maximale de K_v ne doit pas s'écarter de plus de 0,3 % de la valeur moyenne arithmétique de K_v dans l'ensemble des mesures effectuées à différentes températures.

3.5 Procédure de vérification du système

3.5.1 Prescriptions générales

3.5.1.1 On détermine l'exactitude globale de l'appareillage de prélèvement à volume constant et du système d'analyse en introduisant une masse connue d'un composé gazeux dans le système alors que celui-ci fonctionne dans les conditions d'un essai normal ; ensuite, on exécute l'analyse et on calcule la

masse du composé gazeux selon les formules de l'annexe 7. La méthode de l'orifice à régime critique (par. 3.5.1.1.1 de la présente annexe) et la méthode gravimétrique (par. 3.5.1.1.2 de la présente annexe) sont réputées fournir une exactitude suffisante.

L'écart maximal admis entre la quantité de gaz introduite et la quantité de gaz mesurée est de ±2 %.

3.5.1.1.1 Méthode de l'orifice à régime critique

La méthode de l'orifice à régime critique permet de mesurer un débit constant de gaz pur (CO, CO_2 ou C_3H_8) à l'aide d'un dispositif muni d'un orifice à régime critique.

Une masse déterminée de gaz pur (monoxyde de carbone, dioxyde de carbone ou propane) est introduite dans le système de prélèvement par l'orifice à régime critique étalonné. Si la pression d'entrée est suffisamment élevée, le débit q, limité au moyen de l'orifice à régime critique, est indépendant de la pression de sortie de l'orifice (conditions d'écoulement critique). On fait fonctionner le système de prélèvement comme pour un essai normal de mesure des émissions d'échappement et un temps suffisant est alloué à l'analyse effectuée ensuite. On analyse à l'aide du dispositif habituel les gaz recueillis dans le sac de collecte (voir par. 4.1 de la présente annexe) et on compare les résultats obtenus à la teneur des échantillons de gaz connus. Si les écarts observés dépassent ±2 %, la cause de l'anomalie doit être déterminée et supprimée.

3.5.1.1.2 Méthode gravimétrique

La méthode gravimétrique permet de mesurer une quantité de gaz pur (CO, CO_2 ou C_3H_8).

On utilise une petite bouteille remplie de monoxyde de carbone pur, de dioxyde de carbone ou de propane purs, dont on détermine la masse avec une précision de ±0,01 g. On fait fonctionner le système de prélèvement dans les conditions d'un essai normal de détermination des émissions d'échappement, tout en injectant le gaz pur dans le système pendant un temps suffisant pour l'analyse ultérieure. On détermine la quantité de gaz pur introduite dans l'appareillage en mesurant la différence de poids de la bouteille. On analyse ensuite le gaz recueilli dans le sac avec l'appareillage normalement utilisé pour l'analyse des gaz d'échappement comme indiqué au paragraphe 4.1 de la présente annexe. On compare alors les résultats aux valeurs de concentration calculées précédemment. Si les écarts observés dépassent ±2 %, la cause de l'anomalie doit être déterminée et supprimée.

4. Appareillage de mesure des émissions

4.1 Appareillage de mesure des émissions gazeuses

4.1.1 Vue d'ensemble du système

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

4.1.1.2 La masse des émissions gazeuses est déterminée d'après les concentrations de l'échantillon proportionnel et le volume total mesuré pendant l'essai. Les concentrations de l'échantillon sont corrigées en fonction des concentrations des composés respectifs dans l'air de dilution.

4.1.2 Prescriptions concernant le système de prélèvement

4.1.2.1 L'échantillon de gaz d'échappement dilués est prélevé en amont du dispositif d'aspiration.

À l'exception des dispositions prévues aux paragraphes 4.1.3.1 (système de prélèvement d'hydrocarbures), 4.2 (appareillage de mesure de la masse des particules émises) et 4.3 (appareillage de mesure du nombre de particules

émises) de la présente annexe, l'échantillon de gaz d'échappement dilués peut être prélevé en aval des dispositifs de conditionnement (s'ils existent).

4.1.2.2 Le débit dérivé vers les sacs du système de prélèvement doit être réglé de manière à fournir des volumes d'air de dilution et de gaz d'échappement dilués suffisants pour permettre de mesurer les concentrations. Le débit des gaz d'échappement dilués dérivé vers les sacs ne doit pas dépasser 0,3 % du débit total, sauf à ajouter le volume des gaz remplissant les sacs au volume total des gaz traversant le système de prélèvement.

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

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

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

4.1.2.6 Les matériaux constitutifs des appareils servant aux opérations de prélèvement doivent être tels qu'ils ne modifient pas la concentration des constituants des émissions d'échappement.

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

4.1.2.8 Les différentes vannes employées pour diriger les gaz de prélèvement doivent être à réglage et à action rapides.

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

4.1.2.10 Stockage des échantillons

4.1.2.10.1 Les échantillons de gaz sont recueillis dans des sacs de collecte qui doivent avoir une capacité suffisante pour ne pas réduire le débit de prélèvement.

4.1.2.10.2 Les sacs doivent être faits d'un matériau qui ne modifie pas de plus de ±2 % après 30 min les mesures elles-mêmes ni la composition chimique des échantillons de gaz (films composites de polyéthylène polyamide ou de polyhydrocarbures fluorés, par exemple).

4.1.3 Systèmes de prélèvement

4.1.3.1 Systèmes de prélèvement d'hydrocarbures (détecteur à ionisation de flamme chauffé, HFID)

4.1.3.1.1 Le système de prélèvement d'hydrocarbures se compose d'une sonde, une conduite, un filtre et une pompe de prélèvement chauffés. L'échantillon doit être prélevé en amont de l'échangeur de chaleur (s'il en existe un). La sonde de prélèvement doit être mise en place à la même distance de l'orifice d'entrée des gaz d'échappement que la sonde de prélèvement pour la mesure des particules et de façon à éviter toute interaction entre prélèvements. Son diamètre intérieur doit être d'au moins 4 mm.

4.1.3.1.2 Tous les éléments chauffés doivent être maintenus par le système de chauffage à une température de 190 °C ±10 °C.

4.1.3.1.3 La valeur moyenne arithmétique de la concentration des hydrocarbures mesurés est déterminée par intégration des données obtenues seconde après seconde divisées par la durée de la phase ou de l'essai.

4.1.3.1.4 La conduite doit être munie d'un filtre chauffé F_H retenant 99 % des particules de taille supérieure ou égale à 0,3 µm, de manière à extraire les particules solides du flux continu de gaz utilisé pour l'analyse.

4.1.3.1.5 Le temps de réponse du système de prélèvement (de la sonde à l'entrée de l'analyseur) ne doit pas être supérieur à 4 s.

4.1.3.1.6 Le détecteur à ionisation de flamme chauffé (HFID) doit être utilisé avec système à débit-masse constant (échangeur de chaleur) pour assurer un prélèvement représentatif, à moins qu'il n'existe un système permettant de compenser les variations de débit volumique des CVS.

4.1.3.2 Systèmes de prélèvement de monoxyde d'azote (NO) ou de dioxyde d'azote (NO_2) (le cas échéant)

4.1.3.2.1 Un flux continu d'échantillon de gaz d'échappement dilués doit être fourni à l'analyseur.

4.1.3.2.2 La valeur moyenne arithmétique de la concentration de NO ou de NO_2 doit être déterminée par intégration des données obtenues seconde après seconde divisées par la durée de la phase ou de l'essai.

4.1.3.2.3 La mesure continue de NO ou de NO_2 doit être effectuée à l'aide d'un système à débit constant (à échangeur de chaleur) de manière à garantir la représentativité du prélèvement, à moins qu'il n'existe un système permettant de compenser les variations de débit volumique des CVS.

4.1.4 Analyseurs

4.1.4.1 Prescriptions générales concernant l'analyse des gaz

4.1.4.1.1 L'étendue de mesure de l'analyseur doit être compatible avec l'exactitude requise pour la mesure des concentrations de constituants dans les échantillons de gaz d'échappement.

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

4.1.4.1.3 L'analyse de l'échantillon d'air ambiant est exécutée à l'aide du même analyseur et sur la même gamme de mesures que celle de l'échantillon correspondant de gaz d'échappement dilués.

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

4.1.4.2 Analyse du monoxyde de carbone (CO) et du dioxyde de carbone (CO_2)

Les analyseurs doivent être du type non dispersif à absorption dans l'infrarouge.

4.1.4.3 Analyse des hydrocarbures (HC) pour tous les carburants autres que le gazole

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

4.1.4.4 Analyse des hydrocarbures (HC) pour le gazole et facultativement pour les autres carburants

L'analyseur doit être du type détecteur à ionisation de flamme chauffé, dans lequel le détecteur, les vannes, les tuyauteries, etc., sont chauffés à 190 °C ±10 °C. Il est étalonné au propane exprimé en équivalent d'atomes de carbone (C_1).

4.1.4.5 Analyse du méthane (CH_4)

L'analyseur doit être soit un chromatographe gazeux couplé à un détecteur à ionisation de flamme (FID), soit un détecteur à ionisation de flamme couplé à un convertisseur d'hydrocarbures non méthaniques (NMC-FID), et doit être étalonné au méthane ou au propane exprimé en équivalent atomes de carbone (C_1).

4.1.4.6 Analyse des oxydes d'azote (NO_x)

L'analyseur doit être soit du type détecteur à chimiluminescence à absorption (CLA) soit du type analyseur non dispersif à absorption de résonance dans l'ultraviolet (NDUV).

4.1.4.7 Analyse du monoxyde d'azote (NO) (le cas échéant)

L'analyseur doit être soit du type détecteur à chimiluminescence (CLA) soit du type analyseur non dispersif à absorption de résonance dans l'ultraviolet (NDUV).

4.1.4.8 Analyse du dioxyde d'azote (NO_2) (le cas échéant)

4.1.4.8.1 Mesure du NO à partir de gaz d'échappement dilués de manière continue

4.1.4.8.1.1 Un analyseur du type par chimiluminescence (ACL) peut être utilisé pour mesurer en continu la concentration de NO dans les gaz d'échappement dilués.

4.1.4.8.1.2 L'analyseur à chimiluminescence (ACL) doit être étalonné (mis à zéro/étalonné) en mode NO d'après la concentration de NO certifiée dans la bouteille contenant le gaz d'étalonnage, sans faire fonctionner le convertisseur de NO_x (s'il en existe un).

4.1.4.8.1.3 La concentration de NO_2 doit être déterminée en soustrayant la concentration de NO de la concentration de NO_x dans les sacs de collecte du système de prélèvement.

4.1.4.8.2 Mesure du NO_2 à partir d'échantillon dilués en continu

4.1.4.8.2.1 Un analyseur de NO_2 spécifique (analyseur de gaz dans l'ultraviolet non dispersif ou laser à cascade quantique à source infrarouge) peut être utilisé pour mesurer en continu la concentration de NO_2 dans les gaz d'échappement dilués.

4.1.4.8.2.2 L'analyseur doit être étalonné (mis à zéro/étalonné) en mode NO_2 d'après la concentration de NO_2 certifiée dans la bouteille contenant le gaz d'étalonnage.

4.1.4.9 Analyse du protoxyde d'azote (N_2O) à l'aide d'un chromatographe en phase gazeuse couplé à un détecteur à capture d'électrons (le cas échéant)

Un chromatographe en phase gazeuse couplé à un détecteur à capture d'électrons (CG-ECD) peut être utilisé pour mesurer les concentrations de N_2O dans les gaz d'échappement dilués par prélèvement par lots de sacs de gaz d'échappement et d'air ambiant. Se reporter au paragraphe 7.2 de la présente annexe.

4.1.4.10 Analyse du protoxyde d'azote (N_2O) à l'aide d'un appareil à spectrométrie d'absorption infrarouge (le cas échéant)

L'analyseur doit être un spectromètre laser infrarouge de la catégorie des analyseurs infrarouge haute résolution à bande étroite à modulation de phase (par exemple, laser à cascade quantique). Il est également possible d'utiliser un analyseur non dispersif dans l'infrarouge (NDIR) ou un analyseur infrarouge à transformée de Fourier (FTIR), mais il conviendra de tenir compte de l'interférence due à l'eau, au CO et au CO_2.

4.1.4.10.1 Si l'analyseur réagit à une interférence due à des composés présents dans l'échantillon, cette interférence doit être corrigée. L'ensemble des interférences doit rester dans les limites de 0,0 ±0,1 ppm.

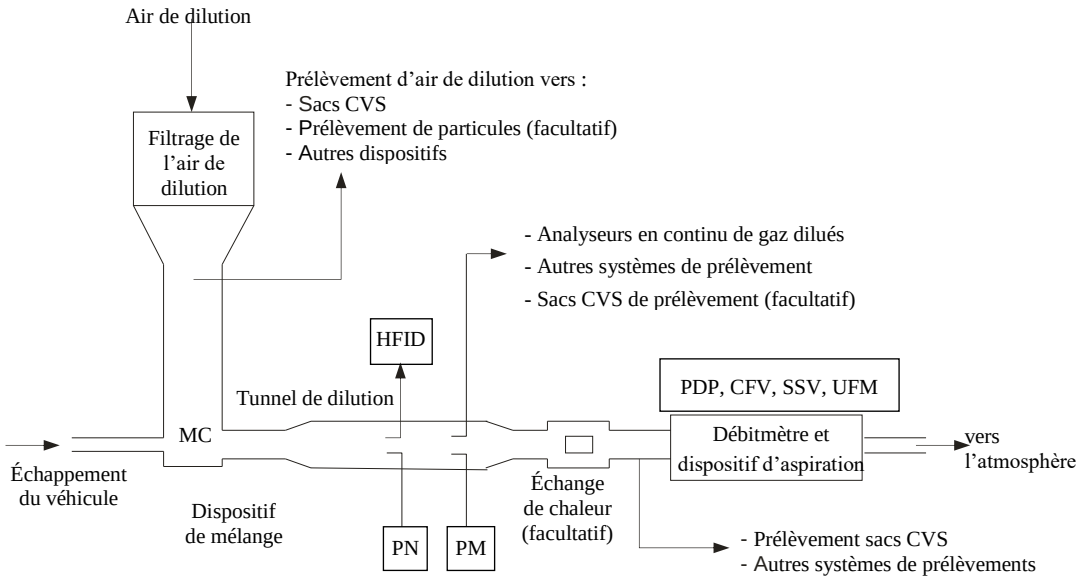
4.1.4.11 Analyse de l'hydrogène (H_2) (le cas échéant).

L'analyseur doit être un spectromètre de masse à secteur.

4.1.5 Description du système recommandé

4.1.5.1 La figure A5/9 est un schéma de principe du système de prélèvement des émissions gazeuses.

Figure A5/9
Schéma de principe d'un système de dilution en circuit principal



4.1.5.2 Le système peut être composé par exemple des éléments énumérés ci-dessous.

4.1.5.2.1 Deux sondes de prélèvement permettant de prélever en continu un échantillon de l'air de dilution et du mélange dilué gaz d'échappement/air.

4.1.5.2.2 Un filtre destiné à extraire les particules solides des gaz prélevés aux fins d'analyse.

4.1.5.2.3 Des pompes et un régulateur de débit destiné à maintenir constant, au cours de l'essai, le débit du prélèvement de gaz par les sondes de prélèvement ; ce débit doit être tel que, à la fin de l'essai, on dispose d'échantillons suffisants pour l'analyse.

4.1.5.2.4 Des vannes à action rapide servant à diriger le débit constant de gaz soit vers les sacs de prélèvements d'échantillons, soit vers l'atmosphère.

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

4.1.5.2.6 Des sacs destinés à la collecte des échantillons de gaz d'échappement dilués et d'air de dilution pendant l'essai.

4.1.5.2.7 Un venturi à régime critique destiné au prélèvement d'échantillons proportionnels de gaz d'échappement dilués (systèmes CFV-CVS uniquement).

4.1.5.3 Les éléments supplémentaires nécessaires pour l'échantillonnage d'hydrocarbures à l'aide d'un détecteur à ionisation de flamme chauffé (HFID), tels qu'indiqués sur la figure A5/10.

4.1.5.3.1 Une sonde de prélèvement chauffée dans le tunnel de dilution, située dans le même plan vertical que les sondes de mesure des matières particulaires et, le cas échéant de particules.

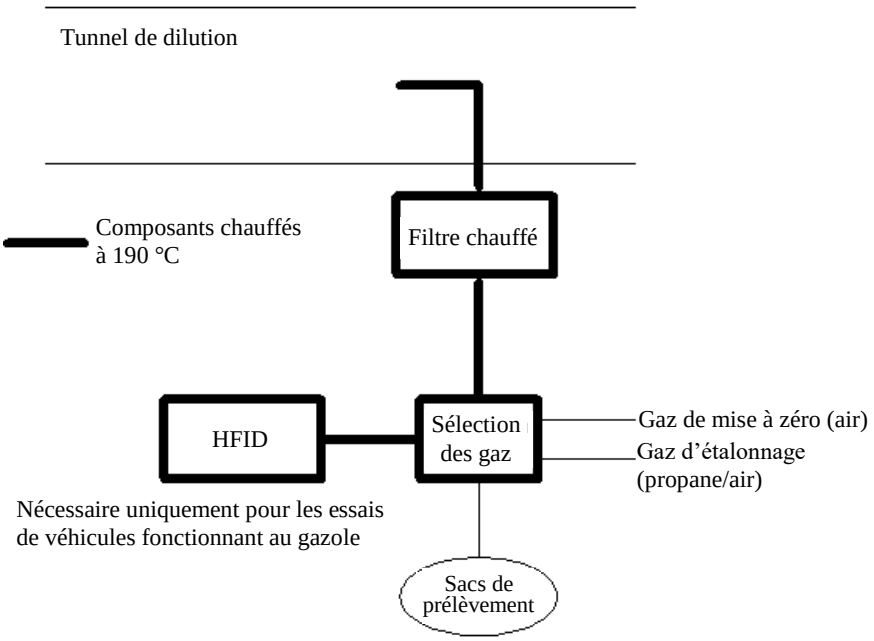
4.1.5.3.2 Un filtre chauffé situé après le point de prélèvement et avant le HFID.

4.1.5.3.3 Des vannes de sélection chauffées entre les arrivées de gaz de mise à zéro et de gaz d'étalonnage et le HFID.

4.1.5.3.4 Un dispositif destiné à intégrer et enregistrer les concentrations instantanées d'hydrocarbures.

4.1.5.3.5 Des conduites de prélèvement chauffées et autres éléments chauffés reliant la sonde chauffée au HFID.

Figure A5/10
Composants requis pour le prélèvement d'hydrocarbures en utilisant un détecteur à ionisation de flamme chauffé



4.2 Appareillage de mesure de la masse des particules émises

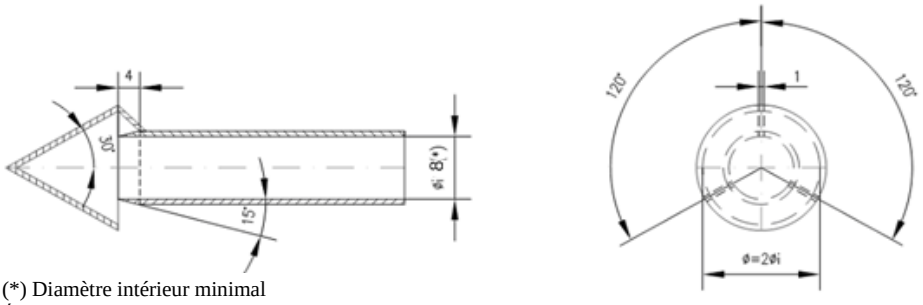
4.2.1 Description

4.2.1.1 Vue d'ensemble du système

4.2.1.1.1 Le dispositif de prélèvement de l'échantillon de mesure des particules se compose d'une sonde de prélèvement (PSP) située dans le tunnel de dilution, d'un tube de transfert des échantillons de particules (PTT), d'un porte-filtre (FH), d'une ou plusieurs pompes, de régulateurs de débit et de dispositifs de mesure. Voir les figures A5/11, A5/12 et A5/13.

4.2.1.1.2 Un séparateur primaire PCF (séparateur à impact ou cyclone, par exemple) peut être utilisé. Dans ce cas, il est recommandé de l'utiliser en amont du porte-filtre.

Figure A5/11
Autre configuration possible pour une sonde de prélèvement de particules



(*) Diamètre intérieur minimal
Épaisseur de la paroi ~ 1mm − Matériau : acier inoxydable

4.2.1.2 Prescriptions générales

4.2.1.2.1 La sonde de prélèvement du flux de gaz pour l'essai de mesure des particules doit être disposée dans le tunnel de dilution de façon à permettre le prélèvement d'un flux de gaz représentatif du mélange homogène air/gaz d'échappement, et doit être située en amont de l'échangeur de chaleur (s'il en existe un).

4.2.1.2.2 Le débit de l'échantillon de mesure des particules doit être proportionnel au débit-masse total de gaz d'échappement dilués dans le tunnel de dilution, avec une tolérance de ±5 %. Le contrôle de cette proportionnalité doit être effectué lors de la mise en service du système et sur demande de l'autorité compétente.

4.2.1.2.3 Les gaz d'échappement dilués prélevés doivent être maintenus à une température supérieure à 20 °C et inférieure à 52 °C dans la section comprise entre 20 cm en amont et 20 cm en aval de la surface d'entrée du filtre de collecte des particules. Pour y parvenir, il est permis de chauffer ou d'isoler les éléments du système de prélèvement de particules.

Dans le cas où la limite de 52 °C serait dépassée lors d'un essai au cours duquel le processus de régénération périodique ne s'est pas produit, il convient soit d'augmenter le débit du système de prélèvement soit d'appliquer une double dilution (ce qui implique que le débit soit déjà suffisant pour ne pas provoquer de condensation dans le système de prélèvement, les sacs de collecte ou le système d'analyse).

4.2.1.2.4 L'échantillon de mesure des particules doit être prélevé sur un seul filtre monté sur un porte-filtre dans le flux de gaz d'échappement dilués prélevés.

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

4.2.1.2.6 S'il n'est pas possible de compenser les variations de débit, on doit prévoir un échangeur de chaleur et un dispositif de régulation des températures possédant les caractéristiques spécifiées aux paragraphes 3.3.5.1 ou 3.3.6.4.2 de la présente annexe de façon à garantir la stabilité du débit dans le système et donc la proportionnalité du débit de prélèvement.

4.2.1.2.7 Les températures prescrites pour la mesure de la masse des particules doivent être mesurées avec une exactitude de ±1 °C et un temps de réponse (t_{90} - t_{10}) ne dépassant pas 15 s.

4.2.1.2.8 Le débit de l'échantillon dans le tunnel de dilution doit être mesuré avec une exactitude de ±2,5 % de la valeur indiquée ou de ±1,5 % de la plage de mesure maximale, la valeur la plus basse étant retenue.

L'exactitude du débit spécifiée ci-dessus de l'échantillon de matière particulaire dans le tunnel de dilution s'applique également lorsque l'on applique une double dilution. Par conséquent, la mesure et le réglage du débit d'air de dilution secondaire et de gaz d'échappement dilués à travers le filtre doivent être d'une exactitude supérieure.

4.2.1.2.9 Toutes les données nécessaires à la mesure de la masse des particules doivent être enregistrées à une fréquence de 1 Hz ou plus. En règle générale, il s'agit des éléments suivants :

a) La température des gaz d'échappement dilués au droit du filtre à particules ;

b) Le débit de prélèvement de l'échantillon ;

c) Le débit d'air de dilution secondaire (s'il est fait recours à une dilution secondaire) ;

d) La température de l'air de dilution secondaire (s'il est fait recours à une dilution secondaire).

4.2.1.2.10 Dans le cas de systèmes à double dilution, l'exactitude du débit de gaz d'échappement dilués transférés du tunnel de dilution V_{ep} définie dans l'équation figurant au paragraphe 3.3.2 de l'annexe 7 n'est pas mesurée directement mais déterminée par la différence entre les débits.

L'exactitude des débitmètres utilisés pour la mesure et le réglage du débit des gaz d'échappement doublement dilués traversant les filtres de prélèvement des particules ainsi que pour la mesure et le réglage du débit de l'air de dilution secondaire doit être suffisante pour que le volume différentiel V_{ep} réponde aux conditions d'exactitude et de proportionnalité de l'échantillonnage prescrites pour une dilution simple.

La prescription selon laquelle il ne doit pas se produire de condensation des gaz d'échappement dans le tunnel de dilution du système de prélèvement à volume constant, dans le système de mesure du débit des gaz d'échappement dilués, dans les sacs d'échantillonnage du système de prélèvement à volume constant et dans les systèmes d'analyse est également applicable dans le cas où des systèmes à double dilution sont utilisés.

4.2.1.2.11 Tout débitmètre utilisé dans un système de prélèvement d'échantillons de particules ou dans un système à double dilution doit être soumis à une vérification de la linéarité telle que spécifiée par le fabricant.

Figure A5/12
Système de prélèvement d'échantillons de particules

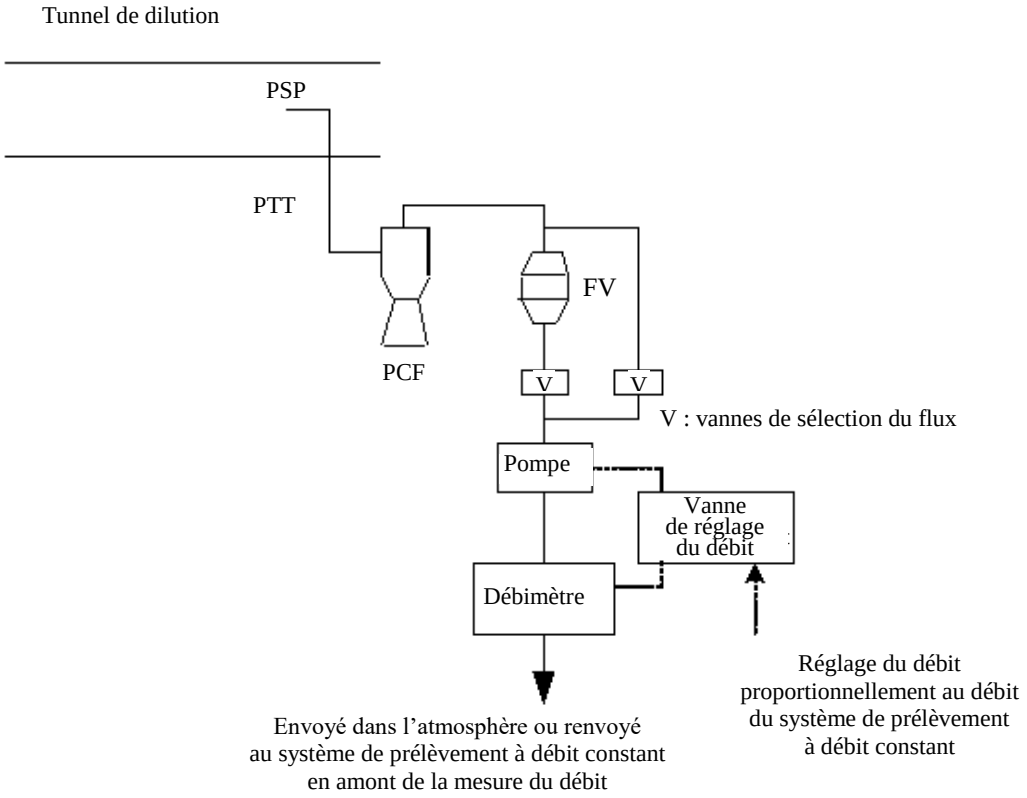
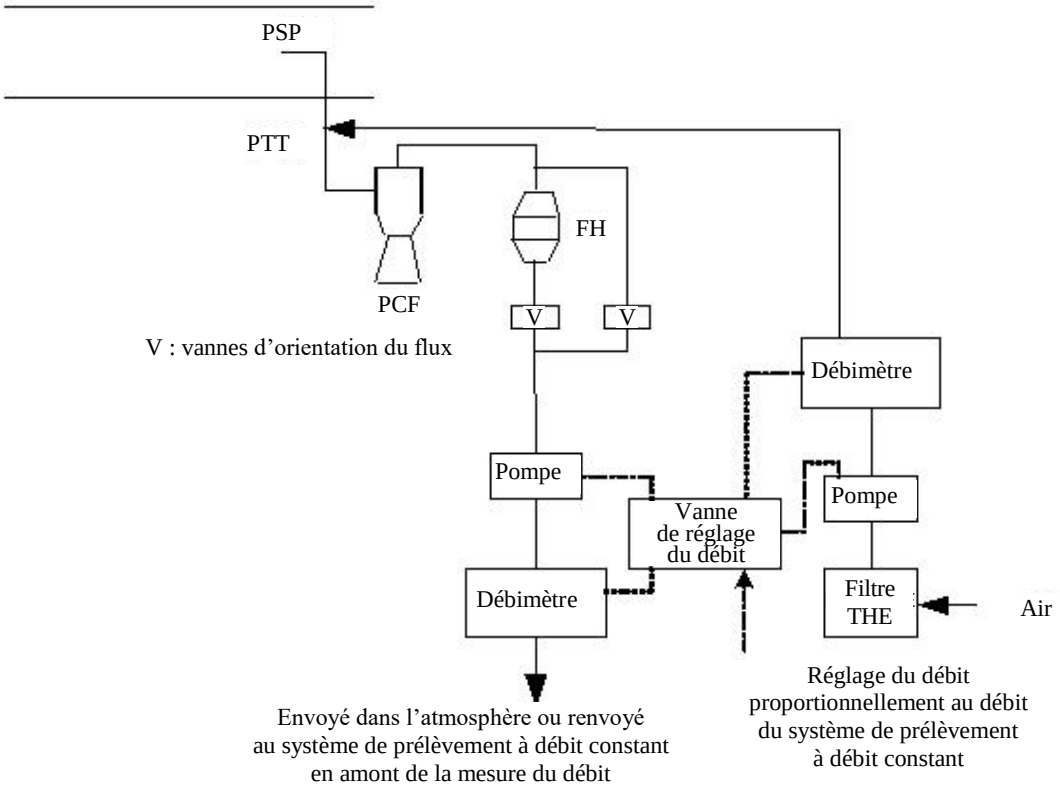


Figure A5/13
Système de prélèvement d'échantillons de particules à double dilution



4.2.1.3 Prescriptions particulières

4.2.1.3.1 Sonde de prélèvement

4.2.1.3.1.1 L'efficacité de la sonde de prélèvement en matière de classification granulométrique des particules doit être conforme aux prescriptions du paragraphe 4.2.1.3.1.4 de la présente annexe. Pour parvenir à cette efficacité, il est recommandé d'utiliser une sonde à arêtes vives et à tube ouvert vers l'amont ainsi qu'un séparateur primaire (type pot à poussières ou cyclone, etc.). On peut également utiliser une sonde de prélèvement telle celle décrite à la figure A5/11, à condition que son efficacité en matière de classification primaire soit conforme aux prescriptions du paragraphe 4.2.1.3.1.4 de la présente annexe.

4.2.1.3.1.2 La sonde de prélèvement doit être installée en aval de l'entrée des gaz d'échappement dans le tunnel, à une distance au moins égale à 10 diamètres du tunnel. Son diamètre intérieur doit être d'au moins 8 mm.

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

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

4.2.1.3.1.3 La distance entre la pointe de la sonde de prélèvement et le porte-filtre doit être au moins égale à cinq diamètres de la sonde, sans toutefois dépasser 2 000 mm.

4.2.1.3.1.4 Le séparateur granulométrique primaire (par exemple, type pot à poussières ou cyclone) doit être placé en amont du porte-filtre. Son point de coupure à 50 % doit être compris entre 2,5 µm et 10 µm au débit volumique choisi pour le prélèvement des particules. Le séparateur primaire doit laisser au moins 99 % de la concentration massique de particules de 1 µm entrantes traverser le séparateur au débit volumique choisi pour le prélèvement des échantillons de particules.

4.2.1.3.2 Tube de transfert des particules (PTT)

Tout coude du tube de transfert des particules doit être progressif et son rayon de courbure doit être le plus grand possible.

4.2.1.3.3 Dilution secondaire

4.2.1.3.3.1 Facultativement, l'échantillon extrait du système de prélèvement aux fins de la mesure des particules peut être soumis à une deuxième dilution, sous réserve des conditions suivantes.

4.2.1.3.3.1.1 On doit faire passer l'air de dilution utilisé pour la dilution secondaire 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 à très haute efficacité (THE) appartenant au minimum à la classe H13 telle que définie par la norme européenne EN 1822:2009. Il est possible d'épurer l'air de dilution au charbon de bois avant de le faire passer dans le filtre THE. Dans ce cas, il est recommandé de placer un filtre supplémentaire à particules grossières avant le filtre THE et après l'épurateur à charbon de bois.

4.2.1.3.3.1.2 L'air de dilution secondaire doit être injecté dans le tube de transfert des particules aussi près que possible du point de sortie des gaz d'échappement dilués du tunnel de dilution.

4.2.1.3.3.1.3 Le temps de séjour depuis le point d'injection d'air de dilution secondaire jusqu'à la surface d'entrée du filtre doit être d'au moins 0,25 s et inférieur à 5 s.

4.2.1.3.3.1.4 Si des échantillons doublement dilués sont renvoyés au système de prélèvement, l'emplacement du retour des échantillons doit être choisi de manière à ce qu'il n'interfère pas avec l'extraction d'autres échantillons depuis le système CVS.

4.2.1.3.4 Pompe de prélèvement et débitmètre

4.2.1.3.4.1 Le dispositif de mesure du flux de gaz prélevé se compose de pompes, de régulateurs de débit et de débitmètres.

4.2.1.3.4.2 La température du flux de gaz au niveau du débitmètre ne doit pas varier de plus de ±3 °C, sauf :

a) Lorsque le débitmètre de prélèvement des échantillons est équipé d'un dispositif de contrôle et de réglage de flux en temps réel fonctionnant à la fréquence d'au moins 1 Hz ;

b) Pendant les essais de régénération sur les véhicules équipés de dispositifs de traitement aval à régénération discontinue.

Lorsqu'il se produit une variation excessive du débit en raison d'un encrassement trop élevé du filtre, l'essai doit être interrompu. Lors de la répétition de l'essai, il y a lieu de prévoir un débit moins important.

4.2.1.3.5 Filtre et porte-filtre

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

4.2.1.3.5.2 Pour un essai donné, la vitesse nominale d'entrée du gaz dans le filtre doit être réglée au début de l'essai sur une valeur comprise entre 20 cm/s et 105 cm/s, et de telle manière que la vitesse de 105 cm/s ne soit pas dépassée lorsque le système de dilution fonctionne à un débit de prélèvement proportionnel au débit du système de prélèvement à volume constant.

4.2.1.3.5.3 Des filtres en fibre de verre revêtus de fluorocarbone ou des filtres membranes à base de fluorocarbone doivent être utilisés.

Pour tous les types de filtres, le coefficient de rétention de particules de 0,3 µm de di-octylphtalate (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.

4.2.1.3.5.4 Le porte-filtre doit être conçu de manière à permettre une répartition régulière du flux sur toute la surface utile du filtre. Le filtre doit être de section circulaire et sa surface utile d'au moins 1 075 mm^2.

4.2.2 Caractéristiques de la chambre de pesage et de la balance

4.2.2.1 Conditions dans la chambre de pesage

a) La chambre où les filtres de prélèvement des particules sont conditionnés et pesés doit être maintenue à une température constante de 22 °C ±2 °C (si possible 22 °C ± 1 °C) pendant toutes les opérations de conditionnement et de pesage ;

b) L'humidité doit être maintenue à un point de rosée inférieur à 10,5 °C et l'humidité relative à 45 % ±8 % ;

c) Des écarts limités par rapport aux conditions de température et d'humidité prescrites pour la chambre de pesage sont autorisés si leur durée totale ne dépasse pas 30 min pendant l'une quelconque des périodes de conditionnement du filtre ;

d) Les niveaux de contaminants ambiants présents dans la chambre de pesage et susceptibles de se déposer sur les filtres de prélèvement de particules durant leur période de stabilisation doivent être réduits au minimum ;

e) Pendant l'opération de pesage, aucun écart par rapport aux conditions prescrites n'est admis.

4.2.2.2 Réponse linéaire d'une balance

La balance utilisée pour déterminer le poids des filtres doit satisfaire aux critères de contrôle de la linéarité formulés dans le tableau A5/1 faisant appel à une régression linéaire. Cela implique une précision d'au moins ±2 µg et un pouvoir de résolution d'au moins 1 µg (1 chiffre = 1 µg). Au moins 4 poids de référence également espacés sont soumis à essai. La valeur zéro doit être valable à ±1µg près.

Tableau A5/1
Critères de contrôle de la balance

Système de mesure	*Ordonnée à l'origine a0*	*Pente a1*	*L'erreur type d'estimation (SEE)*	*Coefficient de détermination (r^2)*
Balance de pesage des matières particulaires	≤ 1 µg	0,99 − 1,01	≤ 1 % max.	≥ 0,998

4.2.2.3 Élimination des effets de l'électricité statique

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

4.2.2.4 Correction de la flottabilité

Les poids du filtre de collecte des particules et du filtre de référence doivent être corrigés 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.

Si la masse volumique du matériau du filtre n'est pas connue, les valeurs suivantes de masse volumique doivent être appliquées :

a) Filtre en fibre de verre revêtu de PTFE : 2 300 kg/m^3 ;

b) Filtre à membrane en PTFE : 2 144 kg/m^3 ;

c) Filtre à membrane en PTFE avec anneau support en polyméthylpentène : 920 kg/m^3.

Pour les poids de tarage en acier inoxydable, on doit appliquer une masse volumique de 8 000 kg/m^3. Si le matériau est différent, sa masse volumique doit être connue et utilisée. Il faudrait 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.

L'équation suivante doit être appliquée :

$$Pe_f = Pe_{uncorr} \times \left(\frac{1 - \frac{\rho_a}{\rho_w}}{1 - \frac{\rho_a}{\rho_f}} \right)$$

où :

Pe_f est la masse de l'échantillon de particules corrigée, en mg ;

Pe_{uncorr} est la masse de l'échantillon de particules non corrigée, en mg ;

ρ_a est la masse volumique de l'air, en kg/m^3 ;

ρ_w est la masse volumique du poids de tarage de la balance, en kg/m^3 ;

ρ_f est la masse volumique du filtre de collecte des particules, en kg/m^3.

La densité de l'air ρ_a est calculée comme suit :

$$\rho_a = \frac{p_b \times M_{mix}}{R \times T_a}$$

P_b est la pression atmosphérique totale, en kPa ;

T_a est la température de l'air ambiant à proximité de la balance, en K ;

M_{mix} est la masse molaire de l'air dans un environnement équilibré, 28,836 g mole^{-1} ;

R est la constante molaire du gaz, 8,3144 J mole^{-1} K^{-1}.

4.3 Appareillage de mesure du nombre de particules émises (le cas échéant)

4.3.1 Description

4.3.1.1 Vue d'ensemble du système

4.3.1.1.1 Le système de prélèvement des particules se compose d'une sonde ou un point de prélèvement prélevant un échantillon d'un flux mélangé de manière homogène dans un système de dilution, d'un séparateur de particules volatiles (VPR) situé en amont d'un compteur du nombre de particules (PNC), et d'un tube de transfert approprié. Voir la figure A5/14.

4.3.1.1.2 Il est recommandé de placer en amont du séparateur de particules volatiles un séparateur primaire (type séparateur à impact ou cyclone par exemple). Ce séparateur doit avoir un point de coupure à 50 % compris entre 2,5 µm et 10 µm au débit volumique choisi pour le prélèvement des particules. Ce séparateur doit laisser au moins 99 % de la concentration massique de particules de 1 µm entrantes traverser le séparateur au débit volumique choisi pour le prélèvement des particules.

On peut également utiliser une sonde de prélèvement fonctionnant comme un dispositif approprié de classification granulométrique primaire, comme celle qui est représentée à la figure A5/11 au lieu d'un séparateur primaire.

4.3.1.2 Prescriptions générales

4.3.1.2.1 Le point de prélèvement des particules doit être situé dans le système de dilution même. Dans le cas où un système à double dilution est utilisé, le point de prélèvement des particules doit être situé dans le système de dilution primaire.

4.3.1.2.1.1 L'extrémité amont de la sonde ou le point de prélèvement PSP et le tube de transfert des particules PTT constituent ensemble le système de transfert des

particules PTS. Le PTS achemine l'échantillon prélevé dans le tunnel de dilution jusqu'à l'entrée du VPR. Le PTS doit remplir les conditions suivantes :

a) La sonde de prélèvement doit être installée à une distance de l'entrée des gaz au moins égale à 10 diamètres du tunnel de dilution et être dirigée vers l'amont, l'axe de son extrémité étant parallèle à l'axe du tunnel ;

b) La sonde de prélèvement doit être située en amont de tout dispositif de conditionnement (par exemple, l'échangeur de chaleur) ;

c) La sonde de prélèvement doit être placée dans le tunnel de dilution de sorte que l'échantillon soit prélevé à partir d'un mélange homogène d'air de dilution et de gaz d'échappement.

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

a) Dans le cas où un système de dilution du flux total est utilisé, son nombre de Reynolds Re doit être inférieur à 1 700 ;

b) Dans le cas où un système à double dilution est utilisé, son nombre de Reynolds doit être inférieur à 1 700 dans le PTT, c'est-à-dire en aval de la sonde ou du point de prélèvement ;

c) Son temps de séjour dans le PTS ne doit pas être supérieur à 3 s.

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

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

a) Son diamètre interne doit être d'au moins 4 mm ;

b) Le temps de séjour du gaz prélevé ne doit pas être supérieur à 0,8 s.

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

4.3.1.2.2 Le VPR inclut les dispositifs destinés à la dilution de l'échantillon et à la capture des particules volatiles.

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

4.3.1.2.4 Le système de prélèvement des particules doit satisfaire aux règles de bonne pratique en matière de prélèvement d'aérosols et notamment ne pas comporter de coudes prononcés ni de modifications brusques de la section transversale, leurs surfaces internes doivent être lisses et la tuyauterie de prélèvement être la plus courte possible. Des variations graduelles de la section transversale sont autorisées.

4.3.1.3 Prescriptions particulières

4.3.1.3.1 L'échantillon de particules ne doit pas traverser une pompe avant de traverser le PNC.

4.3.1.3.2 Il est recommandé d'utiliser un séparateur primaire.

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

a) Être capable de diluer l'échantillon en une ou plusieurs étapes pour, d'une part, abaisser la concentration en nombre de particules

au-dessous du seuil à partir duquel le PNC ne peut plus fonctionner en mode de comptage particule par particule et, d'autre part, abaisser la température du gaz à moins de 35 °C à l'entrée du PNC ;

b) Passer par une étape initiale de dilution chauffée, à l'issue de laquelle la température de l'échantillon doit être égale ou supérieure à 150 °C et inférieure ou égale à 350 °C, avec une tolérance de ±10°C et l'échantillon est dilué d'un facteur 10 au minimum ;

c) Maintenir à température nominale constante les étages chauffés du processus, dans la plage comprise entre 150 °C et 400 °C, avec une tolérance de ±10 °C ;

d) Fournir des indications permettant de savoir si les étages chauffés sont ou non à leur température correcte de fonctionnement ;

e) Être conçue pour obtenir une efficacité de pénétration des particules solides d'au moins 70 % pour des particules d'un diamètre de mobilité électrique de 100 nm ;

f) Pour l'ensemble du VPR et pour les particules dont le diamètre de mobilité électrique est de 30 nm et 50 nm, réduire la concentration des particules d'un facteur $f_r(d_i)$, qui ne soit pas supérieur de plus de 30 % et de plus de 20 %, respectivement, ni inférieur de plus de 5 % au facteur de réduction de la concentration des particules dont le diamètre de mobilité électrique est de 100 nm ;

Le facteur de réduction de la concentration des particules pour chaque granulométrie $f_r(d_i)$ est calculé selon l'équation suivante :

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

où :

$N_{in}(d_i)$ est la concentration en particules de diamètre d_i en amont ;

$N_{out}(d_i)$ est la concentration en particules de diamètre d_i en aval ;

d_i est le diamètre de mobilité électrique des particules (30, 50 ou 100 nm).

Il faut corriger $N_{in}(d_i)$ et $N_{out}(d_i)$ pour les ramener aux mêmes conditions.

Pour un niveau de dilution donné, la valeur moyenne arithmétique de la réduction de la concentration en particules $\overline{f_r}$ est calculée selon l'équation suivante :

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

Il est recommandé d'étalonner et de valider le VPR en tant qu'unité complète ;

g) Être conçue conformément aux règles de bonne pratique technique afin de garantir la stabilité des facteurs de réduction de la concentration de particules au cours d'un essai ;

h) Vaporiser les particules de tétracontane ($CH_3(CH_2)_{38}CH_3$) de 30 nm à plus de 99,0 %, à partir d'une concentration d'entrée supérieure à 10 000 par cm^3, par chauffage et réduction des pressions partielles du tétracontane.

4.3.1.3.4 Le PNC doit satisfaire aux prescriptions suivantes :

a) Il doit fonctionner en flux total ;

b) Il doit effectuer le comptage avec une exactitude de ±10 % dans la plage comprise entre 1 par cm^3 et le seuil à partir duquel le PNC ne fonctionne plus en mode comptage particule par particule selon une norme adéquate spécifiée. À des concentrations inférieures à 100 par cm^3, des mesures dont la moyenne est calculée sur des périodes de prélèvement de longue durée peuvent être requises pour démontrer l'exactitude du PNC avec un degré de fiabilité statistique élevé ;

c) Sa résolution doit être de 0,1 particule par cm^3 ou mieux à des concentrations inférieures à 100 par cm^3 ;

d) En mode de comptage particule par particule, sa réponse aux concentrations de particules doit être linéaire sur la totalité de la plage de mesure ;

e) La fréquence à laquelle il communique les données doit être égale ou supérieure à 0,5 Hz ;

f) Sur la plage de mesure des concentrations, son temps de réponse t_{90} doit être inférieur à 5 s ;

g) Il doit comporter une fonction de correction de coïncidence jusqu'à une correction maximale de 10 % et pouvoir appliquer un facteur d'étalonnage interne, comme indiqué au paragraphe 5.7.1.3 de la présente annexe, mais ne doit utiliser aucun autre algorithme pour corriger ou définir l'efficacité du comptage ;

h) L'efficacité du comptage doit être au moins conforme aux seuils définis dans le tableau A5/2 selon la taille des particules.

Tableau A5/2
Efficacité de comptage des PNC

Diamètre de mobilité électrique des particules (en nm)	*Efficacité de comptage du PNC (en pourcentage)*
23 ± 1	50 ± 12
41 ± 1	>90

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

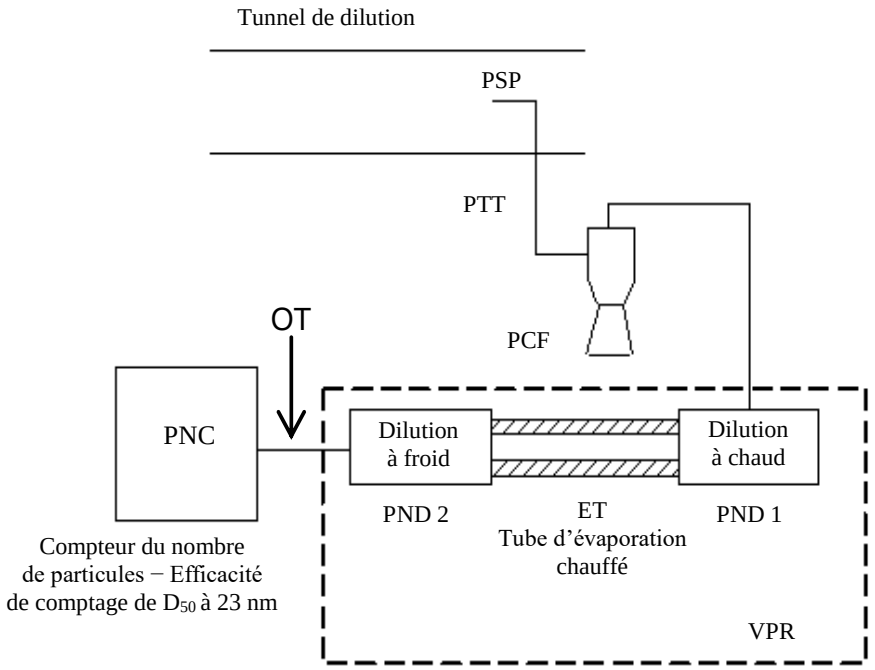
4.3.1.3.6 Si elles ne sont pas maintenues à une valeur constante connue au point où le débit du PNC est réglé, la pression et/ou la température à l'entrée du PNC doivent être mesurées de manière à permettre de corriger les concentrations mesurées en nombre de particules et de les ramener aux conditions normales.

4.3.1.3.7 La somme des temps de séjour dans le PTS, le VPR et l'OT et du temps de réponse t_{90} du PNC ne doit pas dépasser 20 s.

4.3.1.4 Description du système recommandé

Le paragraphe ci-après décrit la pratique recommandée pour la mesure du nombre de particules. Il est toutefois possible d'utiliser un autre système, à condition qu'il satisfasse aux prescriptions fonctionnelles énoncées dans les paragraphes 4.3.1.2 et 4.3.1.3 de la présente annexe.

Figure A5/14
Système recommandé de prélèvement des particules



4.3.1.4.1 Description du système de prélèvement

4.3.1.4.1.1 Le système de prélèvement d'échantillons se compose d'une sonde de prélèvement ou d'un point de prélèvement situé dans le système de dilution, d'un tube de transfert des particules (PTT), d'un séparateur primaire (PCF) et d'un séparateur de particules volatiles (VPR) situés en amont du dispositif de mesure du nombre de particules (PNC).

4.3.1.4.1.2 Le VPR doit comporter des dispositifs de dilution de l'échantillon (PND_1 et PND_2) et d'évaporation des particules (tube d'évaporation (ET)).

4.3.1.4.1.3 La sonde de prélèvement du flux de gaz d'essai doit être disposée dans le tunnel de dilution de façon à permettre le prélèvement d'un flux de gaz représentatif dans un mélange homogène d'air de dilution et de gaz d'échappement.

5. Périodicité et procédures d'étalonnage

5.1 Périodicité d'étalonnage

Tableau A5/3
Périodicité d'étalonnage des instruments

Contrôle des appareils	*Périodicité*	*Critère*
Linéarisation de l'analyseur de gaz (étalonnage)	Semestrielle	±2 % de la valeur affichée
Calibrage (à mi-échelle)	Semestrielle	±2 %
Analyseur NDIR de CO : interférence CO_2/H_2O	Mensuelle	-1 à 3 ppm
Vérification du convertisseur de NO_x	Mensuelle	>95 %
Vérification du convertisseur de CH_4	Annuelle	98 % d'éthane

Contrôle des appareils	*Périodicité*	*Critère*
Réponse du détecteur à ionisation de flamme au CH_4	Annuelle	Voir par. 5.4.3 de la présente annexe
Débit air/carburant du détecteur à ionisation de flamme	Lors de toute opération d'entretien importante	Suivant prescriptions du fabricant
Analyseur non dispersif dans l'ultraviolet pour NO/NO_2 : interférence H_2O, HC	Lors de toute opération d'entretien importante	Suivant prescriptions du fabricant
Spectromètres laser infrarouge (analyseurs infrarouge haute résolution à bande étroite à modulation de phase) : vérification des interférences	Annuelle ou lors de toute opération d'entretien importante	Suivant prescriptions du fabricant
QCL (chromatographie en phase liquide)	Annuelle ou lors de toute opération d'entretien importante	Suivant prescriptions du fabricant
CG (Chromatographie en phase gazeuse)	Voir par. 7.2 de la présente annexe	Voir par. 7.2 de la présente annexe
Méthodes LC	Annuelle ou lors de toute opération d'entretien importante	Suivant prescriptions du fabricant
Photoacoustique	Annuelle ou lors de toute opération d'entretien importante	Suivant prescriptions du fabricant
Analyseurs infrarouge à transformée de Fourier : vérification de la linéarité	Dans les 370 jours précédant l'essai et après toute opération d'entretien importante	Voir par. 7.1 de la présente annexe
Linéarité des microbalances	Annuelle ou lors de toute opération d'entretien importante	Voir par. 4.2.2.2 de la présente annexe
PNC (compteur du nombre de particules)	Voir par. 5.7.1.1 de la présente annexe	Voir par. 5.7.1.3 de la présente annexe
VPR (séparateur de particules volatiles)	Voir par. 5.7.2.1 de la présente annexe	Voir par. 5.7.2 de la présente annexe

Tableau A5/4
Périodicité d'étalonnage des systèmes de prélèvement à volume constant (CVS)

Système de prélèvement à volume constant	*Périodicité*	*Critère*
Débit du système de prélèvement à volume constant	Après chaque révision	±2 %
Débit de dilution	Annuelle	±2 %
Capteur de température	Annuelle	±1 °C
Capteur de pression	Annuelle	±0,4 kPa
Vérification de l'injection	Hebdomadaire	±2 %

Tableau A5/5
Périodicité d'étalonnage pour les données environnementales

Facteur ambiant	*Périodicité*	*Critère*
Température	Annuelle	±1 °C
Humidité et point de rosée	Annuelle	±5 % HR
Pression ambiante	Annuelle	±0,4 kPa
Ventilateur de refroidissement	Après chaque révision	Suivant prescriptions énoncées au paragraphe 1.1.1 de la présente annexe

5.2 Procédure d'étalonnage des analyseurs

5.2.1 Chaque analyseur doit être étalonné suivant les prescriptions du fabricant et au moins suivant les périodicités énoncées dans le tableau A5/3.

5.2.2 La linéarisation de chaque gamme de mesure normalement utilisée est effectuée suivant la méthode définie ci-après.

5.2.2.1 On détermine la courbe de linéarisation d'après au moins cinq points d'étalonnage espacés aussi régulièrement que possible. La concentration nominale du gaz d'étalonnage à la plus forte concentration doit être au moins égale à 80 % de la pleine échelle.

5.2.2.2 La concentration du gaz d'étalonnage prescrite peut être obtenue avec un mélangeur doseur de gaz par dilution avec de l'azote ou de l'air synthétique purifiés.

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

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

5.2.2.5 Le tracé de la courbe de linéarisation et les points de linéarisation permettent de vérifier que l'étalonnage a été correctement exécuté. Les différents paramètres caractéristiques de l'analyseur doivent être indiqués, notamment :

a) L'analyseur et le constituant gazeux ;

b) La gamme ;

c) La date de la linéarisation.

5.2.2.6 D'autres techniques (utilisation d'un calculateur, commutation de gamme électronique, etc.) peuvent être appliquées, si l'autorité compétente est convaincue qu'elles offrent une exactitude équivalente.

5.3 Procédure de vérification du zéro et de l'étalonnage de l'analyseur

5.3.1 Chaque gamme de mesure normalement utilisée doit être vérifiée avant chaque analyse conformément aux prescriptions des paragraphes 5.3.1.1 et 5.3.1.2 de la présente annexe.

5.3.1.1 On vérifie l'étalonnage en utilisant un gaz de zéro et un gaz d'étalonnage comme indiqué au paragraphe 2.14.2.3 de l'annexe 6.

5.3.1.2 Après l'essai, le gaz de zéro et le même gaz d'étalonnage sont utilisés pour un nouveau contrôle comme indiqué au paragraphe 2.14.2.4 de l'annexe 6.

5.4 Contrôle de la réponse aux hydrocarbures du détecteur à ionisation de flamme

5.4.1 Optimisation de la réponse du détecteur

Le détecteur doit être réglé selon les instructions fournies par le fabricant. Il faut utiliser un mélange propane-air dans la gamme de mesure la plus courante.

5.4.2 Étalonnage de l'analyseur d'hydrocarbures

5.4.2.1 L'analyseur doit être étalonné au moyen d'un mélange propane-air et d'air synthétique purifié.

5.4.2.2 On établit la courbe d'étalonnage comme indiqué au paragraphe 5.2.2 de la présente annexe.

5.4.3 Facteurs de réponse pour les différents hydrocarbures et limites recommandées

5.4.3.1 Pour un composé hydrocarbure déterminé, le facteur de réponse R_f s'exprime par le rapport entre l'indication C_1 donnée par le détecteur et la concentration du gaz d'étalonnage exprimée en ppm de C_1.

La concentration du gaz d'essai doit être suffisante pour donner une réponse correspondant à environ 80 % de la déviation totale, pour la gamme de sensibilité choisie. La concentration doit être connue à ±2 % près par rapport à un étalon gravimétrique exprimé en volume. En outre, les bouteilles de gaz doivent avoir été entreposées pendant 24 h à une température comprise entre 20 °C et 30 °C avant le contrôle.

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

Propylène et air purifié : $0{,}90 < R_f < 1{,}10$

Toluène et air purifié : $0{,}90 < R_f < 1{,}10$

Le facteur de réponse (R_f) de 1,00 correspond au mélange de propane et d'air purifié.

5.5 Essai d'efficacité du convertisseur de NO_x

5.5.1 L'efficacité du convertisseur utilisé pour la conversion de NO_2 et NO doit être contrôlée au moyen d'un ozoniseur, conformément au montage d'essai présenté à la figure A5/15 et à la procédure décrite ci-après.

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

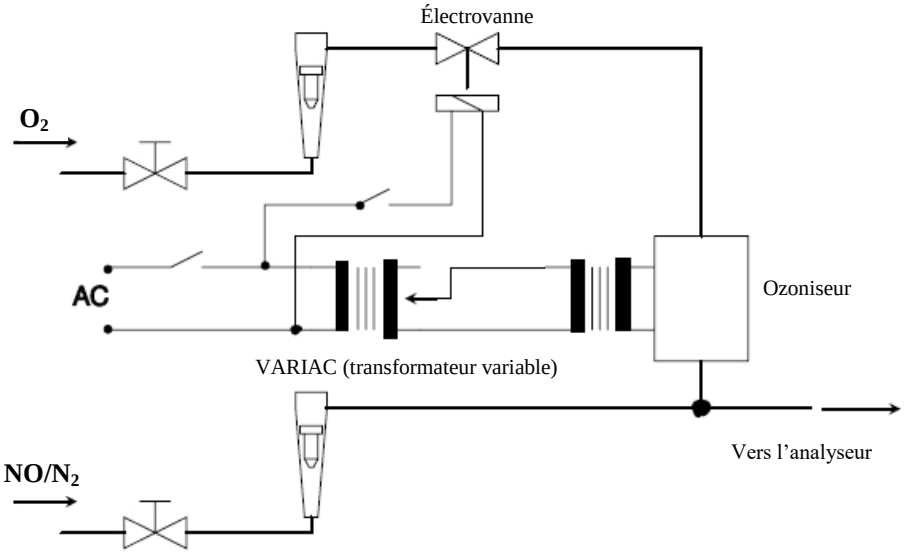
5.5.1.2 Par un raccord en T, on ajoute de manière continue de l'oxygène ou de l'air synthétique au courant de gaz d'étalonnage jusqu'à ce que la concentration affichée soit d'environ 10 % inférieure à la concentration d'étalonnage affichée telle qu'elle est spécifiée au paragraphe 5.5.1.1 de la présente annexe. On enregistre la concentration affichée c. L'ozoniseur doit demeurer hors fonction pendant toute cette opération.

5.5.1.3 On met alors en fonction l'ozoniseur de manière à produire suffisamment d'ozone pour abaisser la concentration de NO à 20 % (valeur minimale 10 %) de la concentration d'étalonnage spécifiée au paragraphe 5.5.1.1 de la présente annexe. On enregistre la concentration affichée d.

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

5.5.1.5 On met ensuite hors fonction l'ozoniseur. Le mélange de gaz défini au paragraphe 5.5.1.2 de la présente annexe traverse le convertisseur puis le détecteur. On enregistre la concentration affichée b.

Figure A5/15
Configuration de l'essai d'efficacité du convertisseur de NO_x



5.5.1.6 L'ozoniseur étant toujours hors fonction, on coupe aussi l'arrivée d'oxygène ou d'air synthétique. La valeur de NO_2 affichée par l'analyseur ne doit pas alors être supérieure de plus de 5 % à la valeur spécifiée au paragraphe 5.5.1.1 de la présente annexe.

5.5.1.7 Pour calculer l'efficacité en pourcentage du convertisseur de NO_x, il convient d'utiliser comme suit les concentrations a, b, c et d déterminées comme indiqué aux paragraphes 5.5.1.2 à 5.5.1.5 de la présente annexe en appliquant l'équation ci-après :

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

La valeur ainsi obtenue ne doit pas être inférieure à 95 %. L'efficacité du convertisseur doit être contrôlée selon la périodicité prescrite au tableau A5/3.

5.6 Étalonnage de la microbalance

L'étalonnage de la microbalance utilisée pour le pesage du filtre de prélèvement de particules doit être conforme à une norme nationale ou internationale spécifiée. La balance doit être conforme aux prescriptions en matière de linéarité énoncées au paragraphe 4.2.2.2 de la présente annexe. La vérification de la linéarité doit être effectuée au moins tous les 12 mois ou après chaque réparation ou modification du système susceptible de modifier l'étalonnage.

5.7 Étalonnage et validation du système de prélèvement des particules (le cas échéant)

On trouvera des exemples de méthodes d'étalonnage et de validation sur le site suivant : http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29grpe/pmpFCP.html.

5.7.1 Étalonnage du compteur du nombre de particules (PNC)

5.7.1.1 L'autorité compétente vérifie l'existence d'un certificat d'étalonnage du PNC attestant la conformité du PNC à une norme spécifiée, établi dans les 13 mois précédant l'essai. Entre les étalonnages, on doit soit contrôler l'efficacité de comptage du PNC soit remplacer tous les 6 mois la mèche du PNC. Voir les figures A5/16 et A5/17. L'efficacité de comptage du PNC peut être contrôlée par comparaison avec un PNC de référence ou avec au moins deux autres PNC de mesure. Si le PNC indique des concentrations de particules ne s'écartant pas de ±10 % de la moyenne arithmétique des concentrations du PNC de référence ou d'un groupe des PNC de mesure, il est considéré comme stable ; dans le cas contraire, il faudra procéder à des opérations d'entretien du PNC. Lorsque le PNC est contrôlé par rapport à deux ou plusieurs autres PNC de mesure, il est admis d'utiliser pour le contrôle un véhicule de référence devant passer successivement dans différentes chambres d'essai chacune équipée de son propre PNC.

Figure A5/16
Séquence annuelle nominale de vérification d'un PNC

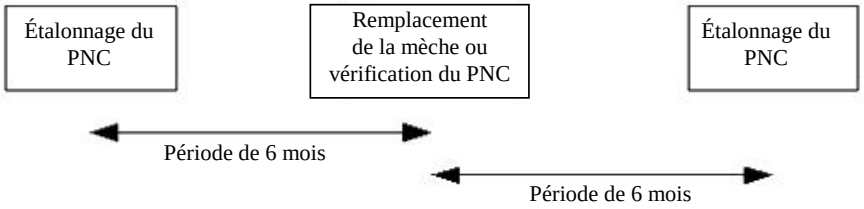
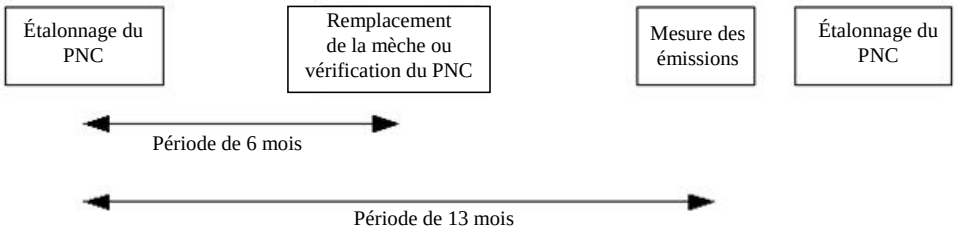


Figure A5/17
Séquence annuelle élargie de vérification d'un PNC (dans le cas où un étalonnage complet du PNC est différé)



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

5.7.1.3 L'étalonnage doit être effectué conformément à une méthode d'étalonnage nationale ou internationale spécifiée, par comparaison de la réponse du PNC à étalonner avec :

a) Celle d'un électromètre à aérosol étalonné analysant simultanément en fonction de leur charge électrostatique les particules servant à l'étalonnage ; ou

b) Celle d'un deuxième PNC qui a été directement étalonné selon la méthode décrite ci-dessus.

5.7.1.3.1 Dans le cas décrit à l'alinéa a) du paragraphe 5.7.1.3 de la présente annexe, on procède à l'étalonnage en utilisant au moins six concentrations de référence espacées le plus uniformément possible sur la plage de mesure du PNC.

5.7.1.3.2 Dans le cas décrit à l'alinéa b) du paragraphe 5.7.1.3 de la présente annexe, on procède à l'étalonnage en utilisant au moins six concentrations de référence réparties sur la plage de mesure du PNC. Trois points au moins doivent être à

des concentrations inférieures à 1 000 par cm^3, les concentrations restantes devant être linéairement espacées entre 1 000 par cm^3 et la concentration maximale à laquelle le PNC peut fonctionner en mode de comptage particule par particule.

5.7.1.3.3 Dans les cas décrits aux alinéas a) et b) du paragraphe 5.7.1.3 de la présente annexe, l'un des points choisis doit être 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 un filtre équivalent. Aucun facteur d'étalonnage n'étant appliqué au PNC à étalonner, les concentrations mesurées ne doivent pas s'écarter de plus de ±10 % de la concentration de référence pour chaque concentration utilisée, à l'exception du point zéro. Dans le cas contraire, le PNC doit être rejeté. Le gradient obtenu par régression linéaire, selon la 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).

5.7.1.4 Lors de l'étalonnage, on doit aussi vérifier qu'il est satisfait aux prescriptions de l'alinéa h) du paragraphe 4.3.1.3.4 de la présente annexe concernant l'efficacité de détection par le PNC de particules ayant un diamètre de mobilité électrique de 23 nm. Par contre, le contrôle de l'efficacité du comptage des particules de 41 nm n'est pas obligatoire.

5.7.2 Étalonnage et validation du séparateur de particules volatiles (VPR)

5.7.2.1 II doit être procédé à l'étalonnage des facteurs de réduction de la concentration de particules applicable au VPR sur toute la plage de réglages de dilution, aux températures 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 facteur de réduction de la concentration de particules applicable au VPR consiste à effectuer un contrôle dans une seule station d'essai, en général une de celles où l'on procède aux mesures sur les véhicules équipés d'un filtre à particules. L'autorité compétente doit s'assurer qu'il existe un certificat d'étalonnage ou de validation du VPR établi dans les 6 mois précédant l'essai d'émissions. Si le VPR est équipé de dispositifs d'alerte de surveillance de la température, l'intervalle entre deux validations peut être de 13 mois.

Il est recommandé d'étalonner et de valider le VPR en tant qu'unité complète.

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

5.7.2.2 L'aérosol d'essai utilisé pour ces mesures est constitué de particules solides d'un diamètre de mobilité électrique de 30, 50 et 100 nm sous une concentration minimale de 5 000 par cm^3 à l'entrée du VPR. Il est possible d'utiliser pour la validation un aérosol polydispersé avec un diamètre médian de mobilité électrique de 50 nm. L'aérosol d'essai doit être thermiquement

stable aux températures de fonctionnement du VPR. Les concentrations en nombre de particules sont mesurées en amont et en aval des composants.

Le facteur de réduction de la concentration des particules pour chaque granulométrie monodispersée $f_r(d_i)$ est calculé selon l'équation suivante :

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

où :

N_{in} (d_i) est la concentration en nombre de particules de diamètre d_i en amont ;

$N_{out}(d_i)$ est la concentration en nombre de particules de diamètre d_i en aval ;

d_i est le diamètre de mobilité électrique des particules (30, 50 ou 100 nm).

N_{in} (d_i) et N_{out} (d_i) doivent être corrigés en fonction des mêmes conditions.

Pour un niveau de dilution donné, la valeur moyenne arithmétique de la réduction de la concentration en particules $\overline{f_r}$ est calculée selon l'équation suivante :

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

Lorsqu'un aérosol polydispersé de 50 nm est utilisé pour la validation, on calcule le facteur de réduction de la valeur de la concentration moyenne arithmétique de particules $\overline{f_v}$ à la dilution utilisée pour la validation comme suit :

$$\overline{f_v} = \frac{N_{in}}{N_{out}}$$

où :

N_{in} est la concentration en nombre de particules en amont ;

N_{out} est la concentration en nombre de particules en aval.

5.7.2.3 Le VPR doit retenir à plus de 99,0 % les particules de tétracontane ($CH_3(CH_2)_{38}CH_3$) d'un diamètre de mobilité électrique d'au moins 30 nm à partir d'une concentration d'entrée supérieure ou égale à 10 000 par cm^3, l'appareil fonctionnant à son niveau minimal de dilution et à la température recommandée par le fabricant.

5.7.3 Procédures de vérification du système de comptage du nombre de particules

On vérifie chaque mois au moyen d'un débitmètre étalonné que la valeur affichée du débit entrant dans le compteur de particules ne s'écarte pas de plus de 5 % du débit nominal du compteur.

5.8 Exactitude du dispositif de mélange

Si un mélangeur-doseur de gaz est utilisé pour effectuer les étalonnages comme indiqué au paragraphe 5.2 de la présente annexe, l'exactitude du dispositif de mélange doit être telle que la concentration des gaz d'étalonnage dilués puisse être déterminée à ±2 % près. Une courbe d'étalonnage doit être vérifiée à mi-échelle comme indiqué au paragraphe 5.3 de la présente annexe. Un gaz d'étalonnage dont la concentration est inférieure à 50 % de la gamme de l'analyseur doit avoir une concentration qui ne s'écarte pas de plus de 2 % de sa concentration certifiée.

6. Gaz de référence

6.1 Gaz purs

6.1.1 Toutes les valeurs données en ppm sont en réalité en parties par million en volume (vpm).

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

6.1.2.1 Azote

Pureté ≤ 1 ppm C_1, ≤ 1 ppm CO, ≤ 400 ppm CO_2, ≤ 0,1 ppm NO, < 0,1 ppm N_2O, < 0,1 ppm NH_3.

6.1.2.2 Air synthétique

Pureté ≤ 1 ppm C_1, ≤ 1 ppm CO, ≤ 400 ppm CO_2, ≤ 0,1 ppm NO, ≤ 0,1 ppm NO_2; concentration d'oxygène de 18 à 21 % en volume.

6.1.2.3 Oxygène

Pureté > 99,5 % O_2 en volume.

6.1.2.4 Hydrogène (et mélange contenant de l'hélium ou de l'azote)

Pureté ≤ 1 ppm C_1, ≤ 400 ppm CO_2 ; teneur en hydrogène entre 39 et 41 % en volume.

6.1.2.5 Monoxyde de carbone

Pureté minimale 99,5 %.

6.1.2.6 Propane

Pureté minimale 99,5 %.

6.2 Gaz d'étalonnage

La concentration réelle du gaz d'étalonnage ne doit pas s'écarter de plus de ±1 % de la valeur déclarée ou satisfaire aux valeurs ci-dessous, et être en conformité avec des normes nationales ou internationales.

Les mélanges de gaz des compositions chimiques suivantes doivent répondre aux critères de pureté des gaz énoncés aux paragraphes 6.1.2.1 ou 6.1.2.2 de la présente annexe :

a) C_3H_8 mélangé à de l'air synthétique (voir par. 6.1.2.2 de la présente annexe) ;

b) CO mélangé à de l'azote ;

c) CO_2 mélangé à de l'azote ;

d) CH_4 mélangé à de l'air synthétique ;

e) NO mélangé à de l'azote (la teneur en NO_2 de ce gaz d'étalonnage ne doit pas dépasser 5 % de sa teneur en NO) ;

f) NO_2 mélangé à de l'air synthétique ou à de l'azote (tolérance : ±2 %) (le cas échéant) ;

g) N_2O mélangé à de l'azote (tolérance : ±2 % ou 0,25 ppm si cette dernière quantité est supérieure) (le cas échéant) ;

h) NH_3 mélangé à de l'azote (tolérance : ±3 %) (le cas échéant) ;

i) C_2H_5OH mélangé à de l'air synthétique ou à de l'azote (tolérance : ±2 %) (le cas échéant) ;

j) HCHO (tolérance : ±10 %) (le cas échéant) ;

k) CH_3CHO (tolérance : ±5 %) (le cas échéant).

7. Autres méthodes de prélèvement et d'analyse

7.1 Méthodes de prélèvement et d'analyse du NH_3 (le cas échéant)

Deux principes sont énoncés pour la mesure du NH_3 ; l'un ou l'autre peut être appliqué à condition que les critères définis aux paragraphes 7.1.1 ou 7.1.2 de la présente annexe soient satisfaits.

Les séchoirs à gaz ne sont pas admis pour la mesure du NH_3. Pour les analyseurs non linéaires, l'utilisation de circuits de linéarisation est admise.

7.1.1 Spectromètre à diode laser (LDS) ou laser à cascade quantique (QCL)

7.1.1.1 Principe des mesures

Le LDS et le QCL fonctionnent selon le principe de la spectroscopie à ligne unique. La ligne d'absorption du NH_3 est choisie dans la gamme spectrale de l'infrarouge proche (LDS) ou de l'infrarouge moyen (QCL).

7.1.1.2 Installation

L'analyseur doit être installé soit directement dans le tuyau d'échappement (in situ), soit dans une armoire pour analyseur avec prélèvement par extraction conformément aux instructions du fabricant de l'instrument.

Si un écran d'air est utilisé avec la mesure in situ pour la protection de l'instrument, cet air ne doit affecter la concentration d'aucun des constituants des gaz d'échappement mesurés en aval du dispositif ou, si cet air affecte la concentration, le prélèvement des autres constituants des gaz d'échappement doit être fait en amont du dispositif.

7.1.1.3 Interférence réciproque

La résolution spectrale du laser doit être de 0,5 par cm au maximum afin de réduire le plus possible l'interférence réciproque d'autres gaz présents dans les gaz d'échappement.

7.1.2 Analyseur infrarouge à transformée de Fourier (FTIR)

7.1.2.1 Principe des mesures

Un analyseur FTIR emploie le principe de la spectroscopie infrarouge à large bande. Il permet de mesurer simultanément divers constituants des gaz d'échappement dont les spectres normalisés sont mémorisés dans l'instrument. Le spectre d'absorption (intensité/longueur d'onde) est calculé à partir de l'interférogramme (intensité/temps) mesuré par la méthode de la transformée de Fourier.

7.1.2.2 Le flux interne de l'échantillon dans l'analyseur jusqu'à la chambre de mesure et la cellule elle-même doivent être chauffés.

7.1.2.3 Prélèvement par extraction

Le canal de prélèvement en amont de l'analyseur (ligne de prélèvement, préfiltre (s), pompes et vannes) doit être en acier inoxydable ou en PTFE et doit être chauffé à des points définis entre 110 °C et 190 °C pour réduire le plus possible les pertes de NH_3 et tout effet de distorsion sur le prélèvement. En outre, la ligne de prélèvement doit être aussi courte que possible. À la demande du fabricant, des températures comprises entre 110 °C et 133 °C peuvent être choisies.

7.1.2.4 Interférences avec les mesures

7.1.2.4.1 La résolution spectrale de la longueur d'onde cible doit être de 0,5 par cm ou mieux afin de réduire le plus possible les interférences causées par d'autres gaz présents dans les gaz d'échappement.

7.1.2.4.2 La réponse de l'analyseur ne doit pas dépasser ±2 ppm aux concentrations maximales de CO_2 et de H_2O prévisibles pendant l'essai du véhicule.

7.1.2.5 Afin de ne pas influer sur les résultats des mesures en aval dans le système CVS, il faut limiter la quantité de gaz d'échappement bruts extraits pour la mesure du NH_3. Pour ce faire, on peut effectuer une mesure in-situ, utiliser un analyseur à faible débit de prélèvement ou renvoyer vers le CVS le NH_3 prélevé.

Le flux maximal admissible d'échantillons de NH_3 non renvoyés vers le CVS est calculé comme suit :

$$\text{Flow\_lost\_max} = \frac{0{,}005 \times V_{mix}}{DF}$$

où :

Flow_lost_max est le volume d'échantillons mon renvoyés vers le CVS, en m^3 ;

V_{mix} est le volume de gaz d'échappement dilués par phase, en m^3 ;

DF est le facteur de dilution.

Si le volume non renvoyé de NH_3 dépasse le the maximum admissible pour l'une quelconque des phases de l'essai, les mesures en aval du CVS ne sont pas valides et ne peuvent être prises en compte. Un essai supplémentaire sans mesure de l'ammoniac doit être effectué.

Si le flux extrait est renvoyé au CVS, une limite supérieure de 10 l standard/min s'applique. Si cette limite est dépassée, un essai supplémentaire sans mesure de l'ammoniac est donc nécessaire.

7.2 Méthodes de prélèvement et d'analyse du N_2O

7.2.1 Méthode par chromatographie en phase gazeuse

7.2.1.1 Description générale

Après séparation chromatographique en phase gazeuse, le N_2O est analysé par un détecteur à capture d'électrons (ECD).

7.2.1.2 Prélèvement

À chaque phase de l'essai, un échantillon de gaz doit être prélevé pour analyse dans le sac de gaz d'échappement dilués et dans le sac d'air de dilution. L'autre solution consiste à analyser le sac d'air de dilution provenant de la phase 1 ou un seul échantillon composite d'air de dilution ambiant en prenant pour hypothèse que la teneur en N_2O de l'air de dilution est constant.

7.2.1.2.1 Transfert des échantillons

Il est possible de stocker les échantillons dans des récipients secondaires en vue de leur transport entre la chambre d'essai et le laboratoire de chromatographie en phase gazeuse. Les précautions techniques nécessaires doivent être prises pour éviter une dilution supplémentaire lors du transfert des échantillons des sacs de collecte dans des sacs secondaires.

7.2.1.2.2 Récipients secondaires de stockage des échantillons

Les volumes de gaz doivent être mis dans des conteneurs suffisamment propres permettant de réduire le plus possible les fuites ou la perméation des gaz. Les règles de bonne pratique technique doivent être prises en compte pour déterminer les processus et seuils acceptables en ce qui concerne la propreté et la perméabilité des conteneurs.

7.2.1.2.3 Stockage des échantillons

Les sacs secondaires de stockage des échantillons doivent être conservés à température ambiante et leur contenu doit être analysé dans les 24 h.

7.2.1.3 Instruments et appareils

7.2.1.3.1 Un chromatographe en phase gazeuse couplé à un détecteur à capture d'électrons peut être utilisé pour mesurer les concentrations de N_2O dans les gaz d'échappement dilués dans le cas d'un prélèvement d'échantillons par lots.

7.2.1.3.2 Il est possible soit d'injecter directement l'échantillon dans le chromatographe en phase gazeuse soit d'utiliser un préconcentrateur approprié. Si une préconcentration est effectuée, elle doit être appliquée pour toutes les opérations de vérification et de contrôle de qualité requises.

7.2.1.3.3 Pour obtenir une résolution adéquate du pic de N_2O aux fins d'analyse, il faut utiliser une colonne tubulaire ouverte à couche poreuse ou une colonne à garnissage de polarité et de longueur appropriées.

7.2.1.3.4 Le choix du profil de température de la colonne et du gaz vecteur doit être pris en compte lors de la mise au point de la méthode pour obtenir une résolution adéquate des pics de N_2O. L'opérateur doit s'efforcer d'obtenir autant que possible des pics dont les bases sont séparées.

7.2.1.3.5 Les règles de bonne pratique technique doivent être prises en compte pour mettre l'instrument à zéro et corriger la dérive.

Exemple : Il est possible d'effectuer une mesure du gaz d'étalonnage avant et après l'analyse de l'échantillon sans remettre l'appareil à zéro, et d'utiliser les valeurs moyennes arithmétiques des aires des mesures avant et après le passage du gaz d'étalonnage pour calculer un facteur de réponse (aires des mesures/concentration du gaz d'étalonnage), que l'on multiplie ensuite par la valeur des aires des mesures de l'échantillon pour déterminer la concentration de l'échantillon.

7.2.1.4 Réactifs et matériel

Le degré de pureté de tous les réactifs ainsi que des gaz vecteurs et des gaz d'appoint doit être de 99,995 %. Le gaz d'appoint doit être N_2 ou Ar/CH_4.

7.2.1.5 Procédure d'intégration des pics

7.2.1.5.1 Les valeurs d'intégration des pics doivent être corrigées si nécessaire dans le système de données. Tous les segments de base mal placés doivent être corrigés dans le chromatogramme reconstruit.

7.2.1.5.2 Les identifications des pics fournies par un ordinateur doivent être vérifiées et corrigées si nécessaire.

7.2.1.5.3 Toutes les évaluations doivent se fonder sur les aires des pics. Une autre solution consiste à utiliser les hauteurs des pics, avec l'accord de l'autorité compétente.

7.2.1.6 Linéarité

7.2.1.6.1 Un étalonnage multipoint, destiné à confirmer la linéarité de l'instrument, doit être effectué pour le composé cible :

a) Pour tout nouvel instrument ;

b) Après qu'aient été effectuées des modifications de l'instrument susceptibles d'affecter sa linéarité ; et

c) Au moins une fois par an.

7.2.1.6.2 L'étalonnage multipoint est effectué sur au moins trois concentrations, chacune située au-dessus de la limite de détection, réparties sur la gamme prévue de concentrations de l'échantillon.

7.2.1.6.3 Chaque niveau de concentration est mesuré au moins deux fois.

7.2.1.6.4 Une analyse de régression linéaire par la méthode des moindres carrés est effectuée en utilisant la concentration et les surfaces moyennes arithmétiques pour déterminer le coefficient de corrélation de régression r. Dans le cas d'un

étalonnage simple, le coefficient de corrélation de régression doit être supérieur à 0,995 pour être considéré comme linéaire pour les étalonnages en un point.

Si le contrôle hebdomadaire de la réponse de l'instrument indique que sa linéarité pourrait avoir changé, un étalonnage multipoint doit être effectué.

7.2.1.7 Contrôle de la qualité

7.2.1.7.1 L'étalon doit être analysé chaque jour où des analyses sont effectuées afin de calculer les facteurs de réponse à employer pour quantifier les concentrations des échantillons.

7.2.1.7.2 Aux fins du contrôle de la qualité, l'étalon doit être analysé dans les 24 h précédant l'analyse de l'échantillon.

7.2.1.8 Limites de détection et de quantification

La limite de détection est fondée sur la mesure du bruit à proximité du temps de rétention du N_2O (référence : DIN 32645, 01.11.2008) :

Limite de détection : LoD = moy. (bruit) + 3 × écart type

où l'écart type est considéré comme égal au bruit.

Limite de quantification : LQ = 3 × LoD.

Aux fins du calcul de la masse de N_2O, les concentrations inférieures à LoD sont considérées comme nulles.

7.2.1.9 Vérification de l'interférence

L'interférence provient de tout composant présent dans l'échantillon dont le temps de rétention est similaire à celui du composé cible défini dans la présente méthode. Pour réduire les erreurs d'interférence, une preuve de l'identité chimique peut nécessiter des confirmations périodiques au moyen d'une méthode ou d'instruments de substitution.

7.3 Méthodes de prélèvement et d'analyse de l'éthanol (C_2H_5OH) (le cas échéant)

7.3.1 Séparateur à impact et analyse par chromatographie gazeuse de l'échantillon liquide

7.3.1.1 Prélèvement

En fonction de la méthode d'analyse utilisée, les échantillons peuvent être prélevés sur les gaz d'échappement provenant du CVS.

À chaque phase de l'essai, un échantillon de gaz doit être prélevé pour analyse dans le sac de gaz d'échappement dilués et dans le sac d'air de dilution. L'autre solution consiste à analyser un seul échantillon composite d'air ambiant.

La température des lignes de prélèvement des gaz d'échappement doit être supérieure de plus de 3 °C au point de rosée maximal des gaz d'échappement dilués, mais inférieure à 121 °C.

7.3.1.2 Méthode de la chromatographie en phase gazeuse.

Un échantillon doit être introduit dans un chromatographe en phase gazeuse (CG). Les alcools contenus dans l'échantillon doivent être séparés dans une colonne capillaire de CG et l'éthanol doit être détecté et quantifié au moyen d'un détecteur à ionisation de flamme (FID).

7.3.1.2.1 Transfert des échantillons

Il est possible de stocker les échantillons dans des récipients secondaires en vue de leur transport entre la chambre d'essai et le laboratoire de chromatographie en phase gazeuse. Les précautions techniques nécessaires

doivent être prises pour éviter une dilution supplémentaire lors du transfert des échantillons des sacs de collecte dans des sacs secondaires.

7.3.1.2.1.1 Récipients secondaires de stockage des échantillons

Les volumes de gaz doivent être mis dans des conteneurs suffisamment propres, permettant de réduire le plus possible les fuites ou la perméation des gaz. Les règles de bonne pratique technique doivent être prises en compte pour déterminer les processus et seuils acceptables en ce qui concerne la propreté et la perméabilité des conteneurs.

7.3.1.2.1.2 Stockage des échantillons

Les sacs secondaires de stockage des échantillons doivent être conservés à température ambiante et leur contenu doit être analysé dans les 24 h.

7.3.1.2.2 Prélèvement d'échantillons au moyen de séparateurs à impact

7.3.1.2.2.1 À chaque phase de l'essai, deux séparateurs à impact sont remplis avec 15 ml d'eau désionisée et raccordés en série et une paire supplémentaire de séparateurs à impact est utilisée pour mesurer la concentration résiduelle.

7.3.1.2.2.2 Les séparateurs à impact sont conditionnés à la température d'un bain de glace avant la collecte d'échantillons et sont maintenus à cette température pendant la collecte.

7.3.1.2.2.3 Après prélèvement, la solution contenue dans chaque séparateur à impact est transférée dans un flacon qui est scellé pour le stockage et/ou le transport avant l'analyse en laboratoire.

7.3.1.2.2.4 Les échantillons doivent être réfrigérés à une température inférieure à 5 °C s'ils ne peuvent pas être analysés immédiatement, mais l'analyse doit avoir lieu dans un délai maximal de 6 jours.

7.3.1.2.2.5 Les règles de bonne pratique technique doivent être appliquées pour la taille de l'échantillon et sa manipulation.

7.3.1.3 Instruments et appareils

7.3.1.3.1 L'échantillon peut être injecté directement dans le chromatographe en phase gazeuse ou un préconcentrateur approprié peut être utilisé, auquel cas ce dernier doit être utilisé pour toutes les vérifications et contrôles de qualité nécessaires.

7.3.1.3.2 Une colonne de CG avec une phase stationnaire appropriée d'une durée adaptée pour obtenir une résolution adéquate du pic de C_2H_5OH doit être utilisée pour l'analyse. Le choix du profil de température de la colonne et du gaz vecteur doit être pris en compte lors de la mise au point de la méthode à appliquer pour obtenir une résolution adéquate des pics de C_2H_5OH. L'opérateur doit s'efforcer d'obtenir autant que possible des pics dont les bases sont séparées.

7.3.1.3.3 Les règles de bonne pratique technique doivent être prises en compte pour mettre l'instrument à zéro et corriger la dérive. Un exemple d'application des règles de bonne pratique technique est donné au paragraphe 7.2.1.3.5 de la présente annexe.

7.3.1.4 Réactifs et matériel

Les puretés minimales des gaz vecteurs doivent être les suivantes :

Azote : 99,998 %.

Hélium : 99,995 %.

Hydrogène : 99,995 %.

Dans le cas où le prélèvement est effectué avec des séparateurs à impact :

Étalons liquides de C_2H_5OH dans l'eau pure : C_2H_5OH 100 %, qualité analytique.

7.3.1.5 Procédure d'intégration des pics

La procédure d'intégration des pics est appliquée comme indiqué au paragraphe 7.2.1.5 de la présente annexe.

7.3.1.6 Linéarité

Un étalonnage multipoint, destiné à confirmer la linéarité de l'instrument, doit être effectué conformément au paragraphe 7.2.1.6 de la présente annexe.

7.3.1.7 Contrôle de la qualité

7.3.1.7.1 Un prélèvement à blanc d'azote ou d'air est effectué avant l'exécution de la norme d'étalonnage.

Un prélèvement à blanc hebdomadaire permet de vérifier s'il y a ou non contamination de l'ensemble du système.

Un prélèvement à blanc est effectué dans la semaine suivant l'essai.

7.3.1.7.2 L'étalon doit être analysé chaque jour où des analyses sont effectuées afin de calculer les facteurs de réponse à employer pour quantifier les concentrations des échantillons.

7.3.1.7.3 Aux fins du contrôle de la qualité, un étalon doit être analysé dans les 24 h précédant l'analyse des échantillons.

7.3.1.8 Limites de détection et de quantification

Les limites de détection et de quantification sont déterminées conformément au paragraphe 7.2.1.8 de la présente annexe.

7.3.1.9 Vérification de l'interférence

L'interférence et la réduction des erreurs d'interférence sont décrites au paragraphe 7.2.1.9 de la présente annexe.

7.3.2 Autres méthodes pour le prélèvement et l'analyse de l'éthanol (C_2H_5OH)

7.3.2.1 Prélèvement

En fonction de la méthode d'analyse utilisée, des échantillons peuvent être prélevés dans les gaz d'échappement dilués provenant du CVS.

À chaque phase de l'essai, un échantillon de gaz doit être prélevé pour analyse dans le sac de gaz d'échappement dilués et d'air de dilution. L'autre solution consiste à analyser un seul échantillon composite d'air de dilution ambiant.

La température des lignes de prélèvement dans les gaz d'échappement dilués doit être supérieure de plus de 3 °C au point de rosée maximal des gaz d'échappement dilués, mais inférieure à 121 °C.

La fréquence d'étalonnage et les méthodes d'étalonnage doivent être adaptées à chaque instrument en application des meilleures pratiques et dans le respect systématique des normes relatives au contrôle de qualité.

7.3.2.2 Méthode de l'analyseur infrarouge à transformée de Fourier (FTIR)

Le système FTIR doit être conçu pour la mesure des gaz d'échappement dilués directement à partir du système CVS sur une base continue ou à partir des sacs de gaz d'échappement dilués.

7.3.2.2.1 Interférences avec les mesures

La résolution spectrale de la longueur d'onde cible doit être de 0,5 par cm ou mieux afin de réduire le plus possible les interférences causées par d'autres gaz présents dans les gaz d'échappement.

Le FTIR doit être expressément optimisé pour la mesure de l'éthanol en termes de linéarisation selon une norme spécifiée, ainsi que pour la correction et/ou la compensation des gaz interférents coexistants.

7.3.2.3 Méthode photo-acoustique

L'analyseur photo-acoustique doit être expressément conçu pour la mesure de l'éthanol en termes de linéarisation selon une norme spécifiée, ainsi que pour la correction et/ou la compensation des gaz interférents coexistants.

L'étalonnage est effectué deux fois par an à l'aide d'un gaz d'étalonnage du calibrage (éthanol dans N_2 sec par exemple).

7.3.2.4 Méthode de spectrométrie de masse par transfert de protons − (PTR-MS)

La PTR-MS est une technique fondée sur une ionisation de chimie douce par transfert de protons pour la détection de composés organiques volatils (COV).

Les ions réactifs, hydronium, (H_3O^+) par exemple, devraient être choisis expressément pour la mesure de l'éthanol et pour réduire le plus possible les interférences avec les mesures des gaz coexistants.

Le système devrait être linéarisé selon une norme spécifiée.

7.3.2.4.1 Méthode d'étalonnage

La réponse de l'analyseur devrait être périodiquement étalonnée, au moins une fois par mois, à l'aide d'un gaz consistant en l'analyte cible de la concentration connue équilibrée par un mélange des gaz coexistants aux concentrations normalement prévisibles de l'échantillon de gaz d'échappement (N_2, O_2 et H_2O par exemple).

7.3.2.5 Méthode de chromatographie en phase gazeuse directe

Les gaz d'échappement dilués doivent être collectés sur un piège et injectés dans une colonne à chromatographie en vue de la séparation des gaz qui les constituent. Il faut étalonner le piège en déterminant la linéarité du système dans la fourchette des concentrations attendues des gaz d'échappement dilués (y compris le gaz de zéro) et en confirmant la concentration maximale que l'on peut mesurer sans surcharger et saturer le piège.

L'éthanol est détecté à partir de la colonne au moyen d'un détecteur à photo-ionisation (PID) ou d'un détecteur à ionisation de flamme (FID).

Le système doit être configuré pour effectuer des mesures spécifiques de l'éthanol à partir des phases applicables du WLTC.

Le système doit être linéarisé selon une norme spécifiée.

7.3.2.5.1 Fréquence d'étalonnage

Un étalonnage doit être effectué une fois par semaine ou après un entretien. Aucune compensation n'est nécessaire.

7.4 Méthodes de prélèvement et d'analyse pour le formaldéhyde et l'acétaldéhyde (le cas échéant)

Les aldéhydes doivent être prélevés avec des cartouches imprégnées de dinitrophénylhydrazine (DNPH). L'élution des cartouches doit être faite avec l'acétonitrile. L'analyse doit être effectuée par chromatographie en phase liquide à haute performance (HPLC), avec un détecteur ultraviolet (UV) à 360 nm ou un détecteur à barrettes de diodes (DAD). Les masses de carbonyle de la gamme comprise entre 0,02 et 200 µg sont mesurées avec cette méthode.

7.4.1.1 Prélèvement

En fonction de la méthode d'analyse utilisée, les échantillons peuvent être prélevés sur les gaz d'échappement provenant du CVS.

À chaque phase de l'essai, un échantillon de gaz doit être prélevé pour analyse dans le sac de gaz d'échappement dilués et d'air de dilution. L'autre solution consiste à analyser un seul échantillon composite d'air de dilution ambiant.

La température des lignes de prélèvement dans les gaz d'échappement dilués doit être supérieure de plus de 3 °C au point de rosée maximal des gaz d'échappement dilués, mais inférieure à 121 °C.

7.4.1.2 Cartouches

Les cartouches imprégnées de DNPH doivent être scellées et réfrigérées à une température inférieure à 4 °C depuis leur réception en provenance du fabricant jusqu'au moment où elles sont prêtes à l'emploi.

7.4.1.2.1 Capacité du système

Le système de prélèvement du formaldéhyde et de l'acétaldéhyde doit avoir une capacité suffisante pour permettre la collecte d'échantillons d'une taille convenant pour l'analyse sans que cela ait un impact notable sur le volume des gaz d'échappement passant par le CVS.

7.4.1.2.2 Stockage des échantillons

Les échantillons qui n'ont pas été analysés dans les 24 h suivant leur prélèvement doivent être réfrigérés à une température inférieure à 4 °C. Les échantillons réfrigérés ne doivent pas être analysés après plus de 30 jours de stockage.

7.4.1.2.3 Préparation des échantillons

Pour l'élution des cartouches, il faut enlever leurs bouchons, faire l'extraction avec l'acétonitrile et placer l'extrait dans des bouteilles de stockage en verre. La solution doit être transférée depuis chaque cartouche vers des flacons en verre scellés avec de nouveaux bouchons à vis avec septum.

7.4.1.2.4 Les règles de bonne pratique technique doivent être appliquées pour éviter que le volume de claquage ne soit atteint.

7.4.1.3 Instruments

Un échantillonneur automatique de liquides et soit un HPLC-UV soit un HPLC-DAD doivent être utilisés.

7.4.1.4 Réactifs

Les réactifs suivants doivent être utilisés :

a) Acétonitrile, qualité HPLC ;

b) Eau, qualité HPLC ;

c) 2,4 DNPH purifiée : la DNPH non purifiée doit être recristallisée deux fois à partir d'acétonitrile. Il faut vérifier s'il y a des contaminants dans la DNPH recristallisée en injectant dans la HPLC une solution diluée de DNPH dans de l'acétonitrile non contaminée ;

d) Des complexes carbonyle/2,4-dinitrophénylhydrazone peuvent provenir de sources extérieures ou être préparés dans le laboratoire. Les étalons utilisés doivent être recristallisés au moins trois fois à partir de l'éthanol à 95 % ;

e) Acide sulfurique ou acide perchlorique, qualité de réactif d'analyse ;

f) Cartouches imprégnées de DNPH.

7.4.1.4.1 Solution mère et étalon

7.4.1.4.1.1 On prépare une solution mère étalon en diluant avec de l'acétonitrile les complexes cibles carbonyle/2,4-DNPH. Une solution mère étalon contient généralement 3,0 µg/ml de chaque composé carbonylé.

7.4.1.4.1.2 On peut aussi utiliser des solutions mères étalons à d'autres concentrations.

7.4.1.4.1.3 On prépare un étalon, lorsque cela est nécessaire, en diluant la solution mère étalon tout en veillant à ce que la concentration la plus élevée de l'étalon soit supérieure au niveau d'essai attendu.

7.4.1.4.2 Étalon de contrôle

Un étalon de contrôle qualité, contenant tous les complexes cibles carbonyles/2,4 DNPH dans la fourchette typique de concentration des échantillons réels, doit être analysé pour contrôler la précision de l'analyse de chaque carbonyle cible.

L'étalon de contrôle qualité peut provenir de sources extérieures, être préparé en laboratoire à partir d'une solution mère différente de l'étalon ou être préparé par mélange de lots de vieux échantillons. L'étalon de contrôle doit être additionné d'une solution mère de composés cibles et remué pendant au moins 2 h. Si besoin est, la solution doit être filtrée au moyen d'un papier filtre pour éliminer les précipités.

7.4.1.5 Procédure

7.4.1.5.1 Les flacons contenant l'échantillon zéro, l'étalon, l'étalon de contrôle, et les échantillons en vue de l'injection ultérieure dans la HPLC doivent être préparés.

7.4.1.5.2 Les colonnes, les températures et les solvants/éluants doivent être choisis de manière à obtenir une résolution adéquate des pics. Des colonnes de polarité et longueur adéquates doivent être utilisées. La méthode doit spécifier la colonne, la température, le détecteur, le volume de l'échantillon, les solvants et le débit.

7.4.1.5.3 Il faut faire preuve de bonnes capacités d'analyse pour évaluer la qualité du fonctionnement de l'instrument et de tous les éléments du protocole.

7.4.1.6 Linéarité

Un étalonnage multipoint, destiné à confirmer la linéarité de l'instrument, doit être effectué conformément au paragraphe 7.2.1.6.

7.4.1.7 Contrôle de la qualité

7.4.1.7.1 Échantillon zéro

Une cartouche doit être analysée comme échantillon zéro pour chaque essai d'émission. Si l'échantillon zéro présente un pic plus grand que la limite de détection (LOD) dans la région concernée, il faut enquêter sur la source de la contamination et y remédier.

7.4.1.7.2 Exercice d'étalonnage

L'étalon doit être analysé chaque jour où des analyses sont effectuées afin de calculer les facteurs de réponse à employer pour quantifier les concentrations des échantillons.

7.4.1.7.3 Étalon de contrôle

Un étalon de contrôle de la qualité doit être analysé au moins une fois tous les 7 jours.

7.4.1.8 Limite de détection et limite de quantification

La LoD pour les analytes cibles doit être déterminée :

a) Pour les nouveaux instruments ;

b) Après avoir apporté aux instruments des modifications susceptibles d'affecter la LoD ; et

c) Au moins une fois par an.

7.4.1.8.1 Un étalonnage multipoint comprenant au moins quatre niveaux de concentration « faibles », chacun au-dessus de la LoD, avec au moins cinq déterminations successives du plus petit étalon standard de concentration, doit être effectué.

7.4.1.8.2 La LoD maximale admissible des dérivés de l'hydrazine est 0,0075 µg/ml.

7.4.1.8.3 La LoD calculée en laboratoire doit être inférieure ou égale à la LoD maximale admissible.

7.4.1.8.4 Tous les pics identifiés comme correspondant à des composés cibles qui sont supérieurs ou égaux à la LoD maximale admissible doivent être enregistrés.

7.4.1.8.5 Aux fins du calcul de la masse totale de toutes les espèces, les concentrations des composés inférieures à la LoD sont considérées comme égales à zéro.

Le calcul final de la masse est effectué selon l'équation du paragraphe 3.2.1.7 de l'annexe 7.

7.4.1.9 Vérification des interférences

Pour réduire les erreurs dues aux interférences, une preuve de l'identité chimique peut nécessiter des confirmations périodiques au moyen d'une méthode ou d'instruments de substitution, comme par exemple d'autres colonnes HPLC ou des compositions de phase mobiles.

7.4.2 Autres méthodes de prélèvement et d'analyse du formaldéhyde et de l'acétaldéhyde

7.4.2.1 Prélèvements

En fonction de la méthode d'analyse utilisée, les prélèvements peuvent être effectués à partir des gaz d'échappement provenant du CVS.

À chaque phase de l'essai, un échantillon de gaz doit être prélevé pour analyse dans le sac de gaz d'échappement dilués et d'air de dilution. L'autre solution consiste à analyser un seul échantillon composite d'air de dilution ambiant.

La température des lignes de prélèvement dans les gaz d'échappement dilués doit être supérieure de plus de 3 °C au point de rosée maximal des gaz d'échappement dilués, mais inférieure à 121 °C.

La fréquence d'étalonnage et les méthodes d'étalonnage doivent être adaptées à chaque instrument en application des meilleures pratiques et dans le respect des normes relatives au contrôle de qualité.

7.4.2.2 Méthode de l'analyseur infrarouge à transformée de Fourier (FTIR)

Le système FTIR doit être conçu pour la mesure des gaz d'échappement dilués directement à partir du système CVS sur une base continue ainsi qu'à partir de la source d'air dilué du CVS, ou à partir des sacs de gaz d'échappement dilués.

7.4.2.2.1 Interférences avec les mesures

La résolution spectrale de la longueur d'onde cible doit être de 0,5 par cm ou mieux afin de réduire le plus possible les interférences causées par d'autres gaz présents dans les gaz d'échappement.

Le FTIR doit être expressément optimisé pour la mesure de l'acétaldéhyde et du formaldéhyde en termes de linéarisation selon une norme spécifiée, ainsi que pour la correction et/ou la compensation des gaz interférents coexistants.

7.4.2.3 Méthode de spectrométrie de masse par transfert de protons − (PTR-MS)

La PTR-MS est une technique fondée sur une ionisation de chimie douce par transfert de protons pour la détection de composés organiques volatils (COV).

Les ions réactifs, hydronium (H_3O+) par exemple, doivent être choisis expressément pour la mesure de l'acétaldéhyde et du formaldéhyde et pour

réduire le plus possible les interférences avec les mesures des gaz coexistants. Le système devrait être linéarisé selon une norme spécifiée.

7.4.2.3.1 Méthode d'étalonnage

La réponse de l'analyseur devrait être périodiquement étalonnée, au moins une fois par mois, à l'aide d'un gaz constitué par l'analyte cible de la concentration connue équilibré par un mélange des gaz coexistants aux concentrations normalement attendues de l'échantillon de gaz d'échappement (N_2, O_2 et H_2O par exemple).

Annexe 6

Procédures et conditions pour l'essai de type 1

1. Description des essais

1.1 L'essai de type 1 est utilisé pour mesurer les émissions de composés gazeux, les matières particulaires, le nombre de particules (le cas échéant), les émissions massiques de CO_2, la consommation de carburant, la consommation d'énergie électrique et l'autonomie électrique au cours du cycle d'essai WLTP applicable.

1.1.1 Les essais doivent être exécutés selon la méthode présentée au paragraphe 2 de la présente annexe ou au paragraphe 3 de l'annexe 8 pour les véhicules électriques purs, les véhicules hybrides électriques et les véhicules hybrides à pile à combustible à hydrogène comprimé. Les gaz d'échappement et les matières particulaires doivent être prélevés et analysés selon les méthodes prescrites et le nombre de particules (le cas échéant) mesuré.

1.2 Le nombre d'essais à effectuer est déterminé selon le diagramme de la figure A6/1. La valeur limite est la valeur maximale autorisée pour les polluants réglementés telle qu'elle est définie par la Partie contractante.

1.2.1 Le diagramme de la figure A6/1 n'est applicable qu'à l'ensemble du cycle d'essai WLTP applicable et non à telle ou telle de ses phases.

1.2.2 Les résultats des essais sont les valeurs obtenues lorsque la correction fondée sur la variation d'énergie dans le SRSEE, Ki, et d'autres corrections régionales (le cas échéant) sont appliquées.

1.2.3 Détermination des valeurs du cycle total

1.2.3.1 Si, durant l'un quelconque des essais la limite est dépassée pour un critère, le véhicule doit être rejeté.

1.2.3.2 En fonction du type de véhicule, le constructeur déclare applicables la valeur du cycle total des émissions massiques de CO_2, la consommation d'énergie électrique, la consommation de combustible pour les VHPC-NRE, ainsi que la PER et l'AER selon le tableau A6/1.

1.2.3.3 La valeur déclarée de la consommation d'énergie électrique pour les VHE-RE en mode épuisement de la charge ne doit pas être déterminée selon la figure A6/1. Elle est retenue comme valeur d'homologation de type si la valeur déclarée du CO_2 est acceptée comme la valeur d'homologation. Si ce n'est pas le cas, la valeur mesurée de la consommation d'énergie électrique est retenue comme valeur d'homologation de type. Le cas échéant, les éléments témoignant d'une corrélation entre les émissions massiques déclarées de CO_2 et la consommation d'énergie électrique sont communiqués à l'avance à l'autorité compétente.

1.2.3.4 Si, après le premier essai, il est satisfait à tous les critères de la ligne 1 du tableau A6/2 applicable, toutes les valeurs déclarées par le constructeur doivent être acceptées comme valeurs d'homologation de type. S'il n'est pas satisfait à l'un quelconque des critères de la ligne 1 du tableau A6/2 applicable un deuxième essai doit être effectué avec le même véhicule.

1.2.3.5 Après le deuxième essai, les valeurs moyennes arithmétiques correspondant aux résultats des deux essais sont calculées. Si ces valeurs moyennes arithmétiques satisfont à tous les critères de la ligne 2 du tableau A6/2 applicable, toutes les valeurs déclarées par le constructeur doivent être acceptées comme valeurs d'homologation de type. S'il n'est pas satisfait à l'un quelconque des critères de la ligne 2 du tableau A6/2 applicable, un troisième essai doit être effectué avec le même véhicule.

1.2.3.6 Après le troisième essai, les valeurs moyennes arithmétiques correspondant aux résultats des trois essais sont calculées. Pour tous les paramètres qui satisfont au critère correspondant de la ligne 3 du tableau A6/2 applicable, la valeur déclarée doit être retenue comme la valeur d'homologation de type. Pour tout paramètre qui ne satisfait pas au critère correspondant de la ligne 3 du tableau A6/2 applicable, le résultat correspondant à la valeur moyenne arithmétique est retenu comme valeur d'homologation de type.

1.2.3.7 Dans le cas où il n'est pas satisfait à l'un quelconque des critères du tableau A6/2 applicable après le premier ou deuxième essai, à la demande du constructeur et avec l'approbation de l'autorité compétente, les valeurs peuvent être déclarées à nouveau comme valeurs plus élevées pour les émissions ou comme valeurs plus faibles pour l'autonomie électrique, afin de réduire le nombre d'essais requis pour l'homologation de type.

1.2.3.8 Détermination de $dCO2_1$, $dCO2_2$ et $dCO2_3$*

1.2.3.8.1 En sus des prescriptions du paragraphe 1.2.3.8.2, la Partie contractante détermine une valeur allant de 0,990 à 1,020 pour $dCO2_1$, de 0,995 à 1,020 pour $dCO2_2$ et de 1,000 à 1,020 pour $dCO2_3$ dans le tableau A6/2.

1.2.3.8.2 Si l'essai d'épuisement de la charge du type 1 pour les VHE-RE comprend plusieurs cycles d'essai WLTP applicables et que la valeur de dCO2x est inférieure à 1,0, la valeur de dCO2x est remplacée par 1,0.

1.2.3.9 Si un résultat d'essai ou la moyenne de résultats est confirmé et retenu comme valeur d'homologation de type, cette valeur est dénommée « valeur déclarée » en vue de calculs ultérieurs.

Tableau A6/1
Règles applicables aux valeurs déclarées par un constructeur (valeurs du cycle total)[1]

Type de véhicule		*M_{CO2}*[2] *(g/km)*	*FC (kg/100 km)*	*Consommation d'énergie électrique*[3] *(Wh/km)*	*Autonomie en mode électrique pur*[3] *(km)*
Véhicules soumis à des essais conformément à l'annexe 6 (équipés d'un moteur à combustion interne uniquement)		M_{CO2} Par. 3 de l'annexe 7	-	-	-
VHPC-NRE		-	FC_{CS} Par. 4.2.1.2.1 de l'annexe 8	-	-
VHE-NRE		$M_{CO2,CS}$ Par. 4.1.1 de l'annexe 8	-	-	-
VHE-RE	CD	$M_{CO2,CD}$ Par. 4.1.2 de l'annexe 8	-	$EC_{AC,CD}$ Par. 4.3.1 de l'annexe 8	AER Par. 4.4.1.1 de l'annexe 8
	CS	$M_{CO2,CS}$ Par. 4.1.1 de l'annexe 8	-	-	-
PEV		-	-	EC_{WLTC} Par. 4.3.4.2 de l'annexe 8	PER_{WLTC} Par. 4.4.2 de l'annexe 8

[1] La valeur déclarée doit être la valeur à laquelle les corrections nécessaires sont appliquées (correction Ki et autres corrections régionales).

[2] Arrondir comme suit : xxx.xx.

* Note du secrétariat : Cet élément est en cours d'examen par une équipe spéciale.

[3] Arrondir comme suit : xxx.x.

Figure A6/1
Diagramme de décision relatif au nombre d'essais de type 1 à réaliser

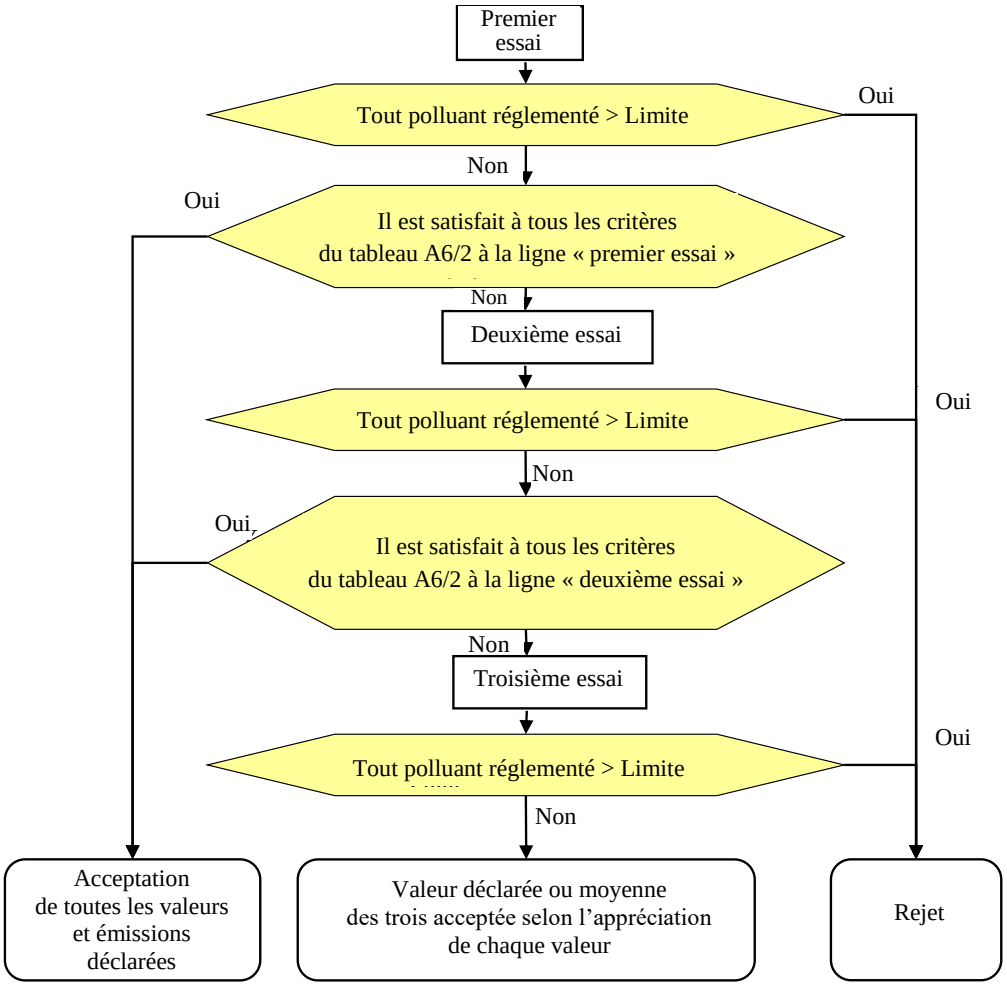


Tableau A6/2
Critères pour déterminer le nombre d'essais

Essai de maintien de charge de type 1 pour les véhicules VHE-NRE et VHE-RE à moteur à combustion interne (véhicules équipés uniquement d'un moteur à combustion interne)

	Essai	*Paramètre d'appréciation*	*Émission réglementée*	M_{CO2}
Ligne 1	Premier essai	Résultat du premier essai	≤ Limite imposée × 0,9	≤ Valeur déclarée × $dCO2_1$[2]
Ligne 2	Deuxième essai	Moyenne arithmétique des résultats des premier et deuxième essais	≤ Limite imposée × 1,0[1]	≤ Valeur déclarée × $dCO2_2$[2]
Ligne 3	Troisième essai	Moyenne arithmétique des résultats des trois essais	≤ Limite imposée × 1,0[1]	≤ Valeur déclarée × $dCO2_3$[2]

[1] Chaque résultat d'essai doit respecter la limite imposée.
[2] $dCO2_1$, $dCO2_2$ et $dCO2_3$ doivent être déterminés conformément au paragraphe 1.2.3.8 de la présente annexe.

Essai d'épuisement de la charge de type 1 pour les VHE-RE

	Essai	*Paramètre d'appréciation*	*Émission réglementée*	$M_{CO2,CD}$	*AER*
Ligne 1	Premier essai	Résultat du premier essai	≤ Limite imposée × 0,9[1]	≤ Valeur déclarée × $dCO2_1$[3]	≥ Valeur déclarée × 1,0
Ligne 2	Deuxième essai	Moyenne arithmétique des résultats des premier et deuxième essais	≤ Limite imposée × 1,0[2]	≤ Valeur déclarée × $dCO2_2$[3]	≥ Valeur déclarée × 1,0
Ligne 3	Troisième essai	Moyenne arithmétique des résultats des trois essais	≤ Limite imposée × 1,0[2]	≤ Valeur déclarée × $dCO2_3$[3]	≥ Valeur déclarée × 1,0

[1] « 0,9 » n'est remplacé par « 1,0 » pour l'essai d'épuisement de la charge de type 1 pour les VHE-RE, que si l'essai d'épuisement de la charge contient plusieurs cycles WLTC applicables.

[2] Tout résultat d'essai doit aussi être en dessous de la limite imposée.

[3] $dCO2_1$, $dCO2_2$ et $dCO2_3$ doivent être déterminés conformément au paragraphe 1.2.3.8 de la présente annexe.

Pour les VEP

	Essai	*Paramètre d'appréciation*	*Consommation d'énergie électrique*	*PER*
Ligne 1	Premier essai	Résultat du premier essai	≤ Valeur déclarée × 1,0	≥ Valeur déclarée × 1,0
Ligne 2	Deuxième essai	Moyenne arithmétique des résultats des premier et deuxième essais	≤ Valeur déclarée × 1,0	≥ Valeur déclarée × 1,0
Ligne 3	Troisième essai	Moyenne arithmétique des résultats des trois essais	≤ Valeur déclarée × 1,0	≥ Valeur déclarée × 1,0

Pour les VHPC-NRE

	Essai	*Paramètre d'appréciation*	FC_{CS}
Ligne 1	Premier essai	Résultat du premier essai	≤ Valeur déclarée × 1,0
Ligne 2	Deuxième essai	Moyenne arithmétique des résultats des premier et deuxième essais	≤ Valeur déclarée × 1,0
Ligne 3	Troisième essai	Moyenne arithmétique des résultats des trois essais	≤ Valeur déclarée × 1,0

1.2.4 Détermination des valeurs propres à une phase

1.2.4.1 Valeur propre à une phase pour le CO_2

1.2.4.1.1 Une fois que la valeur déclarée des émissions massiques de CO_2 pour le cycle total a été acceptée, la moyenne arithmétique des valeurs propres aux phases des résultats d'essai en g/km est multipliée par le coefficient d'ajustement CO2-AF pour compenser la différence entre la valeur déclarée et les résultats des essais. Cette valeur corrigée est la valeur d'homologation de type pour le CO_2.

$$\mathrm{CO2\_AF} = \frac{\text{valeur déclarée}}{\text{valeur combinée de phase}}$$

où :

Valeur combinée de phase

$$= \frac{(CO2_{ave_L} \times D_L) + (CO2_{ave_M} \times D_M) + (CO2_{ave_H} \times D_H) + (CO2_{ave_{exH}} \times D_{exH})}{D_L + D_M + D_H + D_{exH}}$$

où :

$CO2_{ave_L}$ est la moyenne arithmétique des résultats d'émissions massiques de CO_2 pour la phase L, en g/km ;

$CO2_{ave_M}$ est la moyenne arithmétique des résultats d'émissions massiques de CO_2 pour la phase M, en g/km ;

$CO2_{ave_H}$ est la moyenne arithmétique des résultats d'émissions massiques de CO_2 pour la phase H en g/km ;

$CO2_{ave_{exH}}$ est la moyenne arithmétique des résultats d'émissions massiques de CO_2 pour la phase exH, en g/km ;

D_L est la distance théorique pour la phase L, en km ;

D_M est la distance théorique pour la phase M, en km ;

D_H est la distance théorique pour la phase H, en km ;

D_{exH} est la distance théorique pour la phase exH, en km.

1.2.4.1.2 Si la valeur déclarée des émissions massiques de CO_2 sur le cycle total n'est pas acceptée, il faut calculer la valeur des émissions massiques de CO_2 spécifiques par phase de l'homologation de type en prenant la moyenne arithmétique de tous les résultats d'essai pour la phase concernée.

1.2.4.2 Valeurs spécifiques par phase pour la consommation de carburant

On calcule la valeur de la consommation de carburant en fonction des émissions massiques de CO_2 en utilisant les équations du paragraphe 1.2.4.1 de la présente annexe et la moyenne arithmétique des émissions.

1.2.4.3 Valeur spécifique par phase pour la consommation d'énergie électrique, PER et AER

On calcule la consommation spécifique par phase d'énergie électrique et les autonomies spécifiques par phase en mode électrique en utilisant la moyenne arithmétique des valeurs spécifiques par phase des résultats des essais, sans facteur d'ajustement.

2. Conditions d'exécution de l'essai de type 1

2.1 Présentation générale

2.1.1 L'essai de type 1 est une séquence d'opérations de préparation du dynamomètre, d'approvisionnement en carburant, de stabilisation à chaud et d'essai.

2.1.2 Il consiste à faire fonctionner le véhicule sur un banc à rouleaux dans le cadre du cycle WLTC applicable pour l'interpolation. Une partie proportionnelle des gaz d'échappement dilués est recueillie de façon continue pour être analysée ensuite, à l'aide d'un dispositif de prélèvement à volume constant.

2.1.3 On mesure les concentrations ambiantes de tous les composés dont les émissions font l'objet d'une évaluation. Pour les essais portant sur les gaz d'échappement émis, cela implique de prélever et d'analyser l'air de dilution.

2.1.3.1 Mesure des particules dans l'air ambiant

2.1.3.1.1 Dans le cas où le constructeur demande et où la Partie contractante autorise que la masse des particules ambiantes prélevées dans l'air de dilution ou le tunnel de dilution soit soustraite des émissions mesurées, les concentrations ambiantes correspondantes doivent être déterminées comme indiqué dans les paragraphes 2.1.3.1.1.1 à 2.1.3.1.1.3 de la présente annexe.

2.1.3.1.1.1 La correction maximale admissible pour tenir compte des concentrations ambiantes est égale à une masse sur le filtre équivalant à 1 mg/km au débit fixé pour l'essai.

2.1.3.1.1.2 Si la concentration ambiante est supérieure à cette valeur, on soustrait la valeur par défaut de 1 mg/km.

2.1.3.1.1.3 Si la soustraction de la concentration ambiante produit un résultat négatif, on retient la valeur zéro.

2.1.3.1.2 La masse de particules ambiantes de matières particulaires dans l'air de dilution est déterminée en faisant passer de l'air de dilution filtré par le filtre à particules ambiantes. Cette opération s'effectue en un point situé directement en aval des filtres de l'air de dilution. Les concentrations, exprimées en $\mu g/m^3$, sont déterminées en calculant la moyenne arithmétique mobile d'un minimum de 14 mesures, sachant qu'une mesure au moins doit être effectuée chaque semaine.

2.1.3.1.3 La masse de particules ambiantes dans le tunnel de dilution est déterminée en faisant passer de l'air de dilution filtré par le filtre à particules ambiantes. Cette opération s'effectue au même point que le prélèvement des matières particulaires. Lorsqu'une dilution secondaire est prévue dans le cadre de l'essai, le dispositif de dilution secondaire doit être en service aux fins de la mesure de la concentration ambiante. Une mesure peut être faite le jour de l'essai, avant ou après ce dernier.

2.1.3.2 Détermination du nombre de particules dans l'air ambiant (le cas échéant)

2.1.3.2.1 Lorsqu'une Partie contractante autorise que le nombre de particules ambiantes constaté dans l'air de dilution ou le tunnel de dilution soit soustrait des résultats de mesure des émissions et qu'un constructeur demande une correction pour tenir compte des particules ambiantes, le calcul du nombre de particules doit s'effectuer comme suit :

2.1.3.2.1.1 La valeur ambiante peut être soit calculée, soit mesurée. La correction maximale admissible pour tenir compte du nombre de particules ambiantes est liée au taux de fuite maximal permissible du système de mesures du nombre de particules (0,5 particules/cm^3) calculé à partir du facteur de réduction de la concentration de particules (PCRF) et du débit du CVS utilisés dans l'essai réel ;

2.1.3.2.1.2 La Partie contractante ou le fabricant peut demander que les mesures du niveau ambiant réel soient utilisées au lieu des niveaux calculés ;

2.1.3.2.1.3 Si la soustraction du nombre de particules ambiantes produit un résultat négatif, on retient la valeur zéro.

2.1.3.2.2 Le nombre de particules ambiantes dans l'air de dilution est déterminé par prélèvement d'air de dilution filtré. Cette opération s'effectue en un point situé directement en aval des filtres de l'air de dilution, dans le dispositif de mesure du nombre de particules. La quantité de particules, exprimée en cm^3, est déterminée en calculant la moyenne arithmétique mobile d'un minimum de 14 mesures, sachant qu'une mesure au moins doit être effectuée chaque semaine.

2.1.3.2.3 Le nombre de particules ambiantes dans le tunnel de dilution est déterminé par prélèvement d'air de dilution filtré. Cette opération s'effectue au même point que le prélèvement aux fins de la mesure du nombre de particules. Lorsqu'une dilution secondaire est prévue dans le cadre de l'essai, le dispositif de dilution

secondaire doit être en service aux fins de la mesure du nombre de particules ambiantes. On peut effectuer une mesure le jour de l'essai, avant ou après ce dernier, en utilisant le PCRF réel et le débit du CVS utilisés durant l'essai.

2.2 Équipement général de la chambre d'essai

2.2.1 Paramètres à mesurer

2.2.1.1 Les températures ci-après doivent être mesurées avec une erreur maximale de mesure de ±1,5 °C :

a) Température de l'air ambiant dans la chambre d'essai ;

b) Températures dans les dispositifs de dilution et de prélèvement, selon les valeurs requises pour les appareils de mesure des émissions présentés à l'annexe 5.

2.2.1.2 La pression atmosphérique doit être mesurable avec une précision de ±0,1 kPa.

2.2.1.3 L'humidité spécifique H doit être mesurable avec une précision de ±1 g H_2O/kg d'air sec.

2.2.2 Chambre d'essai et espace de stabilisation

2.2.2.1 Chambre d'essai

2.2.2.1.1 Pour la chambre d'essai, la température de consigne est de 23 °C, avec une tolérance de ±5 °C. La température et l'humidité de l'air doivent être mesurées à la sortie du ventilateur de refroidissement de la chambre d'essai, à une fréquence de 0,1 Hz au minimum. Pour la température au début de l'essai, voir le paragraphe 2.8.1 de la présente annexe.

2.2.2.1.2 L'humidité spécifique H de l'air dans la chambre d'essai ou de l'air d'admission du moteur doit satisfaire à la condition suivante :

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

2.2.2.1.3 L'humidité doit être mesurée en continu, à une fréquence de 0,1 Hz au minimum.

2.2.2.2 Espace de stabilisation

Pour l'espace de stabilisation, la température de consigne est de 23 °C, avec une tolérance de ±3 °C sur une moyenne arithmétique mobile de 5 min et sans écart systématique par rapport à la température de consigne. L'humidité doit être mesurée en continu, à une fréquence de 0,033 Hz (toutes les 30 s) au minimum.

2.3 Véhicule d'essai

2.3.1 Généralités

Le véhicule d'essai doit être conforme en tout point au modèle qui est produit en série. Si ce n'est pas le cas, une description complète doit être consignée. Lorsqu'ils choisissent le véhicule d'essai, le constructeur et l'autorité compétente doivent convenir du modèle représentatif de la famille d'interpolation.

Pour la mesure des émissions, la résistance à l'avancement sur route telle que déterminée avec le véhicule d'essai H est appliquée. Dans le cas d'une famille de matrices de résistance à l'avancement sur route, pour la mesure des émissions, il faut appliquer la résistance à l'avancement sur route telle qu'elle a été calculée pour le véhicule H_M conformément au paragraphe 5.1 de l'annexe 4.

Si, à la demande du constructeur, la méthode d'interpolation est utilisée (voir le paragraphe 3.2.3.2 de l'annexe 7), une mesure additionnelle des émissions est effectuée en tenant compte de la résistance à l'avancement sur route telle que déterminée avec le véhicule d'essai L. Les véhicules H et L devraient être soumis à essai avec le même véhicule d'essai et il faut utiliser le rapport n/v le

plus court (avec une tolérance de ± 1,5 %) dans la famille d'interpolation. Dans le cas d'une famille de matrices de résistance à l'avancement sur route, il faut effectuer une mesure supplémentaire avec la résistance à l'avancement sur route qui a été calculée pour le véhicule L_M conformément au paragraphe 5.1 de l'annexe 4.

Les coefficients de résistance à l'avancement sur route et les masses d'essai des véhicules d'essai L et H peuvent être tirés de familles de résistance à l'avancement sur route différentes, sous réserve que l'écart entre ces familles résulte de l'application du paragraphe 6.8 de l'annexe 4 et que les prescriptions du paragraphe 2.3.2 de la présente annexe soient respectées.

2.3.2 Plage d'interpolation pour le CO_2

2.3.2.1 La méthode d'interpolation ne doit être appliquée que si :

La différence entre les véhicules d'essai L et H en ce qui concerne le CO_2 durant le cycle applicable résultant de l'étape 9 du tableau A7/1 de l'annexe 7 se situe entre un minimum de 5 g/km et un maximum défini au paragraphe 2.3.2.2 de la présente annexe.

2.3.2.2 L'écart de CO_2 maximum autorisé durant le cycle applicable résultant de l'étape 9 du tableau A7/1 de l'annexe 7 entre les véhicules d'essai L et H est de 20 % plus 5 g/kg des émissions de CO_2 provenant du véhicule H, soit 15 g/km au moins et 30 g/km au plus.

Cette restriction ne peut s'appliquer à une famille de matrices de résistance à l'avancement sur route.

2.3.2.3 À la demande du constructeur, et avec l'accord de l'autorité compétente, la ligne d'interpolation peut être extrapolée à un maximum de 3 g/km au-dessus du niveau d'émissions de CO_2 du véhicule H et/ou au-dessous du niveau d'émissions de CO_2 du véhicule L.

L'extrapolation n'est pas autorisée pour application à une famille de matrices de résistance à l'avancement sur route.

2.3.3 Rodage

Le véhicule doit être présenté en bon état sur le plan technique. Il doit avoir été rodé et avoir parcouru entre 3 000 et 15 000 km avant l'essai. Le rodage du moteur, de la transmission et du véhicule doit être effectué conformément aux prescriptions du constructeur.

2.4 Réglages

2.4.1 Les réglages et la vérification du dynamomètre doivent être effectués conformément aux dispositions de l'annexe 4.

2.4.2 Fonctionnement du dynamomètre

2.4.2.1 Lorsque le dynamomètre est en marche, les dispositifs auxiliaires doivent être arrêtés ou désactivés à moins que leur fonctionnement ne soit imposé par la législation régionale.

2.4.2.2 Le mode de fonctionnement du dynamomètre du véhicule, s'il existe, doit être activé conformément aux instructions du constructeur (par exemple, en appuyant sur une série de boutons au volant dans un ordre déterminé, en utilisant l'appareil d'essai en atelier du constructeur ou en retirant un fusible).

Le constructeur doit fournir à l'autorité compétente la liste des dispositifs désactivés et lui indiquer les raisons de leur désactivation. Le mode de fonctionnement du dynamomètre doit être homologué par l'autorité compétente et l'utilisation de ce mode doit être enregistrée.

2.4.2.3 Le mode de fonctionnement du dynamomètre du véhicule ne doit pas activer, moduler, retarder ou désactiver le fonctionnement d'un quelconque élément ayant une incidence sur les émissions et la consommation de carburant dans

les conditions d'essai. Tout dispositif ayant une incidence sur le fonctionnement du banc à rouleaux doit être mis dans un état assurant un fonctionnement normal.

2.4.3 Le système d'échappement du véhicule ne doit pas présenter de fuite ayant pour effet de réduire la quantité de gaz collectée.

2.4.4 Les réglages de la chaîne de traction et des commandes du véhicule doivent être conformes à ceux prescrits par le constructeur pour la production en série.

2.4.5 Les pneumatiques doivent être d'un type reconnu par le constructeur comme équipement d'origine. Leur pression peut être augmentée jusqu'à 50 % au-dessus de la pression indiquée au paragraphe 4.2.2.3 de l'annexe 4. Une même pression doit être appliquée pour le réglage du dynamomètre et pour tous les essais ultérieurs. La pression appliquée doit être consignée.

2.4.6 Carburant de référence

Le carburant de référence approprié, tel que spécifié à l'annexe 3, doit être utilisé pour les essais.

2.4.7 Préparation du véhicule d'essai

2.4.7.1 Le véhicule doit être approximativement à l'horizontale durant l'essai, de façon à éviter toute distribution anormale du carburant.

2.4.7.2 Au besoin, le constructeur doit fournir des accessoires et des adaptateurs supplémentaires nécessaires pour installer un système de vidange du carburant au point le plus bas possible du ou des réservoirs tels qu'ils sont montés sur le véhicule et pour recueillir des échantillons de gaz d'échappement.

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

2.5 Cycles d'essai préliminaires

À la demande du constructeur, des cycles d'essai préliminaires peuvent être exécutés afin de suivre la courbe de vitesse dans les limites prescrites.

2.6 Préconditionnement du véhicule d'essai

2.6.1 Préparation du véhicule

2.6.1.1 Remplissage du réservoir de carburant

Le ou les réservoirs de carburant doivent être remplis avec le carburant d'essai spécifié. Si le carburant qui se trouve déjà dans le ou les réservoirs ne satisfait pas aux prescriptions du paragraphe 2.4.6 de la présente annexe, il convient de le vidanger avant de procéder au remplissage. Le dispositif de réduction des émissions par évaporation ne doit pas être vidangé ni rempli de façon anormale.

2.6.1.2 Charge des SRSEE

Les SRSEE doivent être chargés à 100 % avant le cycle de préconditionnement. À la demande du constructeur, la charge peut être omise avant le préconditionnement. Les SRSEE ne doivent pas être chargés à nouveau avant l'exécution des essais officiels.

2.6.1.3 Pression des pneumatiques

La pression des pneumatiques des roues motrices doit être réglée conformément au paragraphe 2.4.5 de la présente annexe.

2.6.1.4 Véhicules à carburant gazeux

Entre les essais réalisés avec le premier carburant gazeux de référence puis avec le deuxième carburant gazeux de référence, pour les véhicules à allumage commandé alimentés au GPL ou au GN/biométhane, ou équipés de façon à pouvoir être alimentés à l'essence, au GPL ou au GN/biométhane, le véhicule doit être préconditionné une nouvelle fois avant le test sur le deuxième carburant gazeux de référence. Entre les essais réalisés avec le premier carburant gazeux de référence puis avec le deuxième carburant gazeux de référence, pour les véhicules à allumage commandé alimentés au GPL ou au GN/biométhane, ou équipés de façon à pouvoir être alimentés à l'essence, au GPL ou au GN/biométhane, le véhicule doit être préconditionné une nouvelle fois.

2.6.2 Chambre d'essai

2.6.2.1 Température

Lors du préconditionnement, la température de la chambre d'essai doit être la même que celle fixée pour l'essai de type 1 (par. 2.2.2.1.1 de la présente annexe).

2.6.2.2 Mesures des concentrations ambiantes

Dans le cas d'une installation d'essai où les résultats des essais effectués sur un véhicule à faibles émissions de particules risqueraient d'être faussés par les résidus d'un essai précédent effectué sur un véhicule à fortes émissions de particules, il est recommandé d'effectuer, à titre de préconditionnement de l'équipement de prélèvement, un cycle d'essai en conditions stabilisées à 120 km/h pendant 20 min avec un véhicule à faibles émissions de particules. Ce cycle de préconditionnement peut être prolongé et/ou exécuté à une plus grande vitesse si nécessaire. S'il y a lieu, les mesures des concentrations ambiantes dans le tunnel de dilution doivent se faire après le préconditionnement du tunnel et avant tout essai ultérieur sur le véhicule.

2.6.3 Procédure

2.6.3.1 Le véhicule doit être conduit ou poussé sur le banc à rouleaux et soumis aux cycles d'essai WLTC applicables. Il ne doit pas nécessairement être froid et il peut être utilisé pour le réglage du banc.

2.6.3.2 La force de résistance du dynamomètre doit être réglée conformément aux paragraphes 7 et 8 de l'annexe 4.

2.6.4 Fonctionnement du véhicule

2.6.4.1 La chaîne de traction doit être démarrée à l'aide des dispositifs prévus à cet effet et conformément aux instructions du constructeur.

Sauf disposition contraire, un changement non initié par le véhicule de mode de fonctionnement pendant l'essai n'est pas autorisé.

2.6.4.1.1 Si la chaîne de traction ne peut pas être mise en route, parce que le moteur ne démarre pas comme prévu par exemple ou si le véhicule affiche une erreur de démarrage, l'essai est annulé, le préconditionnement doit être répété et un nouvel essai doit être exécuté.

2.6.4.1.2 En cas d'utilisation de GPL ou de GN/biométhane comme carburant, il est admis que le moteur démarre à l'essence puis passe automatiquement au GPL ou au GN/biométhane après un laps de temps prédéterminé qui ne peut pas être modifié par le conducteur. Ce laps de temps ne doit pas dépasser 60 s.

Il est admis d'utiliser de l'essence uniquement, ou bien de l'essence et du gaz à la fois en mode gaz, sous réserve que la part du gaz représente plus de 80 % de la consommation totale d'énergie au cours de l'essai de type 1. Ce pourcentage est calculé selon la méthode exposée à l'appendice 3 de la présente annexe.

2.6.4.2 Le cycle commence au début de la phase de démarrage de la chaîne de traction.

2.6.4.3 Aux fins du préconditionnement, le cycle d'essai WLTC applicable doit être exécuté.

Si le constructeur ou l'autorité compétente en fait la demande, il est possible d'exécuter des cycles WLTC additionnels afin de stabiliser les paramètres du véhicule et de ses dispositifs antipollution.

L'autorité compétente doit consigner toutes les opérations de préconditionnement additionnelles.

2.6.4.4 Accélérations

Le véhicule doit être conduit par manœuvre de l'accélérateur de manière à suivre fidèlement la courbe de vitesse.

Il doit être conduit avec souplesse, conformément à des vitesses et modes de changement de rapports représentatifs.

Dans le cas d'une transmission manuelle, l'accélérateur doit être relâché à chaque changement de rapports et ce dernier doit s'effectuer en un minimum de temps.

Si le véhicule ne peut pas suivre la courbe de vitesse, il doit être conduit à sa puissance maximale disponible jusqu'à ce qu'il atteigne à nouveau la vitesse visée.

2.6.4.5 Décélérations

Durant les phases de décélération du cycle, le conducteur doit relâcher l'accélérateur mais ne doit pas débrayer jusqu'au point spécifié aux alinéas d), e) et f) du paragraphe 4 de l'annexe 2.

Si le véhicule ralentit plus rapidement que prescrit selon la courbe de vitesse, l'accélérateur doit être actionné de manière à suivre fidèlement cette dernière.

Si le véhicule ne ralentit pas assez rapidement pour suivre la courbe de décélération prévue, il convient d'actionner les freins de manière à suivre fidèlement la courbe de vitesse.

2.6.4.6 Actionnement des freins

Durant les phases d'arrêt/de ralenti du véhicule, les freins doivent être actionnés avec suffisamment de force pour que les roues motrices ne tournent pas.

2.6.5 Utilisation de la transmission

2.6.5.1 Transmissions manuelles

2.6.5.1.1 Il convient de se conformer aux prescriptions de changement de rapports énoncées à l'annexe 2. Les véhicules soumis à des essais en application de l'annexe 8 doivent être conduits conformément au paragraphe 1.5 de ladite annexe.

2.6.5.1.2 Le changement de rapports doit avoir lieu à ±1,0 s du point de changement de rapport prescrit.

2.6.5.1.3 La manœuvre de débrayage doit être effectuée à ±1,0 s du point d'actionnement prescrit.

2.6.5.2 Transmissions automatiques

2.6.5.2.1 Après avoir été actionné initialement, le levier de sélection ne doit être actionné à aucun moment au cours de l'essai. L'actionnement initial doit être réalisé 1 s avant le début de la première accélération.

2.6.5.2.2 Les véhicules à transmission automatique avec un mode manuel ne doivent pas être soumis aux essais en mode manuel.

2.6.6 Modes de fonctionnement sélectionnables

2.6.6.1 Les véhicules équipés d'un mode prédominant doivent être essayés sur ce mode. À la demande du constructeur, le véhicule peut aussi être soumis à l'essai dans le mode le plus défavorable pour les émissions de CO_2.

2.6.6.2 Le constructeur doit communiquer à l'autorité compétente les éléments prouvant l'existence d'un mode qui satisfait aux prescriptions du paragraphe 3.5.9 du présent RTM ONU. Avec l'accord de l'autorité compétente, le mode prédominant peut être utilisé comme le mode unique aux fins de la détermination des émissions de référence, des émissions de CO_2 et de la consommation de carburant.

2.6.6.3 Si le véhicule n'a pas de mode prédominant ou si le mode prédominant demandé n'est pas accepté comme tel par l'autorité compétente, le véhicule doit être soumis à un essai dans le mode correspondant au cas le plus favorable et dans le mode correspondant au cas le plus défavorable pour les émissions de référence, les émissions de CO_2 et la consommation de carburant. Le cas le plus favorable et le cas le plus défavorable sont identifiés en fonction des éléments probants communiqués sur les émissions de CO_2 et la consommation de carburant dans tous les modes. Les résultats de la mesure des émissions de CO_2 et de la consommation de carburant doivent être obtenus par calcul de la moyenne arithmétique des deux modes. Ces résultats doivent être consignés.

À la demande du constructeur, le véhicule peut aussi être soumis à l'essai avec le mode sélectionnable dans la position la plus défavorable pour les émissions de CO_2.

2.6.6.4 Sur la base des éléments techniques probants présentés par le constructeur et avec l'accord de l'autorité compétente, les modes sélectionnables par le conducteur réservés à des fins limitées très spécifiques ne doivent pas être pris en compte (mode maintenance ou mode à chenilles par exemple). Tous les autres modes utilisés pour la conduite vers l'avant doivent être pris en compte et les limites des émissions de référence doivent être respectées dans tous ces modes.

2.6.6.5 Les paragraphes 2.6.6.1 à 2.6.6.4 de la présente annexe s'appliquent à tous les systèmes embarqués à modes sélectionnables, y compris ceux qui ne concernent pas uniquement la transmission.

2.6.7 Invalidation de l'essai du type 1 et fin de cycle

Si le moteur s'arrête de façon imprévue, le préconditionnement ou l'essai du type 1 est déclaré nul.

Lorsque le cycle est terminé, le moteur doit être arrêté. Le véhicule ne doit pas être redémarré avant le début de l'essai pour lequel il a été préconditionné.

2.6.8 Données requises et contrôle de la qualité

2.6.8.1 Mesure de la vitesse

Lors du préconditionnement, la vitesse doit être mesurée par rapport au temps ou relevée par le système d'acquisition de données à une fréquence au moins égale à 1 Hz pour permettre son évaluation effective.

2.6.8.2 Distance parcourue

La distance effectivement parcourue par le véhicule doit être enregistrée pour chaque phase du cycle WLTC.

2.6.8.3 Tolérances par rapport à la courbe de vitesse

Lorsqu'un véhicule n'est pas en mesure d'atteindre l'accélération et la vitesse maximale exigées pour le cycle WLTC applicable, l'essai est exécuté avec l'accélérateur à fond de course jusqu'à ce que la courbe prescrite soit rattrapée. Un écart par rapport à la courbe de vitesse dans ces conditions n'a pas pour

effet d'annuler l'essai. Les écarts par rapport au cycle de conduite doivent être enregistrés.

Les tolérances ne doivent pas être visibles pour le conducteur :

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

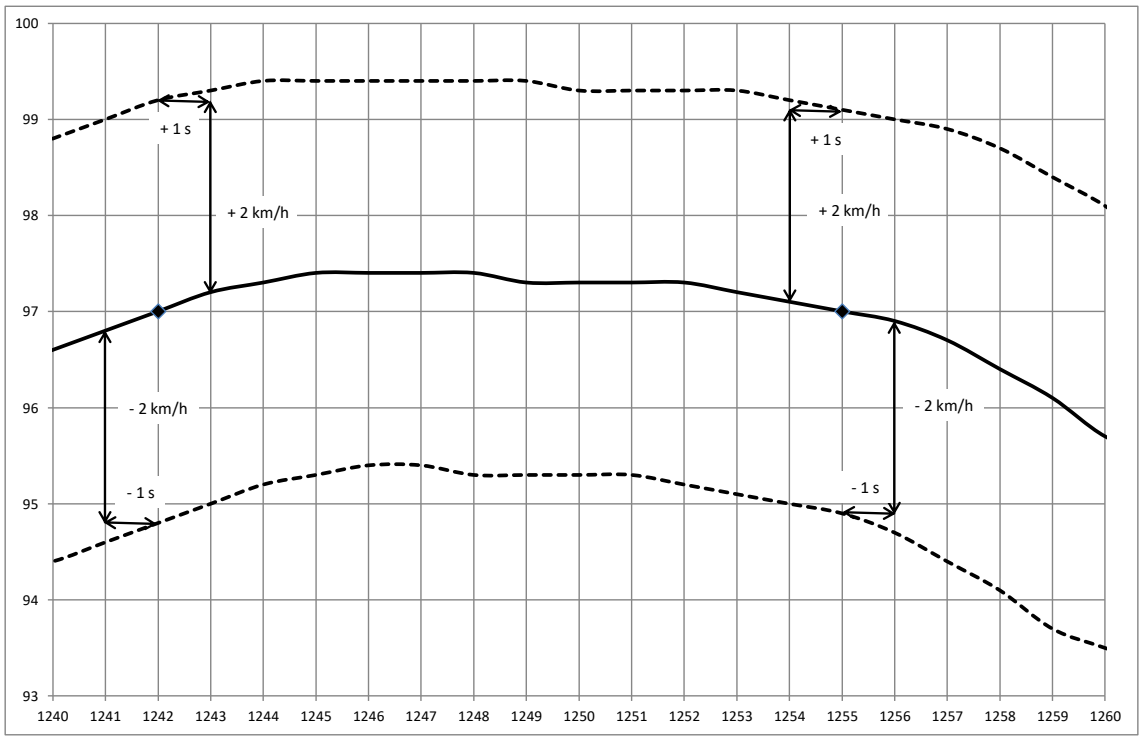
b) Limite inférieure : 2,0 km/h au-dessous de la courbe à ±1,0 s de l'instant donné.

Voir la figure A6/2.

Les écarts de vitesse supérieurs aux valeurs prescrites sont admis à condition que leur durée ne dépasse jamais 1 s.

Le nombre d'écarts de vitesse par essai ne doit pas dépasser 10.

Figure A6/2
Tolérances par rapport à la courbe de vitesse



2.7 Stabilisation à chaud

2.7.1 À la suite du préconditionnement et avant les essais, le véhicule d'essai doit être maintenu en un lieu où les conditions ambiantes correspondent à celles spécifiées au paragraphe 2.2.2.2 de la présente annexe.

2.7.2 Le véhicule doit être stabilisé à chaud durant 6 h au moins et 36 h au plus, le capot du compartiment moteur étant ouvert ou fermé. Sauf si ce cas est exclu par des prescriptions spécifiques s'appliquant au véhicule visé, le refroidissement peut être forcé jusqu'à la température de consigne. Si le refroidissement est accéléré au moyen de ventilateurs, ceux-ci doivent être placés de sorte que le refroidissement maximal du groupe motopropulseur, du moteur et du système de traitement aval des gaz d'échappement soit réparti de manière égale.

2.8 Essai de mesure des émissions et de consommation de carburant (essai de type 1)

2.8.1 La température de la chambre d'essai au début de l'essai doit être de 23 °C ±3 °C. La température de l'huile moteur et la température du liquide de refroidissement, s'il y en a un, doivent être de 23 °C ±2 °C.

2.8.2 Le véhicule d'essai doit être poussé pour le placer sur un banc à rouleaux.

2.8.2.1 Les roues motrices du véhicule doivent être positionnées sur le banc sans que le moteur soit démarré.

2.8.2.2 La pression des pneumatiques des roues motrices doit être réglée conformément aux dispositions du paragraphe 2.4.5 de la présente annexe.

2.8.2.3 Le capot du compartiment moteur doit être fermé.

2.8.2.4 Un tuyau de raccordement doit être rattaché à la ou aux sortie(s) d'échappement du véhicule immédiatement avant le démarrage du moteur.

2.8.3 Démarrage de la chaîne de traction et conduite du véhicule

2.8.3.1 La chaîne de traction doit être mise en route à l'aide des dispositifs prévus à cet effet et conformément aux instructions du constructeur.

2.8.3.2 L'essai doit être exécuté comme indiqué aux paragraphes 2.6.4 à 2.6.7 de la présente annexe, selon le cycle WLTC applicable, comme spécifié dans l'annexe 1.

2.8.4 Les données RCB doivent être mesurées pour chaque phase du cycle WLTC, comme indiqué dans l'appendice 2 de la présente annexe.

2.8.5 La vitesse réelle du véhicule est mesurée à une fréquence de 10 Hz et les index de la courbe d'essai décrits au paragraphe 7 de l'annexe 7 doivent être calculés et indiqués.

2.9 Prélèvement des gaz

Des échantillons de gaz doivent être collectés dans des sacs puis analysés à la fin de l'essai ou d'une phase de l'essai. Les échantillons peuvent également être analysés en continu et les valeurs intégrées sur tout le cycle.

2.9.1 Les opérations suivantes doivent être effectuées avant chaque essai :

2.9.1.1 Après avoir été purgés, les sacs de collecte doivent être rattachés aux dispositifs de prélèvement des gaz d'échappement dilués et de l'air de dilution ;

2.9.1.2 Les appareils de mesure doivent être mis en marche conformément aux instructions du fabricant ;

2.9.1.3 L'échangeur de chaleur CVS (s'il est installé) doit être préchauffé ou prérefroidi pour être ramené dans les limites de tolérance de température d'essai spécifiées au paragraphe 3.3.5.1 de l'annexe 5 ;

2.9.1.4 Les éléments tels que les lignes de prélèvement, les filtres, les refroidisseurs et les pompes doivent être chauffés ou refroidis pour être ramenés à des températures de fonctionnement stabilisées ;

2.9.1.5 Les débits CVS doivent être réglés conformément aux dispositions du paragraphe 3.3.4 de l'annexe 5. Les débits de prélèvement doivent être réglés aux niveaux appropriés ;

2.9.1.6 Tous les dispositifs électroniques d'intégration doivent être mis à zéro et peuvent être remis à zéro avant le début d'une phase quelconque du cycle ;

2.9.1.7 Pour tous les analyseurs de gaz en continu, il convient de sélectionner les gammes appropriées. Il est admis de changer de gamme lors d'un essai uniquement si le changement s'effectue avec modification de la plage à

laquelle s'applique la résolution numérique de l'appareil. Les gains des amplificateurs opérationnels analogiques d'un analyseur ne peuvent être modifiés au cours d'un essai ;

2.9.1.8 Tous les analyseurs de gaz en continu doivent être mis à zéro et étalonnés à l'aide de gaz répondant aux prescriptions du paragraphe 6 de l'annexe 5.

2.10 Prélèvement pour la détermination de la masse de particules

2.10.1 Les opérations décrites aux paragraphes 2.10.1.1 à 2.10.1.2.2 de la présente annexe doivent être effectuées avant chaque essai.

2.10.1.1 Sélection des filtres

Un filtre unique de collecte de particulat, sans filtre secondaire, doit être employé pour tout le cycle WLTC. Afin de prendre en compte les variations régionales du cycle, il est possible d'utiliser un filtre unique pour les trois premières phases et un filtre distinct pour la quatrième phase.

2.10.1.2 Préparation du filtre

2.10.1.2.1 Une heure au moins avant l'essai, le filtre doit être déposé dans une boîte de Pétri protégée contre la contamination par les poussières mais permettant l'échange d'air, et placé dans une chambre de pesée pour une période de stabilisation.

À la fin de cette période, le filtre doit être pesé et sa tare enregistrée. Le filtre doit ensuite être stocké dans une boîte de Pétri fermée ou dans un porte-filtre scellé jusqu'à l'essai. Le filtre doit être utilisé dans les 8 h suivant son retrait de la chambre de pesée.

Il doit être ramené dans la chambre de stabilisation dans l'heure suivant l'essai et doit être conditionné durant 1 h au moins avant d'être pesé.

2.10.1.2.2 Le filtre de collecte des particules doit être placé précautionneusement dans le porte-filtre. Il doit être manipulé avec des pinces uniquement. Toute manipulation brutale ou abrasive engendrera des erreurs sur le poids. En attendant la mesure, le porte-filtre doit être placé dans une ligne de prélèvement dans laquelle il n'y a aucune circulation d'air.

2.10.1.2.3 Il est recommandé de vérifier la microbalance au début de chaque session de pesage, dans les 24 h de la pesée de l'échantillon, au moyen d'un poids de référence de 100 mg environ. Après avoir pesé ce poids trois fois de suite, on consigne la valeur moyenne arithmétique. Si cette valeur moyenne arithmétique est à ±5 µg près la même que celle obtenue lors de la précédente session de pesage, la session de pesage et la balance sont considérées comme valides.

2.11 Mesure du nombre de particules (le cas échéant)

2.11.1 Les opérations décrites aux paragraphes 2.11.1.1 et 2.11.1.2 de la présente annexe doivent être effectuées avant chaque essai :

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

2.11.1.2 Le bon fonctionnement du compteur de particules (PNC) et des éléments VPR) du dispositif de collecte des particules doit être confirmé par application des procédures énumérées aux paragraphes 2.11.1.2.1 à 2.11.1.2.4 de la présente annexe.

2.11.1.2.1 Un essai d'étanchéité, effectué au moyen d'un filtre suffisamment efficace placé à l'entrée du système de mesure du nombre de particules (comprenant le VPR et le PNC), doit donner une concentration mesurée inférieure à 0,5 particules par cm^3.

2.11.1.2.2 Chaque jour, un contrôle de zéro du PNC, effectué au moyen d'un filtre suffisamment efficace placé à l'entrée du PNC, doit donner une concentration

inférieure ou égale à 0,2 particules par cm^3. Ce filtre une fois déposé, le PNC, lorsqu'il mesure de l'air ambiant, doit indiquer une concentration d'au moins 100 particules par cm^3. Lorsqu'on remet le filtre en place, la concentration doit de nouveau être inférieure ou égale à 0,2 particules par cm^3.

2.11.1.2.3 Il doit être confirmé que le système de mesure indique que le tube d'évaporation, s'il fait partie de l'appareillage, a atteint sa température correcte de fonctionnement.

2.11.1.2.4 Il doit être confirmé que le système de mesure indique que le dilueur PND_1 a atteint sa température correcte de fonctionnement.

2.12 Prélèvement d'échantillons au cours de l'essai

2.12.1 Le système de dilution, les pompes de prélèvement et le système de collecte de données doivent être démarrés.

2.12.2 Les appareils de prélèvement pour la mesure de la masse et, le cas échéant, du nombre de particules doivent être mis en marche.

2.12.3 Le nombre de particules, le cas échéant, doit être mesuré en continu. La valeur moyenne arithmétique de la concentration est déterminée par intégration des signaux de l'analyseur au cours de chaque phase.

2.12.4 Le prélèvement commence avant ou au début de l'opération de démarrage de la chaîne de traction et se termine à la fin du cycle.

2.12.5 Changement des sacs de collecte

2.12.5.1 Émissions de gaz

Lors du prélèvement des gaz d'échappement dilués et de l'air de dilution, une paire de sacs de collecte peut être remplacée par une autre paire de sacs, si nécessaire, à la fin de chaque phase du cycle WLTC applicable.

2.12.5.2 Particulat

Les prescriptions du paragraphe 2.10.1.1 de la présente annexe doivent être appliquées.

2.12.6 La distance parcourue sur le banc à rouleaux doit être enregistrée pour chaque phase.

2.13 Achèvement de l'essai

2.13.1 Le moteur doit être arrêté immédiatement après la fin de la dernière partie de l'essai.

2.13.2 Le dispositif de prélèvement à volume constant (CVS) ou tout autre dispositif d'aspiration doit être mis à l'arrêt, ou le tuyau de raccordement du ou des tuyaux d'échappement du véhicule doit être désaccouplé.

2.13.3 Le véhicule peut être enlevé du banc à rouleaux.

2.14 Procédures après essai

2.14.1 Vérification de l'analyseur de gaz

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

2.14.2 Analyse des sacs

2.14.2.1 Les gaz d'échappement et l'air de dilution contenus dans les sacs doivent être analysés dès que possible. Les gaz d'échappement doivent l'être, en tout état de cause, dans un délai maximal de 30 min après la fin de la phase du cycle d'essai.

Il convient de tenir compte du délai de réactivité pour les composés contenus dans les sacs.

2.14.2.2 Aussitôt que possible avant l'analyse d'échantillon, il faut exécuter la mise à zéro de l'analyseur sur la gamme à utiliser pour chaque composé avec le gaz de zéro qui convient.

2.14.2.3 Les courbes de calibrage des analyseurs doivent être établies au moyen de gaz d'étalonnage ayant des concentrations nominales comprises entre 70 et 100 % de la pleine échelle pour la gamme considérée.

2.14.2.4 Le zéro de l'analyseur doit ensuite être contrôlé de nouveau. Si la valeur lue s'écarte de plus de 2 % de la pleine échelle de la valeur obtenue lors du réglage prescrit au paragraphe 2.14.2.2 de la présente annexe, l'opération doit être répétée pour l'analyseur concerné.

2.14.2.5 Les échantillons sont ensuite analysés.

2.14.2.6 Après l'analyse, le zéro et les points d'étalonnage doivent être contrôlés une nouvelle fois en utilisant les mêmes gaz. L'essai est considéré comme valable si les écarts entre les nouvelles et les anciennes valeurs sont inférieurs à 2 % de la valeur correspondant au gaz d'étalonnage.

2.14.2.7 Les débits et pressions des divers gaz qui passent par les analyseurs doivent être les mêmes que lors de l'étalonnage des analyseurs.

2.14.2.8 La concentration de chacun des composés mesurés doit être consignée après stabilisation de l'appareil de mesure.

2.14.2.9 La masse et le nombre de tous les polluants doivent s'il y a lieu être calculés conformément aux dispositions de l'annexe 7.

1.2.14.2.10 Les étalonnages et les contrôles sont effectués soit :

a) Avant et après l'analyse de chaque paire de sacs ; soit

b) Avant et après l'essai complet.

Dans le cas b), les étalonnages et les essais sont effectués sur tous les analyseurs pour toutes les gammes utilisées durant l'essai.

Dans le cas a) comme dans le cas b), la même gamme devrait être utilisée pour l'air ambiant et les sacs de gaz d'échappement correspondants.

2.14.3 Pesage du filtre à particules

2.14.3.1 Le filtre à particules doit être replacé dans la chambre de pesée au plus tard 1 h après la fin de l'essai. Il doit être conditionné dans une boîte de Pétri, protégée contre la contamination par les poussières mais permettant l'échange d'air, pendant au moins 1 h et doit ensuite être pesé. Le poids brut du filtre doit être enregistré.

2.14.3.2 Au moins deux filtres de référence inutilisés doivent être pesés, de préférence en même temps que le filtre de collecte, mais en tout cas dans un délai maximal de 8 h. Les filtres de référence doivent être de la même dimension et du même matériau que le filtre de prélèvement.

2.14.3.3 Si le poids individuel d'un filtre de référence varie de plus de ±5 µg entre les pesages du filtre de collecte, le filtre de collecte et les filtres de référence doivent alors être conditionnés à nouveau dans la chambre de pesée puis pesés une nouvelle fois.

2.14.3.4 Pour comparer les pesées d'un filtre de référence, on compare les poids individuels de ce filtre et la moyenne arithmétique mobile de ces poids. La moyenne arithmétique mobile doit être calculée à partir des poids individuels mesurés pendant la période qui a débuté après que les filtres de référence ont été placés dans la chambre de pesée. Cette période ne doit être ni inférieure à un jour ni supérieure à quinze jours.

2.14.3.5 Le conditionnement et le pesage des filtres de collecte et de référence peuvent être répétés pendant les 80 h qui suivent la mesure des gaz lors de l'essai de mesure des émissions. Si, avant l'expiration ou à l'expiration de ce délai de 80 h, plus de la moitié du nombre de filtres de référence satisfont au critère de ±5 µg, la pesée du filtre de prélèvement peut être considérée comme valide. Si, à l'expiration du délai de 80 h, deux filtres de référence sont employés et si un filtre ne remplit pas le critère de ±5 µg, la pesée du filtre de prélèvement peut être considérée comme valide à condition que la somme des différences absolues entre les moyennes spécifiques et les moyennes mobiles des deux filtres de référence soit inférieure ou égale à 10 µg.

2.14.3.6 Si moins de la moitié des filtres de référence satisfont au critère de ±5 µg, le filtre de collecte doit être éliminé et l'essai de mesure des émissions doit être répété. En outre, tous les filtres de référence doivent être éliminés et remplacés dans les 48 h. Dans tous les autres cas, les filtres de référence doivent être remplacés au moins tous les 30 jours et de telle manière qu'aucun filtre de collecte ne soit pesé sans être comparé à un filtre de référence présent dans la chambre de pesée depuis au moins un jour.

2.14.3.7 Si les critères de stabilité des conditions dans la chambre de pesée énoncés au paragraphe 4.2.2.1 de l'annexe 5 ne sont pas respectés, mais si les pesées des filtres de référence satisfont aux critères ci-dessus, le constructeur du véhicule peut soit accepter la pesée du filtre de collecte, soit déclarer l'essai nul, faire réparer le système de conditionnement de la chambre de pesée et procéder à un nouvel essai.

Annexe 6 − Appendice 1

Méthode d'essai pour le contrôle des émissions d'un véhicule équipé d'un système à régénération périodique

1. Généralités

1.1 On trouvera dans le présent appendice les prescriptions qui s'appliquent aux essais des véhicules équipés d'un système à régénération périodique tel qu'il est défini au paragraphe 3.8.1 du présent RTM ONU.

1.2 Au cours des cycles où se produit une régénération, il n'y a pas lieu d'appliquer des limites d'émissions de polluants. Si une régénération du système antipollution se produit au moins une fois pendant le cycle d'essai de type 1 et s'il s'en est déjà produit une au moins pendant le cycle de préparation du véhicule ou si la distance entre deux périodes successives de régénérations dépasse 4 000 km de conduite dans les conditions des essais de type 1, le système n'est pas soumis à une procédure d'essai spéciale. Dans un tel cas, le présent appendice ne s'applique pas et un facteur K_i de 1,0 est utilisé.

1.3 Les dispositions du présent appendice s'appliquent aux fins de la mesure de la masse de particules et non aux fins de la mesure du nombre de particules.

1.4 Si le constructeur en fait la demande, et sous réserve de l'accord de l'autorité compétente, il n'est pas nécessaire d'appliquer la procédure d'essai applicable aux systèmes à régénération périodique à un système de régénération lorsque le constructeur soumet des données prouvant qu'au cours des cycles où se produit une régénération, les émissions demeurent inférieures aux valeurs limites appliquées par la Partie contractante pour la catégorie de véhicules visée. Dans ce cas, une valeur fixe de 1,05 pour Ki est utilisée pour le CO_2 et la consommation de carburant.

1.5 Si la Partie contractante le souhaite, la phase Extra $High_2$ peut être exclue pour déterminer le coefficient de régénération K_i dans le cas des véhicules de la classe 2.

1.6 Si la Partie contractante le souhaite, la phase Extra $High_3$ peut être exclue pour déterminer le coefficient de régénération K_i dans le cas des véhicules de la classe 3.

2. Mode opératoire

Le véhicule d'essai doit pouvoir empêcher ou permettre le processus de régénération, à condition que cette opération n'ait aucune incidence sur les réglages d'origine du moteur. Le blocage de la régénération n'est autorisé que pendant la phase d'encrassement du dispositif d'épuration et pendant les cycles de préconditionnement. Il n'est pas autorisé pendant la mesure des émissions au cours de l'épisode de régénération. L'essai de mesure des émissions doit être exécuté avec le module de commande d'origine non modifié. Si le constructeur en fait la demande, et sous réserve de l'accord de l'autorité compétente, un module de commande technique n'ayant pas d'effets sur les étalonnages d'origine du moteur peut être utilisé lors de la détermination de K_i.

2.1 Mesure des émissions d'échappement entre deux cycles WLTC où se produisent des régénérations

2.1.1 Les valeurs moyennes arithmétiques des émissions entre épisodes de régénération et pendant la phase d'encrassement du dispositif d'épuration sont déterminées d'après la moyenne arithmétique de plusieurs essais de type 1 effectués à intervalles sensiblement réguliers (s'il y en a plus de deux). Autre possibilité, le constructeur peut fournir des données prouvant que les émissions demeurent constantes (±15 %) pendant les cycles WLTC entre les épisodes de

régénération. Dans ce cas, les émissions mesurées lors de l'essai de type 1 peuvent être utilisées. Dans tout autre cas, on doit effectuer des mesures des émissions pendant au moins deux cycles de type 1, l'une immédiatement après régénération (avant une nouvelle phase d'encrassement) et l'autre juste avant un épisode de régénération. Toutes les mesures des émissions doivent se faire conformément aux prescriptions de la présente annexe et tous les calculs doivent se faire conformément aux prescriptions du paragraphe 3 du présent appendice.

2.1.2 L'opération d'encrassement et la détermination du coefficient K_i doivent s'effectuer au cours d'un cycle de conduite sur banc à rouleaux ou d'un cycle d'essai équivalent sur banc d'essai de moteur. Ces cycles peuvent être exécutés en séquence continue (c'est-à-dire sans qu'il soit nécessaire d'arrêter le moteur entre les cycles). Après un nombre quelconque de cycles complets, le véhicule peut être enlevé du banc à rouleaux, et l'essai peut être repris ultérieurement. Si le constructeur en fait la demande, et sous réserve de l'accord de l'autorité compétente, un constructeur peut mettre au point une procédure de remplacement pour démontrer son équivalence, notamment en ce qui concerne la température du filtre, l'intensité de l'encrassement et la distance parcourue. Ceci peut être fait sur un banc-moteur ou un banc à rouleaux.

2.1.3 Le nombre de cycles D entre deux cycles où se produit une régénération, le nombre n des cycles sur lesquels les émissions sont mesurées et chaque mesure d'émissions massiques M'_{sij} pour chaque composé i sur chaque cycle j doivent être consignés.

2.2 Mesure des émissions pendant des épisodes de régénération

2.2.1 La préparation du véhicule, si nécessaire, en vue de l'essai de mesure des émissions pendant un épisode de régénération peut être effectuée au moyen des cycles de préconditionnement décrits au paragraphe 2.6 de la présente annexe ou de cycles d'essai équivalents au banc-moteur, selon la méthode choisie pour la phase d'encrassement conformément au paragraphe 2.1.2 du présent appendice.

2.2.2 Les conditions relatives à l'essai et au véhicule énoncées dans le présent RTM ONU pour l'essai de type 1 sont applicables avant que le premier essai valide de mesure des émissions soit exécuté.

2.2.3 Il ne doit pas se produire de régénération pendant la préparation du véhicule. Pour s'en assurer, on a recours à l'une des méthodes suivantes :

2.2.3.1 Un système de régénération « factice » ou partiel peut être installé pour les cycles de préconditionnement ;

2.2.3.2 Une autre méthode peut être choisie d'entente entre le constructeur et l'autorité compétente.

2.2.4 Un essai de mesure des émissions d'échappement avec démarrage à froid, incluant un épisode de régénération, doit être exécuté conformément au cycle d'essai WLTC applicable.

2.2.5 Si l'épisode de régénération occupe plus d'un cycle WLTC, tous les cycles WLTC doivent être achevés. Il est permis d'utiliser un même filtre à particules pour les multiples cycles requis afin d'achever la régénération.

Si plus d'un cycle WLTC est requis, le ou les cycles WLTC suivants sont immédiatement exécutés, sans arrêt du moteur, jusqu'à ce que l'épisode complet de régénération soit terminé. Dans le cas où le nombre de sacs pour émissions gazeuses nécessaires pour les multiples cycles dépasserait le nombre de sacs disponibles, le temps nécessaire pour préparer un nouvel essai devrait être aussi bref que possible. Le moteur ne doit pas être arrêté pendant cette période.

2.2.6 Les valeurs d'émissions au cours d'un épisode de régénération M_{ri} pour chaque composé i doivent être calculées conformément au paragraphe 3 du présent appendice. Le nombre de cycles d'essai applicables d mesurés pour une régénération complète doit être consigné.

3. Calculs

3.1 Calcul des émissions d'échappement et de CO_2 et de la consommation de carburant d'un système à régénération simple

$$M_{si} = \frac{\sum_{j=1}^{n} M'_{sij}}{n} \text{ pour } n \geq 1$$

$$M_{ri} = \frac{\sum_{j=1}^{d} M'_{rij}}{d} \text{ pour } d \geq 1$$

$$M_{pi} = \frac{M_{si} \times D + M_{ri} \times d}{D + d}$$

où, pour chaque composé i considéré :

M'_{sij} représente les émissions massiques du composé i, en g/km, sur un cycle d'essai j, sans régénération ;

M'_{rij} représente les émissions massiques du composé i, en g/km, sur un cycle d'essai j au cours de la régénération (si d > 1, le premier essai WLTC est effectué à froid et les cycles suivants à chaud) ;

M_{si} représente les émissions massiques moyennes du composé i, en g/km, sans régénération ;

M_{ri} représente les émissions massiques moyennes du composé i, en g/km, pendant la régénération ;

M_{pi} représente les émissions massiques moyennes du composé i, en g/km ;

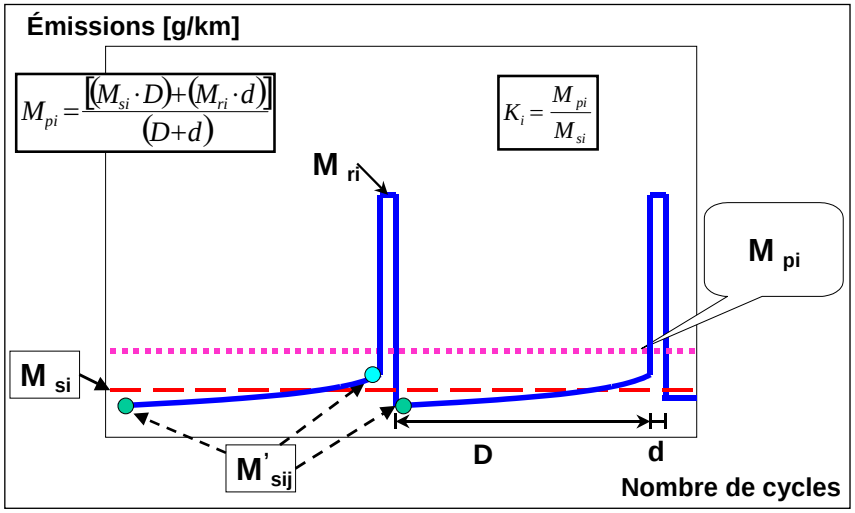
n est le nombre de cycles d'essai, entre les cycles où se produit une régénération, pendant lesquels des mesures des émissions durant les essais WLTC de type 1 sont effectuées ≥ 1 ;

d est le nombre de cycles d'essai complets applicables occupés par la régénération ;

D est le nombre de cycles d'essai complets applicables entre deux cycles où se produit une régénération.

Le calcul de M_{pi} est présenté graphiquement dans la figure A6.App1/1.

Figure A6.App1/1
Paramètres mesurés lors des essais d'émissions pendant et entre les cycles où se produit une régénération (il s'agit d'un exemple : les émissions pendant la période D peuvent en fait augmenter ou diminuer)



3.1.1 Calcul du coefficient de régénération K_i pour chaque composé i considéré

Le constructeur peut choisir de déterminer indépendamment pour chaque composé des facteurs additifs ou multiplicatifs.

Facteur multiplicatif K_i : $K_i = \frac{M_{pi}}{M_{si}}$

Facteur additif K_i : $K_i = M_{pi} - M_{si}$

Les résultats en ce qui concerne M_{si}, M_{pi} et K_i, ainsi que le choix du constructeur pour le type de facteur, doivent être consignés.

K_i peut être déterminé après exécution d'une seule séquence de régénération comprenant des mesures avant, pendant et après les épisodes de régénération comme indiqué dans la figure A6.App1/1.

3.2 Calcul des émissions d'échappement et des émissions de CO_2 ainsi que de la consommation de carburant de systèmes à régénération périodique multiples

Les éléments suivants sont calculés pour un cycle d'opération de type 1 pour les émissions de référence et pour les émissions de CO_2. Les émissions de CO_2 utilisées pour ce calcul proviennent des résultats de l'étape 3 décrite dans le tableau A7/1 de l'annexe 7.

$$M_{sik} = \frac{\sum_{j=1}^{n_k} M'_{sik,j}}{n_k} \text{ pour } n_j \geq 1$$

$$M_{rik} = \frac{\sum_{j=1}^{d_k} M'_{rik,j}}{d_k} \text{ pour } d \geq 1$$

$$M_{si} = \frac{\sum_{k=1}^{x} M_{sik} \times D_k}{\sum_{k=1}^{x} D_k}$$

$$M_{ri} = \frac{\sum_{k=1}^{x} M_{rik} \times d_k}{\sum_{k=1}^{x} d_k}$$

$$M_{pi} = \frac{M_{si} \times \sum_{k=1}^{x} D_k + M_{ri} \times \sum_{k=1}^{x} d_k}{\sum_{k=1}^{x} (D_k + d_k)}$$

$$M_{pi} = \frac{\sum_{k=1}^{x} (M_{sik} \times D_k + M_{rik} \times d_k)}{\sum_{k=1}^{x} (D_k + d_k)}$$

Facteur multiplicatif K_i : $K_i = \frac{M_{pi}}{M_{si}}$

Facteur additif K_i : $K_i = M_{pi} - M_{si}$

où :

M_{si} représente les émissions massiques moyennes, pendant tous les épisodes de régénération k, de composé i, en g/km, sans régénération ;

M_{ri} représente les émissions massiques moyennes, pendant tous les épisodes de régénération k, de composé i, en g/km, au cours de la régénération ;

M_{pi} représente les émissions massiques moyennes, pendant tous les épisodes de régénération k, de composé i, en g/km ;

M_{sik} représente les émissions massiques moyennes, pendant l'épisode de régénération k, de composé i, en g/km, sans régénération ;

M_{rik} représente les émissions massiques moyennes, pendant l'épisode de régénération k, de composé i, en g/km, au cours de la régénération ;

$M'_{sik,j}$ représente les émissions massiques, pendant l'épisode de régénération k, de composé i, en g/km, sans régénération, mesurées au point j ; $1 \leq j \leq n_k$;

$M'_{rik,j}$ représente les émissions massiques, pendant l'épisode de régénération k, de composé i, en g/km, pendant la régénération (lorsque j > 1, le premier essai de type 1 se fait à froid et les cycles suivants à chaud), mesurées au cycle d'essai j ; $1 \leq j \leq d_k$;

n_k est le nombre de cycles d'essai complets, pendant l'épisode de régénération k, entre deux cycles pendant lesquels se produisent des épisodes de régénération, au cours desquels sont faites les mesures d'émissions (cycle WLTC de type 1 ou cycle d'essai équivalent au banc-moteur), ≥ 2 ;

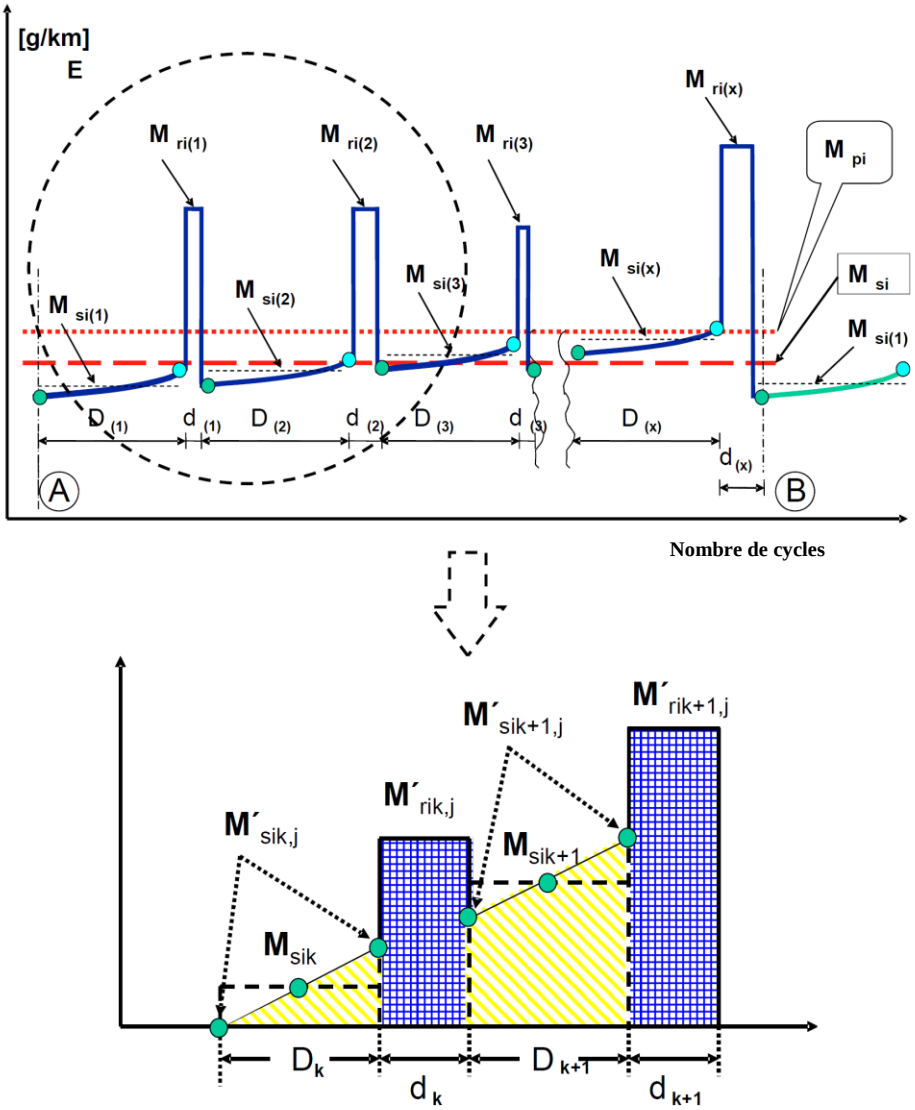
d_k est le nombre de cycles d'essai complets applicables, pendant l'épisode de régénération k, occupés par la régénération complète ;

D_k est le nombre de cycles d'essai complets applicables, pendant l'épisode de régénération k, entre deux cycles où se produisent des épisodes de régénération ;

x est le nombre de régénérations complètes.

Le calcul graphique de M_{pi} est présenté graphiquement dans la figure A6.App1/2.

Figure A6.App1/2
Paramètres mesurés lors des essais d'émissions pendant et entre les cycles où se produit une régénération (il ne s'agit que d'un exemple)



Le calcul du facteur K_i pour les systèmes à régénération périodique multiple n'est possible qu'après un certain nombre d'épisodes de régénération pour chaque dispositif.

À l'issue de la procédure complète (A à B, voir fig. A6.App1/2), on devrait retrouver la condition de départ A.

3.3 Les facteurs K_i (multiplicatifs ou additifs) doivent être arrondis à la quatrième décimale sur la base de l'unité physique des valeurs normales d'émission

Annexe 6 − Appendice 2

Procédure d'essai relative à la surveillance du système rechargeable de stockage de l'énergie électrique

1. Généralités

Dans le cas des essais des véhicules VEH-NRE et VEH-RE, les appendices 2 et 3 de l'annexe 8 s'appliquent.

On trouvera dans le présent appendice les dispositions relatives à la correction des résultats des essais d'émissions de CO_2 en fonction du bilan énergétique ΔE_{REESS} pour tous les SRSEE.

Les valeurs corrigées pour les émissions de CO_2 doivent correspondre à un bilan énergétique égal à zéro ($\Delta E_{REESS} = 0$) et sont calculées en appliquant un coefficient de correction déterminé comme indiqué ci-après.

2. Appareils et instruments de mesure

2.1 Mesure du courant

L'épuisement de la charge du SRSEE est défini comme un courant négatif.

2.1.1 Lors des essais, le ou les courants doivent être mesurés à l'aide d'un ampèremètre du type à pince ou en boucle fermée. Le système de mesure du courant doit satisfaire aux prescriptions du tableau A8/1. Le ou les transducteurs de courant doivent pouvoir faire face aux courants de pointe lors du démarrage du moteur et aux conditions thermiques au point de mesure.

Pour une mesure précise, on effectuera un réglage du zéro et une démagnétisation avant l'essai conformément aux instructions du fabricant.

2.1.2 Les transducteurs de courant doivent être reliés à l'un quelconque des SRSEE par le biais de l'un des conducteurs directement raccordés au SRSEE et doivent inclure la totalité du courant du SRSEE.

Dans le cas de câbles blindés, des méthodes appropriées doivent être appliquées conformément aux instructions de l'autorité compétente.

Pour faciliter la mesure du courant du SRSEE à l'aide d'un appareil de mesure extérieur, les constructeurs devraient de préférence monter d'origine sur le véhicule des points de raccordement appropriés, sûrs et accessibles. Si cela n'est pas faisable, le constructeur est tenu d'aider l'autorité compétente en fournissant les moyens de relier de la manière décrite ci-dessus un transducteur de courant aux conducteurs raccordés au SRSEE.

2.1.3 Le courant mesuré doit être intégré dans le temps à une fréquence minimale de 20 Hz, permettant ainsi d'obtenir la valeur mesurée de Q, exprimée en ampères-heures (Ah). Le courant mesuré doit être intégré dans le temps, ce qui permet d'obtenir la valeur mesurée de Q, exprimée en ampère heure (Ah). L'intégration peut être effectuée dans le système de mesure du courant.

2.2 Données des calculateurs embarqués

2.2.1 Le courant du SRSEE peut aussi être mesuré à partir des données des calculateurs embarqués. Pour appliquer cette méthode de mesure, il faut pouvoir obtenir les données suivantes à partir du véhicule d'essai :

a) Bilan de charge intégré, en Ah, déterminé depuis la dernière mise en marche ;

b) Bilan de charge intégré calculé d'après les données des calculateurs embarqués, à une fréquence d'échantillonnage de 5 Hz au minimum ;

c) Bilan de charge déterminé au moyen d'un connecteur de diagnostic OBD (voir la norme SAE J1962).

2.2.2 L'exactitude des données sur la recharge et la décharge du SRSEE obtenues au moyen des calculateurs embarqués doit être démontrée à l'autorité compétente par le constructeur.

Le constructeur peut créer une famille de véhicules sur le plan de la surveillance du SRSEE dans le but de démontrer que les données sur la recharge et la décharge du SRSEE obtenues au moyen des calculateurs embarqués sont correctes. Dans ce cas, l'exactitude des données doit être démontrée sur un véhicule représentatif.

Les critères suivants doivent être remplis pour l'appartenance à une famille :

a) Des processus de combustion (allumage commandé, allumage par compression, deux temps, quatre temps) identiques ;

b) Une même stratégie de charge et/ou de récupération (module électronique de gestion du SRSEE) ;

c) La disponibilité des données des calculateurs embarqués ;

d) Un bilan de charge identique mesuré par le module de gestion du SRSEE ;

e) Une simulation identique du bilan de charge au moyen des calculateurs embarqués.

2.2.3 Tous les SRSEE qui n'ont pas d'incidence sur les émissions massiques de CO_2 doivent être exclus de la procédure de surveillance.

3. Procédure de correction fondée sur la variation énergétique du SRSEE

3.1 La mesure du courant du SRSEE doit commencer à l'instant même où l'essai débute et se terminer immédiatement après l'achèvement du cycle d'essai complet pour le véhicule.

3.2 Le bilan électrique, Q, mesuré dans le système d'alimentation électrique, est utilisé comme indicateur de la différence de contenu énergétique dans le SRSEE à la fin du cycle par rapport au début. Il doit être déterminé pour le cycle d'essai WLTC exécuté complet.

3.3 Des valeurs distinctes Q_{phase} doivent être enregistrées aux phases successives du cycle exécuté.

3.4 Correction des émissions massiques de CO_2 sur l'ensemble du cycle en tant que fonction du critère de correction c

3.4.1 Calcul du critère de correction c

Le critère de correction c'est le rapport de la valeur absolue de la variation du contenu énergétique $\Delta E_{REESS,j}$ à la valeur énergétique du carburant E_{fuel} et est calculé selon l'équation suivante :

$$c = \left| \frac{\Delta E_{REESS,j}}{E_{fuel}} \right|$$

où :

c est le critère de correction ;

$\Delta E_{REESS,j}$ est la variation, déterminée conformément au paragraphe 4.1 du présent appendice, du contenu énergétique du SRSEE sur la période j, en Wh ;

j est, dans le présent paragraphe, la totalité du cycle d'essai WLTP applicable ;

E_{Fuel} est le contenu énergétique du carburant, calculé selon l'équation suivante :

$$E_{fuel} = 10 \times HV \times FC_{nb} \times d$$

où :

E_{Fuel} est le contenu énergétique du carburant consommé, en Wh, au cours du cycle d'essai WLTP applicable ;

HV est le pouvoir calorifique, en kWh/l, selon le tableau A6.App2/1 ;

FC_{nb} est la consommation non compensée de carburant pour l'essai de type 1, non corrigée du bilan énergétique, déterminée conformément au paragraphe 6 de l'annexe 7 et à l'aide des résultats obtenus pour les émissions de référence et le CO_2 à l'étape 2 du tableau A7/1, en l/100 km ;

d est la distance parcourue, en km, au cours du cycle d'essai applicable WLTP ;

10 est le facteur de conversion, en Wh.

3.4.2 La correction est appliquée si ΔE_{REESS} a une valeur négative (correspondant à la décharge du SRSEE) et que le critère de correction c calculé conformément au paragraphe 3.4.1 du présent appendice est supérieur au seuil applicable selon le tableau A6.App2/2.

3.4.3 La correction est omise et les valeurs non corrigées sont utilisées si le critère de correction c calculé conformément au paragraphe 3.4.1 du présent appendice est inférieur au seuil applicable selon le tableau A6.App2/2.

3.4.4 La correction peut être omise et les valeurs non corrigées peuvent être utilisées si :

a) ΔE_{REESS} a une valeur positive (correspondant à un SRSEE en cours de charge) et le critère de correction c calculé conformément au paragraphe 3.4.1 du présent appendice est supérieur au seuil applicable selon le tableau A6.App2/2 ;

b) Le constructeur peut prouver à l'autorité compétente, au moyen d'une mesure, qu'il n'y a ni relation entre ΔE_{REESS} et les émissions massiques de CO_2 ni entre ΔE_{REESS} et la consommation de carburant.

Tableau A6.App2/1
Contenu énergétique du carburant

Carburant	*Essence*							*Gazole*				
Teneur éthanol/biogazole, %	E0	E5	E10	E15	E22	E85	E100	B0	B5	B7	B20	B100
Pouvoir calorifique (kWh/l)	8,92	8,78	8,64	8,50	8,30	6,41	5,95	9,85	9,80	9,79	9,67	8,90

Tableau A6.App2/2
Seuils de correction du RCB

Cycle	*low + medium*	*low + medium + high*	*low + medium + high + extra high*
Seuil pour le critère de correction c	0,015	0,01	0,005

4. Application de la fonction de correction

4.1 Pour appliquer la fonction de correction, la variation du contenu énergétique $\Delta E_{REESS,j}$ d'une période j pour tous les SRSEE est calculée à partir du courant mesuré et de la tension nominale :

$$\Delta E_{REESS,j} = \sum_{i=1}^{n} \Delta E_{REESS,j,i}$$

où :

$\Delta E_{REESS,j,i}$ est la variation du contenu énergétique du SRSEE i durant la période j considérée, en Wh ;

et :

$$\Delta E_{REESS,j,i} = \frac{1}{3\,600} \times U_{REESS} \times \int_{t_0}^{t_{end}} I(t)_{j,i}\, dt$$

où :

U_{REESS} est la tension nominale, en V, du SRSEE déterminée selon la CEI 60050-482 ;

$I(t)_{j,i}$ est le courant électrique, en A, du SRSEE i durant la période j considérée, déterminé conformément au paragraphe 2 de l'appendice A ;

t_0 est le temps au début de la période j considérée, en s ;

t_{end} est le temps à la fin de la période j considérée, en s ;

i est l'indice pour le SRSEE considéré ;

n est le nombre total de SRSEE ;

j est l'indice pour la période considérée, une période pouvant être une phase du cycle applicable, une combinaison de phases du cycle ou l'ensemble du cycle applicable ;

$\frac{1}{3600}$ est le facteur de conversion pour passer des Ws aux Wh.

4.2 Pour corriger les émissions massiques de CO_2, en g/km, il faut utiliser les facteurs de Willans correspondant au procédé de combustion particulier qui figurent dans le tableau A6.App2/3.

4.3 La correction est effectuée et appliquée pour le cycle total et pour chacune de ses phases séparément et est enregistrée.

4.4 Aux fins des calculs ci-dessus, on utilise une valeur constante pour le rendement de l'alternateur du système d'alimentation électrique, à savoir :

$\eta_{alternator} = 0{,}67$ pour les alternateurs du système d'alimentation électrique du SRSEE

4.5 La différence résultante en ce qui concerne les émissions massiques de CO_2 pour la période considérée j, due à la charge pour l'alternateur résultant de la recharge du SRSEE, doit être calculée comme suit :

$$\Delta M_{CO2,j} = 0{,}0036 \times \Delta E_{REESS,j} \times \frac{1}{\eta_{alternator}} \times Willans_{factor} \times \frac{1}{d_j}$$

où :

$\Delta M_{CO2,j}$ est la différence résultante en ce qui concerne les émissions massiques de CO_2 pour la période j, en g/km ;

$\Delta E_{REESS,j}$ est la variation d'énergie du SRSEE pour la période j considérée, calculée conformément au paragraphe 4.1 du présent appendice, en Wh ;

d_j est la distance parcourue durant la période j considérée, en km ;

j est l'indice pour la période considérée, une période pouvant être une phase du cycle applicable, une combinaison de phases du cycle ou l'ensemble du cycle applicable ;

0,0036 est le facteur de conversion pour passer des Wh aux MJ ;

$\eta_{alternator}$ est le rendement de l'alternateur selon le paragraphe 4.4 du présent appendice ;

$Willans_{factor}$ est le facteur de Willans correspondant au procédé de combustion particulier tel qu'il est défini dans le tableau A6.App2/3, en gCO_2/MJ.

4.5.1 Les valeurs de CO_2 pour chaque phase et pour l'ensemble du cycle doivent être corrigées comme suit :

$M_{CO2,p,3} = M_{CO2,p,1} - \Delta M_{CO2,j}$

$M_{CO2,c,3} = M_{CO2,c,2} - \Delta M_{CO2,j}$

où :

$\Delta M_{CO2,j}$ est le résultat visé au paragraphe 4.5 du présent appendice pour la période j, en g/km.

4.6 Pour la correction des émissions de CO_2, en g/km, il faut utiliser les facteurs de Willans indiqués dans le tableau A6.App2/3.

Tableau A6.App2/3
Facteurs de Willans

			Aspiration naturelle	*Suralimentation*
Allumage commandé	Essence (E0)	l/MJ	0,0733	0,0778
		gCO_2/MJ	175	186
	Essence (E5)	l/MJ	0,0744	0,0789
		gCO_2/MJ	174	185
	Essence (E10)	l/MJ	0,0756	0,0803
		gCO_2/MJ	174	184
	GNC (G20)	m^3/MJ	0,0719	0,0764
		gCO_2/MJ	129	137
	GPL	l/MJ	0,0950	0,101

			Aspiration naturelle	*Suralimentation*
		gCO_2/MJ	155	164
	E85	l/MJ	0,102	0,108
		gCO_2/MJ	169	179
Allumage par compression	Gazole (B0)	l/MJ	0,0611	0,0611
		gCO_2/MJ	161	161
	Gazole (B5)	l/MJ	0,0611	0,0611
		gCO_2/MJ	161	161
	Gazole (B7)	l/MJ	0,0611	0,0611
		gCO_2/MJ	161	161

Annexe 6 − Appendice 3

Calcul de la part de carburant gazeux (GPL et GN/biométhane) dans l'énergie consommée

1. Mesure de la masse de carburant gazeux consommée au cours du cycle d'essai du type I

Pour mesurer la masse de gaz consommée au cours du cycle, il convient de peser le réservoir en début et en fin d'essai en respectant les prescriptions suivantes :

a) L'exactitude doit être de ±2 % ou mieux dans la différence entre les lectures au début et à la fin de l'essai ;

b) Des précautions doivent être prises pour éviter les erreurs de mesure.

Ces précautions doivent consister au minimum à soigneusement mettre en place l'instrument de mesure, conformément aux recommandations de son fabricant et dans les règles de l'art.

c) D'autres méthodes de mesure sont admises à condition que l'on puisse démontrer qu'on obtient une exactitude équivalente.

2. Calcul de la part de carburant gazeux dans l'énergie consommée

La consommation de carburant doit être calculée à partir des émissions d'hydrocarbures, de monoxyde de carbone et de dioxyde de carbone, déterminées sur la base des résultats des mesures, si l'on pose en principe que seul du carburant gazeux est consommé durant l'essai.

La part de carburant gazeux dans l'énergie consommée au cours du cycle est déterminée à l'aide de l'équation suivante :

$$G_{gas} = \left(\frac{M_{gas} \times cf \times 10^4}{FC_{norm} \times dist \times \rho}\right)$$

où:

G_{gas} est la part de carburant gazeux dans l'énergie consommée, % ;

M_{gas} est la masse de carburant gazeux consommée au cours du cycle d'essai, kg ;

FC_{norm} est la consommation de carburant (l/100km pour le GPL, m^3/100 km pour le GN/biométhane) calculée conformément aux dispositions des paragraphes 6.6 et 6.7 de l'annexe 7 ;

dist est la distance parcourue durant le cycle d'essai, km ;

ρ est la densité du gaz :

ρ = 0,654 kg/m^3 pour le GN/biométhane ;

ρ = 0,538 kg/litre pour le GPL ;

cf est le facteur de correction, défini comme suit :

cf = 1 dans le cas du GPL ou du carburant de référence G20 ;

cf = 0,78 dans le cas du carburant de référence G25.

Annexe 7

Calculs

1. Prescriptions générales

1.1 Les calculs s'appliquant spécifiquement aux véhicules hybrides, aux véhicules électriques purs et aux véhicules à pile à combustible à hydrogène comprimé sont présentés à l'annexe 8.

On trouvera au paragraphe 4 de l'annexe 8 une procédure par étapes pour le calcul des résultats d'essai.

1.2 Les calculs présentés ci-après s'appliquent aux véhicules dotés d'un moteur à combustion.

1.3 Arrondi des résultats d'essai

1.3.1 Les résultats des étapes intermédiaires de calcul ne doivent pas être arrondis.

1.3.2 Les résultats finals des essais d'émissions critères doivent être arrondis en une seule fois au nombre de décimales indiqué par la norme d'émissions applicable, plus un chiffre significatif.

1.3.3 Le facteur de correction des NO_x, KH, doit être arrondi à deux décimales.

1.3.4 Le facteur de dilution, DF, doit être arrondi à deux décimales.

1.3.5 Pour tout ce qui ne dépend pas d'une norme, on se fondera sur les pratiques techniques reconnues.

1.3.6 La procédure pour arrondir les résultats des émissions de CO_2 et de la consommation de carburant est détaillée au paragraphe 1.4 de la présente annexe.

1.4 Procédure par étapes pour le calcul des résultats d'essai finals pour les véhicules dotés d'un moteur à combustion

Les résultats doivent être calculés dans l'ordre indiqué au tableau A7/1. Tous les résultats applicables dans la colonne « Données de sortie » doivent être enregistrés. La colonne « Processus » indique les paragraphes à appliquer pour les calculs ou contient des calculs additionnels.

Dans ce même tableau, la nomenclature suivante est utilisée dans les équations et les résultats :

c cycle d'essai applicable complet ;

p toute phase du cycle applicable ;

i constituants d'émissions critères applicables (sauf CO_2) ;

CO_2 émissions de CO_2.

Tableau A7/1
Procédure de calcul des résultats d'essai finals

Source	*Données d'entrée*	*Processus*	*Données de sortie*	*Étape n°*
Annexe 6	Résultats d'essais bruts	Émissions massiques Par. 3 à 3.2.2 de la présente annexe	$M_{i,p,1}$, g/km $M_{CO2,p,1}$, g/km	1
Sortie de l'étape 1	$M_{i,p,1}$, g/km $M_{CO2,p,1}$, g/km	Calcul des valeurs combinées sur le cycle : $M_{i,c,2} = \frac{\sum_p M_{i,p,1} \times d_p}{\sum_p d_p}$ $M_{CO2,c,2} = \frac{\sum_p M_{CO2,p,1} \times d_p}{\sum_p d_p}$ où : $M_{i/CO2,c,2}$ sont les résultats d'émissions sur le cycle total ; d_p représente les distances parcourues sur les phases du cycle p.	$M_{i,c,2}$, g/km $M_{CO2,c,2}$, g/km	2
Sortie des étapes 1 et 2	$M_{CO2,p,1}$, g/km $M_{CO2,c,2}$, g/km	Correction du RCB Appendice 2 de l'annexe 6	$M_{CO2,p,3}$, g/km $M_{CO2,c,3}$, g/km	3
Sortie des étapes 2 et 3	$M_{i,c,2}$, g/km $M_{CO2,c,3}$, g/km	Méthode d'essai pour le contrôle des émissions d'un véhicule équipé d'un système à régénération périodique, K_i Annexe 6, appendice 1 $M_{i,c,4} = K_i \times M_{i,c,2}$ ou $M_{i,c,4} = K_i + M_{i,c,2}$ et $M_{CO2,c,4} = K_{CO2} \times M_{CO2,c,3}$ ou $M_{CO2,c,4} = K_{CO2} + M_{CO2,c,3}$ Facteur additif de recalage ou multiplicatif à utiliser en fonction de la détermination de K_i Si K_i n'est pas applicable : $M_{i,c,4} = M_{i,c,2}$ $M_{CO2,c,4} = M_{CO2,c,3}$	$M_{i,c,4}$, g/km $M_{CO2,c,4}$, g/km	4a
Sortie des étapes 3 et 4a	$M_{CO2,p,3}$, g/km $M_{CO2,c,3}$, g/km $M_{CO2,c,4}$, g/km	Si K_i est applicable, aligner les valeurs de la phase pour CO_2 sur la valeur combinée sur le cycle : $M_{CO2,p,4} = M_{CO2,p,3} \times AF_{Ki}$ pour chaque phase du cycle p où : $AF_{K_i} = \frac{M_{CO2,c,4}}{M_{CO2,c,3}}$ Si K_i n'est pas applicable : $M_{CO2,p,4} = M_{CO2,p,3}$	$M_{CO2,p,4}$, g/km	4b

Source	*Données d'entrée*	*Processus*	*Données de sortie*	*Étape n°*
Sortie de l'étape 4	$M_{i,c,4}$, g/km $M_{CO2,c,4}$, g/km $M_{CO2,p,4}$, g/km	Place réservée pour corrections additionnelles, si nécessaires. À défaut : $M_{i,c,5} = M_{i,c,4}$ $M_{CO2,c,5} = M_{CO2,c,4}$ $M_{CO2,p,5} = M_{CO2,p,4}$	$M_{i,c,5}$, g/km $M_{CO2,c,5}$, g/km $M_{CO2,p,5}$, g/km.	5 Résultat d'un essai unique.
Sortie de l'étape 5	Pour chaque essai : $M_{i,c,5}$, g/km $M_{CO2,c,5}$, g/km $M_{CO2,p,5}$, g/km	Calcul de la valeur moyenne des essais et valeur déclarée Par. 1.2 à 1.2.3 de l'annexe 6	$M_{i,c,6}$, g/km $M_{CO2,c,6}$, g/km $M_{CO2,p,6}$, g/km $M_{CO2,c,declared}$, g/km	6
Sortie de l'étape 6	$M_{CO2,c,6}$, g/km $M_{CO2,p,6}$, g/km $M_{CO2,c,declared}$, g/km	Alignement des valeurs de phase. Par. 1.2.4 de l'annexe 6 et : $M_{CO2,c,7} = M_{CO2,c,declared}$	$M_{CO2,c,7}$, g/km $M_{CO2,p,7}$, g/km	7
Sortie des étapes 6 et 7	$M_{i,c,6}$, g/km $M_{CO2,c,7}$, g/km $M_{CO2,p,7}$, g/km	Calcul de la consommation de carburant Par. 6 de la présente annexe Le calcul de la consommation de carburant doit s'effectuer séparément pour le cycle applicable et les phases de ce dernier. À cette fin : a) Il faut utiliser les valeurs de CO_2 de la phase ou du cycle applicable ; b) Il faut utiliser les émissions critères sur le cycle complet. et : $M_{i,c,8} = M_{i,c,6}$ $M_{CO2,c,8} = M_{CO2,c,7}$ $M_{CO2,p,8} = M_{CO2,p,7}$	$FC_{c,8}$, l/100 km $FC_{p,8}$, l/100 km $M_{i,c,8}$, g/km $M_{CO2,c,8}$, g/km $M_{CO2,p,8}$, g/km	8 Résultat d'un essai du type 1 pour un véhicule d'essai
Étape 8	Pour chacun des véhicules d'essai H et L : $M_{i,c,8}$, g/km $M_{CO2,c,8}$, g/km $M_{CO2,p,8}$, g/km $FC_{c,8}$, l/100 km $FC_{p,8}$, l/100 km	Si outre un véhicule d'essai H un véhicule d'essai L a été essayé, les valeurs d'émissions critères résultantes pour L et H doivent être la valeur moyenne et sont désignées $M_{i,c}$. À la demande d'une Partie contractante, le calcul de la valeur moyenne des valeurs d'émissions critères peut être omis et les valeurs pour les véhicules H et L être enregistrées séparément. À défaut, si aucun véhicule L n'a été essayé, $M_{i,c} = M_{i,c,8}$ Pour le CO_2 et la consommation de carburant, FC, on utilise les valeurs dérivées à l'étape 8. Les valeurs de CO_2 doivent être arrondies à la deuxième décimale et les valeurs FC, à la troisième.	$M_{i,c}$, g/km $M_{CO2,c,H}$, g/km $M_{CO2,p,H}$, g/km $FC_{c,H}$, l/100km $FC_{p,H}$, l/100km et si un véhicule L a été essayé : $M_{CO2,c,L}$, g/km $M_{CO2,p,L}$, g/km $FC_{c,L}$, l/100km $FC_{p,L}$, l/100km	9 Résultat d'une famille d'interpolation Résultat final des émissions critères

Source	*Données d'entrée*	*Processus*	*Données de sortie*	*Étape nº*
Étape 9	$M_{CO2,c,H}$, g/km $M_{CO2,p,H}$, g/km $FC_{c,H}$, l/100 km $FC_{p,H}$, l/100 km et si un véhicule L a été essayé : $M_{CO2,c,L}$, g/km $M_{CO2,p,L}$, g/km $FC_{c,L}$, l/100 km $FC_{p,L}$, l/100 km	Calcul de la consommation de carburant et des émissions de CO_2 pour les véhicules faisant partie d'une famille d'interpolation du point de vue du CO_2. Par. 3.2.3 de la présente annexe Les émissions de CO_2 doivent être exprimées en grammes par kilomètre (g/km) et arrondies au nombre entier le plus proche. Les valeurs FC doivent être arrondies à la première décimale et exprimées en (l/100 km).	$M_{CO2,c,ind}$ g/km $M_{CO2,p,ind}$, g/km $FC_{c,ind}$ l/100 km $FC_{p,ind}$, l/100 km	10 Résultat d'un véhicule donné Résultat final pour le CO_2 et la consommation de carburant (FC)

2. Détermination du volume des gaz d'échappement dilués

2.1 Calcul du volume dans le cas d'un système à dilution variable pouvant fonctionner à un débit constant ou variable

Le débit volumique doit être mesuré en continu. Le volume total doit être mesuré sur toute la durée de l'essai.

2.2 Calcul du volume dans le cas d'un système à dilution variable à pompe volumétrique

2.2.1 Le volume doit être calculé comme suit :

$$V = V_0 \times N$$

où :

V est le volume de gaz dilués, en l par essai (avant correction) ;

V_0 est le volume de gaz déplacé par la pompe volumétrique dans les conditions de l'essai, en l par tour de la pompe ;

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

2.2.1.1 Calcul du volume ramené aux conditions normales

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

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

où :

$$K_1 = \frac{273{,}15\ (K)}{101{,}325\ (kPa)} = 2{,}6961$$

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

P_1 est la dépression à l'entrée de la pompe volumétrique par rapport à la pression barométrique ambiante, en kPa ;

T_P est la température moyenne arithmétique des gaz d'échappement dilués entrant dans la pompe volumétrique au cours de l'essai, en K.

3. Émissions massiques

3.1 Prescriptions générales

3.1.1 Les effets de compressibilité étant exclus, tous les gaz à prendre en compte dans les processus d'admission, de combustion et d'échappement du moteur peuvent être considérés comme idéaux selon l'hypothèse d'Avogadro.

3.1.2 La masse M des composés gazeux émis par le véhicule au cours de l'essai doit être déterminée en calculant le produit de la concentration volumique du gaz considéré et du volume des gaz d'échappement dilués, en tenant dûment compte des valeurs de masse volumique suivantes dans les conditions de référence de 273,15 K (0 °C) et 101,325 kPa :

Monoxyde de carbone (CO)	ρ = 1,25 g/l
Dioxyde de carbone (CO_2)	ρ = 1,964 g/l
Hydrocarbures :	
Pour l'essence (E0) ($C_1H_{1,85}$)	ρ = 0,619 g/1
Pour l'essence (E5) ($C_1H_{1,89}O_{0,016}$)	ρ = 0,632 g/1
Pour l'essence (E10) ($C_1H_{1,93}O_{0,033}$)	ρ = 0,646 g/1
Pour le gazole (B0) ($C_1H_{l,86}$)	ρ = 0,620 g/1
Pour le gazole (B5) ($C_1H_{l,86}O_{0,005}$)	ρ = 0,623 g/1
Pour le gazole (B7) ($C_1H_{l,86}O_{0,007}$)	ρ = 0,625 g/l
Pour le GPL ($C_1H_{2,525}$)	ρ = 0,649 g/l
Pour le gaz naturel/biométhane (CH_4)	ρ = 0,716 g/l
Pour l'éthanol (E85) ($C_1H_{2,74}O_{0,385}$)	ρ = 0,934 g/l
Formaldéhyde (éventuellement)	ρ = 1,34
Acétaldéhyde (éventuellement)	ρ = 1,96
Éthanol (éventuellement)	ρ = 2,05
Oxydes d'azote (NO_x)	ρ = 2,05 g/1
Dioxyde d'azote (NO_2) (éventuellement)	ρ = 2,05 g/1
Protoxyde d'azote (N_2O) (éventuellement)	ρ = 1,964 g/1

La masse volumique pour le calcul de la masse des HCNM doit être égale à celle des hydrocarbures totaux à 273,15 K (0 °C) et 101,325 kPa et dépend du carburant. La masse volumique pour le calcul de la masse de propane (voir le paragraphe 3.5 de l'annexe 5) est de 1,967 g/l en conditions normales.

Pour tout type de carburant qui n'est pas mentionné ci-dessus, la masse volumique doit être calculée au moyen de l'équation présentée au paragraphe 3.1.3 de la présente annexe.

3.1.3 L'équation de base à utiliser pour le calcul de la masse volumique des hydrocarbures totaux pour chaque carburant de référence dont la composition moyenne est $C_XH_YO_Z$ est la suivante :

$$\rho_{THC} = \frac{MW_c + \frac{H}{C} \times MW_H + \frac{O}{C} \times MW_O}{V_M}$$

où :

ρ_{THC} est la masse volumique des hydrocarbures totaux et des hydrocarbures non méthaniques, en g/l ;

MW_C est la masse molaire du carbone (12,011 g/mol) ;

MW_H est la masse molaire de l'hydrogène (1,008 g/mol) ;

MW_O est la masse molaire de l'oxygène (15,999 g/mol) ;

V_M est le volume molaire d'un gaz parfait à 273,15 K (0° C) et à 101,325 kPa (22,413 l/mol) ;

H/C est le rapport hydrogène/carbone pour un carburant spécifique de composition $C_XH_YO_Z$;

O/C est le rapport oxygène/carbone pour un carburant spécifique de composition $C_XH_YO_Z$.

3.2 Calcul des émissions massiques

3.2.1 Les émissions massiques de composés gazeux par phase du cycle doivent être calculées au moyen de l'équation suivante :

$$M_{i,phase} = \frac{V_{mix,phase} \times \rho_i \times KH_{phase} \times C_{i,phase} \times 10^{-6}}{d_{phase}}$$

où :

M_i représente l'émission massique du composé i par essai ou par phase, en g/km ;

V_{mix} est le volume des gaz d'échappement dilués par essai ou par phase, exprimé en l par essai/phase et ramené aux conditions normales (273,15 K (0 °C) et 101,325 kPa) ;

ρ_i est la masse volumique du composé i en g par l à température et pression standard (273,15 K et 101,325 kPa) ;

KH est un facteur de correction d'humidité applicable uniquement pour le calcul des émissions massiques d'oxydes d'azote, NO_2 et NO_x, par essai ou par phase ;

C_i est la concentration du composé i par essai ou par phase dans les gaz d'échappement dilués, exprimée en ppm et corrigée de la concentration de polluant i présente dans l'air de dilution ;

d est la distance parcourue pendant le cycle WLTC applicable, en km ;

n est le nombre de phases du cycle WLTC applicable.

3.2.1.1 La concentration d'un composé gazeux dans les gaz d'échappement dilués doit être corrigée de la quantité du composé gazeux dans l'air de dilution au moyen de l'équation suivante :

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

où :

C_i est la concentration du composé gazeux i dans les gaz d'échappement dilués, exprimée en ppm et corrigée de la concentration de composé gazeux i présente dans l'air de dilution ;

C_e est la concentration mesurée du composé gazeux i dans les gaz d'échappement dilués, en ppm ;

C_d est la concentration du composé gazeux i dans l'air de dilution, en ppm ;

DF est le facteur de dilution.

3.2.1.1.1 Le facteur de dilution, DF, doit être calculé en appliquant l'équation correspondant au carburant visé :

$$DF = \frac{13.4}{C_{CO2} + (C_{HC} + C_{CO}) \times 10^{-4}}$$ pour l'essence (E5 et E10) et le gazole (B0)

$$DF = \frac{13{,}5}{C_{CO2}+(C_{HC}+C_{CO})\times 10^{-4}}$$ pour l'essence (E0)

$$DF = \frac{13{,}5}{C_{CO2}+(C_{HC}+C_{CO})\times 10^{-4}}$$ pour le gazole (B5 et B7)

$$DF = \frac{11{,}9}{C_{CO2}+(C_{HC}+C_{CO})\times 10^{-4}}$$ pour le GPL

$$DF = \frac{9{,}5}{C_{CO2}+(C_{HC}+C_{CO})\times 10^{-4}}$$ pour le GN/biométhane

$$DF = \frac{12{,}5}{C_{CO2}+(C_{HC}+C_{CO})\times 10^{-4}}$$ pour l'éthanol (E85)

$$DF = \frac{35{,}03}{C_{H2O}-C_{H2O-DA}+C_{H2}\times 10^{-4}}$$ pour l'hydrogène.

S'agissant de l'équation pour l'hydrogène :

C_{H2O} est la concentration de H_2O dans les gaz d'échappement dilués se trouvant à l'intérieur du sac de prélèvement, en pourcentage de volume ;

$C_{H2O\text{-}DA}$ est la concentration de H_2O dans l'air de dilution, en pourcentage de volume ;

C_{H2} est la concentration de H_2 dans les gaz d'échappement dilués se trouvant à l'intérieur du sac de prélèvement, en ppm.

Pour tout type de carburant non mentionné ici, le facteur de dilution (DF) doit être calculé en appliquant l'équation présentée au paragraphe 3.2.1.1.2 de la présente annexe.

Si le constructeur utilise un facteur de dilution valable pour plusieurs phases, il doit calculer ledit facteur en tenant compte de la concentration moyenne des composés gazeux pour les phases visées.

La concentration moyenne d'un composé gazeux doit être calculée au moyen de l'équation suivante :

$$\overline{C_1} = \frac{\sum_{phase=1}^{n}\left(C_{i,phase}\times V_{mix,phase}\right)}{\sum_{phase=1}^{n} V_{mix,phase}}$$

où :

C_1 est la concentration moyenne d'un composé gazeux ;

$Ci_{,phase}$ est la concentration pour chaque phase ;

$V_{mix,phase}$ est le V_{mix} de la phase correspondante.

3.2.1.1.2 L'équation de base à appliquer afin de déterminer le facteur de dilution DF pour chaque carburant de référence ayant une composition moyenne arithmétique de $C_xH_yO_z$ est la suivante :

$$DF = \frac{X}{C_{CO2} + (C_{HC} + C_{CO})\times 10^{-4}}$$

où :

$$X = 100\times\frac{x}{x+\frac{y}{2}+3{,}76\left(x+\frac{y}{4}-\frac{z}{2}\right)}$$

C_{CO2} est la concentration de CO_2 dans les gaz d'échappement dilués présents dans le sac de prélèvement, exprimée en pourcentage de volume ;

C_{HC} est la concentration d'hydrocarbures (HC) dans les gaz d'échappement dilués présents dans le sac de prélèvement, exprimée en ppm d'équivalents carbone ;

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

3.2.1.1.3 Mesure du méthane

3.2.1.1.3.1 Lorsque la mesure du méthane s'effectue au moyen d'un détecteur à ionisation de flamme GC-FID, les hydrocarbures non méthaniques (HCNM) doivent être calculés en appliquant l'équation suivante :

$$C_{NMHC} = C_{THC} - (Rf_{CH4} \times C_{CH4})$$

où :

C_{NMHC} est la concentration corrigée de HCNM dans les gaz d'échappement dilués, exprimée en ppm d'équivalents carbone ;

C_{THC} est la concentration de HCT dans les gaz d'échappement dilués, exprimée en ppm d'équivalents carbone et corrigée de la quantité de HCT présente dans l'air de dilution ;

C_{CH4} est la concentration de CH_4 dans les gaz d'échappement dilués, exprimée en ppm d'équivalents carbone et corrigée de la quantité de CH_4 présente dans l'air de dilution ;

Rf_{CH4} est le facteur de réponse du FID au méthane déterminé et précisé au paragraphe 5.4.3.2 de l'annexe 5.

3.2.1.1.3.2 Lorsque la mesure du méthane s'effectue au moyen d'un FID et d'un convertisseur de HCNM (NMC-FID), le calcul des HCNM dépend du gaz/de la méthode d'étalonnage employés pour le réglage du zéro et l'étalonnage.

Le FID utilisé pour la mesure des HCT (sans NMC) doit être étalonné avec un mélange propane/air de la façon normale.

Pour l'étalonnage d'un FID utilisé en série avec un NMC, les méthodes suivantes sont autorisées :

a) Le gaz d'étalonnage propane/air contourne le NMC ;

b) Le gaz d'étalonnage méthane/air traverse le NMC.

Il est vivement recommandé d'étalonner le FID pour le méthane avec un mélange méthane/air traversant le NMC.

Avec la méthode a), la concentration de CH_4 et de HCNM doit être calculée en appliquant les équations suivantes :

$$C_{CH4} = \frac{C_{HC(w/NMC)} - C_{HC(w/oNMC)} \times (1 - E_E)}{R_f \times (E_E - E_M)}$$

$$C_{NMHC} = \frac{C_{HC(w/oNMC)} \times (1 - E_M) - C_{HC(w/NMC)}}{E_E - E_M}$$

Si $R_f < 1{,}05$, il est permis de l'omettre dans l'équation présentée ci-dessus pour C_{CH4}.

Avec la méthode b), la concentration de CH_4 et de HCNM doit être calculée à l'aide des équations suivantes :

$$C_{CH4} = \frac{C_{HC(w/NMC)} \times r_h \times (1 - E_M) - C_{HC(w/oNMC)} \times (1 - E_E)}{R_f \times (E_E - E_M)}$$

$$C_{NMHC} = \frac{C_{HC(w/oNMC)} \times (1 - E_M) - C_{HC(w/NMC)} \times r_h \times (1 - E_M)}{E_E - E_M}$$

où :

$C_{HC(w/NMC)}$ est la concentration de HC, en ppm C, dans le cas où l'échantillon de gaz traverse le NMC ;

$C_{HC(w/oNMC)}$ est la concentration de HC, en ppm C, dans le cas où l'échantillon de gaz contourne le NMC ;

R_f est le facteur de réponse au méthane, tel que déterminé au paragraphe 5.4.3.2 de l'annexe 5 ;

E_M est l'efficacité à l'égard du méthane, telle que déterminée au paragraphe 3.2.1.1.3.3.1 de la présente annexe ;

E_E est l'efficacité à l'égard de l'éthane, telle que déterminée au paragraphe 3.2.1.1.3.3.2 de la présente annexe.

Si $R_f < 1{,}05$, il est permis de l'omettre dans les équations présentées ci-dessus pour C_{CH4} et $C_{NMHC,}$ méthode b).

3.2.1.1.3.3 Efficacité du convertisseur d'hydrocarbures non méthaniques (NMC)

Le convertisseur est utilisé pour éliminer les hydrocarbures non méthaniques de l'échantillon de gaz en oxydant tous les hydrocarbures à l'exception du méthane. Dans l'idéal, l'efficacité de la conversion est de 0 % pour le méthane et de 100 % pour les autres hydrocarbures, représentés par l'éthane. Pour une mesure précise des HCNM, il convient de déterminer l'efficacité dans les deux cas et d'utiliser la valeur obtenue comme base de calcul des émissions de HCNM.

3.2.1.1.3.3.1 Efficacité pour le méthane, E_M

On amène le gaz d'étalonnage méthane/air dans le FID, en le faisant successivement traverser et contourner le NMC, et on enregistre les deux concentrations. L'efficacité se calcule en appliquant l'équation suivante :

$$E_M = 1 - \frac{C_{HC(w/NMC)}}{C_{HC(w/oNMC)}}$$

où :

$C_{HC(w/NMC)}$ est la concentration de HC, en ppm C, lorsque le CH_4 passe par le NMC ;

$C_{HC(w/oNMC)}$ est la concentration de HC, en ppm C, lorsque le CH_4 contourne le NMC.

3.2.1.1.3.3.2 Efficacité pour l'éthane, E_E

On amène le gaz d'étalonnage éthane/air dans le FID, en le faisant successivement traverser et contourner le NMC, et on enregistre les deux concentrations. L'efficacité se calcule en appliquant l'équation suivante :

$$E_E = 1 - \frac{C_{HC(w/NMC)}}{C_{HC(w/oNMC)}}$$

où :

$C_{HC(w/NMC)}$ est la concentration de HC, en ppm C, lorsque le C_2H_6 passe par le NMC ;

$C_{HC(w/oNMC)}$ est la concentration de HC, en ppm C, lorsque le C_2H_6 contourne le NMC.

Si l'efficacité de la conversion pour l'éthane est égale ou supérieure à 0,98, on attribue à E_E la valeur 1 pour les calculs ultérieurs.

3.2.1.1.3.4 Si l'étalonnage du FID pour le méthane s'effectue en passant par le convertisseur, E_M doit être égale à zéro.

L'équation utilisée pour calculer C_{CH4} au paragraphe 3.2.1.1.3.2 (méthode b)) de la présente annexe devient alors :

$$C_{CH4} = C_{HC(w/NMC)}$$

L'équation utilisée pour calculer C_{NMHC} au paragraphe 3.2.1.1.3.2 (méthode b)) de la présente annexe devient alors :

$$C_{NMHC} = C_{HC(w/oNMC)} - C_{HC(w/NMC)} \times r_h$$

La masse volumique utilisée pour le calcul de la masse des HCNM doit être égale à celle des hydrocarbures totaux à 273,15 K (0 °C) et 101,325 kPa et dépend du carburant.

3.2.1.1.4 Calcul de la concentration moyenne arithmétique pondérée par le débit

La méthode de calcul suivante n'est utilisée que pour les systèmes CVS qui ne sont pas équipés d'un échangeur de chaleur ou pour les systèmes CVS qui sont équipés d'un échangeur de chaleur qui n'est pas conforme au paragraphe 3.3.5.1 de l'annexe 5.

Lorsqu'au cours de l'essai, le débit CVS, q_{VCVS}, varie au-delà de ±3 % du débit moyen arithmétique, une moyenne arithmétique pondérée par le débit doit être appliquée pour toutes les mesures en continu avec dilution, y compris les mesures du nombre de particules :

$$C_e = \frac{\sum_{i=1}^{n} q_{VCVS}(i) \times \Delta t \times C(i)}{V}$$

où :

C_e est la concentration moyenne arithmétique pondérée par le débit ;

$q_{VCVS}(i)$ est le débit CVS à l'instant $t = i \times \Delta t$, en m^3/min ;

$C(i)$ est la concentration à l'instant $t = i \times \Delta t$, en ppm ;

Δt est l'intervalle de prélèvement, en s ;

V est le volume CVS total, en m^3.

3.2.1.2 Calcul du facteur de correction d'humidité pour les NO_x

Afin de corriger les effets de l'humidité sur les résultats obtenus en ce qui concerne les oxydes d'azote, il convient de faire le calcul suivant :

$$KH = \frac{1}{1 - 0{,}0329 \times (H - 10{,}71)}$$

où :

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

Et :

H est l'humidité spécifique, exprimée en g de vapeur d'eau par kg d'air sec ;

R_a est l'humidité relative de l'air ambiant, en pourcentage ;

P_d est la pression de vapeur saturante à la température ambiante, en kPa ;

P_B est la pression atmosphérique dans la pièce, en kPa.

Le facteur KH doit être calculé pour chaque phase du cycle d'essai.

La température ambiante et l'humidité relative doivent correspondre à la moyenne arithmétique des valeurs mesurées en continu au cours de chaque phase.

3.2.1.3 Détermination de la concentration de NO_2 à partir du NO et des NO_x (le cas échéant)

On détermine la concentration de NO_2 en fonction de la différence entre la concentration de NO_x dans le sac corrigée de la concentration présente dans l'air de dilution et la concentration de NO obtenue par mesure en continu corrigée de la concentration présente dans l'air de dilution.

3.2.1.3.1 Concentrations de NO

3.2.1.3.1.1 Les concentrations de NO doivent être calculées à partir des valeurs de l'analyseur de NO intégrées et éventuellement corrigées de la fluctuation du débit.

3.2.1.3.1.2 La concentration moyenne arithmétique de NO doit être calculée au moyen de l'équation suivante :

$$C_e = \frac{\int_{t_1}^{t_2} C_{NO}\, dt}{t_2 - t_1}$$

où :

$\int_{t_1}^{t_2} C_{NO} dt$ est calculé par intégration de la valeur relevée par l'analyseur de NO en mode dilution continue au cours de l'essai (t_1 à t_2) ;

C_e est la concentration de NO mesurée dans les gaz d'échappement dilués, en ppm.

3.2.1.3.1.3 La concentration de NO dans l'air de dilution doit être déterminée à partir du sac qui contient ce dernier. Une correction doit être apportée conformément aux dispositions du paragraphe 3.2.1.1 ci-dessus.

3.2.1.3.2 Concentrations de NO_2 (le cas échéant)

3.2.1.3.2.1 Détermination de la concentration de NO_2 par mesure directe dans les gaz d'échappement dilués

3.2.1.3.2.2 Les concentrations de NO_2 doivent être calculées à partir des valeurs de l'analyseur de NO_2 intégrées et éventuellement corrigées de la fluctuation du débit.

3.2.1.3.2.3 La concentration moyenne arithmétique de NO_2 doit être calculée en appliquant l'équation suivante :

$$C_e = \frac{\int_{t_1}^{t_2} C_{NO_2}\, dt}{t_2 - t_1}$$

où :

$\int_{t_1}^{t_2} C_{NO_2} dt$ est calculé par intégration de la valeur relevée par l'analyseur de NO_2 en mode dilution continue au cours de l'essai (t_1 à t_2) ;

C_e est la concentration de NO_2 mesurée dans les gaz d'échappement dilués, en ppm.

3.2.1.3.2.4 La concentration de NO_2 dans l'air de dilution doit être déterminée à partir des sacs qui contiennent ce dernier. Une correction est apportée conformément aux dispositions du paragraphe 3.2.1.1 de la présente annexe.

3.2.1.4 Concentration de N_2O (le cas échéant)

Pour toute mesure prise au moyen d'un chromatographe en phase gazeuse couplé à un détecteur à capture d'électrons (GC-ECD), la concentration de N_2O doit être calculée à l'aide des équations suivantes :

$$C_{N2O} = PeakArea_{sample} \times Rf_{N20}$$

où :

C_{N2O} est la concentration de N_2O, en ppm ;

Et :

$$Rf_{N2O} = \frac{c_{N2O_{standard\ (ppm)}}}{PeakArea_{standard}}$$

3.2.1.5 Concentration de NH_3 (le cas échéant)

La concentration moyenne de NH_3 doit être calculée au moyen de l'équation suivante :

$$C_{NH_3} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{i=n} C_{NH_3 i}$$

où :

C_{NH_3} est la concentration instantanée de NH_3, en ppm ;

n est le nombre de mesures.

3.2.1.6 Concentration d'éthanol (le cas échéant)

Pour toute mesure de l'éthanol prise au moyen d'un chromatographe en phase gazeuse dans des séparateurs à impact et de gaz dilué dans un système de prélèvement à volume constant, la concentration d'éthanol doit être calculée au moyen de l'équation suivante :

$$C_{C2H5OH} = PeakArea_{sample} \times Rf_{C2H5OH}$$

où :

$$Rf_{C2H5OH} = Rf_{C2H5OH}\ (ppm) / PeakArea_{standard}$$

3.2.1.7 Masse de carbonyle (le cas échéant)

Pour toute mesure du carbonyle prise au moyen d'un chromatographe en phase liquide, le formaldéhyde et l'acétaldéhyde doivent être calculés comme suit.

Pour chaque carbonyle visé, la masse de carbonyle doit être calculée à partir de la masse du 2,4-dinitrophénylhydrazone dérivé. La masse de chaque composé carbonylé est déterminée à l'aide de l'équation suivante :

$$Mass_{sample} = PeakArea_{sample} \times R_f \times V_{sample} \times B$$

où :

B est le rapport entre le poids moléculaire du composé carbonylé et le 2,4-dinitrophénylhydrazone dérivé ;

V_{sample} est le volume de l'échantillon, en ml ;

R_f est le facteur de réponse pour chaque carbonyle, calculé durant l'étalonnage en appliquant l'équation suivante :

$$R_f = C_{standard}\ (\mu g\ 2,4\text{-DNPH species/ml}) / PeakArea_{standard}$$

3.2.1.8 Détermination de la masse d'éthanol, d'acétaldéhyde et de formaldéhyde (le cas échéant)

Plutôt que de mesurer les concentrations d'éthanol, d'acétaldéhyde et de formaldéhyde, on peut calculer les émissions massiques d'EAF, M_{EAF}, pour les mélanges éthanol/pétrole contenant moins de 25 % d'éthanol en volume en appliquant l'équation suivante :

$$M_{EAF} = (0,0302 + 0,0071 \times (\text{pourcentage d'éthanol})) \times M_{NMHC}$$

où :

M_{EAF}	représente les émissions massiques d'EAF par essai, en g/km ;
M_{NMHC}	représente les émissions massiques de HCNM par essai, en g/km ;
pourcentage d'éthanol	est le pourcentage d'éthanol en volume dans le carburant utilisé pour l'essai.

3.2.2 Détermination des émissions massiques de HC des moteurs à allumage par compression

3.2.2.1 Pour déterminer les émissions massiques de HC des moteurs à allumage par compression, on doit calculer la concentration moyenne arithmétique de HC en appliquant l'équation suivante :

$$C_e = \frac{\int_{t_1}^{t_2} C_{HC}\, dt}{t_2 - t_1}$$

où :

$\int_{t_1}^{t_2} C_{HC} dt$	est calculé par intégration de la valeur relevée par le FID chauffé au cours de l'essai (t_1 à t_2) ;
C_e	est la concentration de HC mesurée dans les gaz d'échappement dilués, exprimée en ppm de C_i et substituée à C_{HC} dans toutes les équations pertinentes.

3.2.2.1.1 La concentration de HC dans l'air de dilution est déterminée à partir des sacs qui contiennent ce dernier. La correction s'effectue conformément aux dispositions du paragraphe 3.2.1.1 ci-dessus.

3.2.3 Calcul de la consommation de carburant et des émissions de CO_2 pour les véhicules faisant partie d'une famille d'interpolation

3.2.3.1 Calcul de la consommation de carburant et des émissions de CO_2 sans la méthode d'interpolation (c'est-à-dire avec uniquement le véhicule H)

Les émissions de CO_2, telles que calculées conformément aux dispositions des paragraphes 3.2.1 à 3.2.1.1.2 de la présente annexe, et la consommation de carburant, telle que calculée conformément aux dispositions du paragraphe 6 de la même annexe, doivent être attribuées à tous les véhicules faisant partie de la famille d'interpolation, et la méthode d'interpolation n'est pas applicable.

3.2.3.2 Calcul de la consommation de carburant et des émissions de CO_2 avec la méthode d'interpolation

Il est possible de calculer la consommation de carburant et les émissions de CO_2 pour chaque véhicule faisant partie d'une famille d'interpolation conformément aux dispositions des paragraphes 3.2.3.2.1 à 3.2.3.2.5 de la présente annexe.

3.2.3.2.1 Consommation de carburant et émissions de CO_2 des véhicules d'essai L et H

La masse des émissions de CO_2, M_{CO_2-L} et M_{CO_2-H}, et les phases p, $M_{CO_2-L,p}$ et $M_{CO_2-H,p}$, prises en compte pour les véhicules d'essai L et H, utilisées dans les calculs qui suivent, doivent être recueillies à l'étape 9 du tableau A7/1.

Les valeurs relatives à la consommation de carburant proviennent également de l'étape 9 du tableau A7/1 et sont représentées par $FC_{L,p}$ et $FC_{H,p}$.

3.2.3.2.2 Calcul de la résistance à l'avancement sur route pour un véhicule donné

Dans le cas où la famille d'interpolation est dérivée d'une ou plusieurs familles de résistance à l'avancement sur route, le calcul de la résistance à l'avancement

sur route pour un véhicule donné doit être effectué uniquement au sein de la famille de résistance à l'avancement sur route applicable au véhicule concerné.

3.2.3.2.2.1 Masse d'un véhicule donné

Les masses d'essai des véhicules H et L doivent être utilisées comme paramètres d'entrée pour la méthode d'interpolation.

TM_{ind}, en kg, est la masse d'essai d'un véhicule donné conformément au paragraphe 3.2.25 du présent RTM ONU.

Si l'on utilise la même masse d'essai pour les véhicules d'essai L et H, la valeur de TM_{ind} doit être réglée sur la masse du véhicule d'essai H pour la méthode d'interpolation.

3.2.3.2.2.2 Résistance au roulement d'un véhicule donné

3.2.3.2.2.2.1 Les valeurs effectives de CRR des pneumatiques sélectionnés pour le véhicule d'essai L, RR_L, et pour le véhicule d'essai H, RR_H, doivent être utilisées comme paramètres d'entrée pour la méthode d'interpolation. Voir le paragraphe 4.2.2.1 de l'annexe 4.

Si les pneumatiques montés sur les essieux avant et arrière du véhicule L ou H présentent des valeurs de CRR différentes, on doit calculer la moyenne pondérée des résistances au roulement au moyen de l'équation reproduite au paragraphe 3.2.3.2.2.2.3 de la présente annexe.

3.2.3.2.2.2.2 Pour les pneumatiques montés sur un véhicule donné, la valeur du coefficient de résistance au roulement RR_{ind} doit être réglée sur la valeur du CRR de la classe d'efficacité énergétique correspondante selon le tableau A4/2 de l'annexe 4.

Si les pneumatiques montés sur les essieux avant et arrière relèvent de différentes classes d'efficacité énergétique, on doit utiliser la moyenne pondérée, calculée à l'aide de l'équation qui figure au paragraphe 3.2.3.2.2.2.3 de la présente annexe.

Si les pneumatiques montés sur les véhicules d'essai L et H sont les mêmes, ou s'il s'agit de pneumatiques présentant le même coefficient de résistance au roulement, la valeur de RR_{ind} pour la méthode d'interpolation doit être réglée sur $RR_{H..}$

3.2.3.2.2.2.3 Calcul de la moyenne pondérée des résistances au roulement

$$RR_x = (RR_{x,FA} \times mp_{x,FA}) + (RR_{x,RA} \times (1 - mp_{x,FA}))$$

où :

x	représente le véhicule L, le véhicule H ou un véhicule donné.
$RR_{L,FA}$ et RRH,FA	sont les CRR effectifs des pneumatiques de l'essieu avantsur les véhicules L et H respectivement, en kg/tonne ;
$RR_{ind,FA}$	est la valeur du CRR de la classe d'efficacité énergétique correspondante selon le tableau A4/2 de l'annexe 4 des pneumatiques de l'essieu avant sur un véhicule donné, en kg/tonne ;
$RR_{L,RA}$, et $RR_{H,RA}$	sont les CRR effectifs des pneumatiques de l'essieu arrière sur les véhicules L et H respectivement, en kg/tonne ;
$RRind,_{RA}$	est la valeur du CRR de la classe d'efficacité énergétique correspondante selon le tableau A4/2 de l'annexe 4 des pneumatiques de l'essieu arrière sur un véhicule donné, en kg/tonne.

$mp_{x,FA}$ est la proportion de la masse du véhicule en ordre de marche sur l'essieu avant ;

RRx ne doit pas être pas arrondi ou inscrit dans une classe d'efficacité énergétique des pneumatiques.

3.2.3.2.2.3 Traînée aérodynamique d'un véhicule donné

3.2.3.2.2.3.1 Détermination de l'incidence aérodynamique de l'équipement optionnel

La traînée aérodynamique doit être mesurée pour chacun des éléments de l'équipement optionnel et chacune des formes de carrosserie ayant une incidence sur celle-ci dans une soufflerie répondant aux prescriptions du paragraphe 3.2 de l'annexe 4, après vérification par l'autorité compétente.

3.2.3.2.2.3.2 Autre méthode permettant de déterminer l'incidence aérodynamique de l'équipement optionnel

À la demande du constructeur et avec l'accord de l'autorité compétente, une autre méthode (simulation ou utilisation d'une soufflerie non conforme aux prescriptions de l'annexe 4, par exemple) peut être appliquée pour déterminer $\Delta(C_D \times A_f)$ si les critères ci-après sont remplis :

a) L'autre méthode produit une exactitude de ±0,015 m^2 pour $\Delta(C_D \times A_f)$ et, dans le cas d'une simulation, la méthode de la dynamique numérique des fluides est validée dans le détail, de sorte que les flux d'air effectifs autour de la carrosserie, et notamment leur vitesse, leur force et la pression exercée, correspondent aux résultats de l'essai de validation ;

b) L'autre méthode est employée uniquement pour ceux des éléments ayant une incidence sur l'aérodynamisme (roues, formes de la carrosserie et système de refroidissement, par exemple) pour lesquels l'équivalence a été démontrée ;

c) La preuve de l'équivalence doit être apportée par avance à l'autorité compétente pour chaque famille de véhicules du point de vue de la résistance à l'avancement dans le cas où une méthode mathématique est appliquée, ou tous les quatre ans dans le cas où l'on utilise une méthode de mesure, et doit dans tous les cas être fondée sur des mesures en soufflerie répondant aux critères du présent RTM ONU ;

d) Si la valeur $\Delta(C_D \times A_f)$ d'un élément particulier de l'équipement optionnel est plus de deux fois supérieur à la valeur de l'équipement optionnel pour lequel une preuve a été apportée, la traînée aérodynamique ne doit pas être déterminée au moyen de l'autre méthode ;

e) Toute modification apportée à un modèle de simulation doit donner lieu à une nouvelle validation.

3.2.3.2.2.3.3 Application de l'incidence aérodynamique au véhicule donné

$\Delta(C_D \times A_f)_{ind}$ est la différence de produit du coefficient de traînée aérodynamique multiplié par le maître-couple entre un véhicule donné et le véhicule d'essai L compte tenu des éléments optionnels et des formes de carrosserie du véhicule donné qui diffèrent par rapport au véhicule d'essai L, en m^2.

Les différences relatives à la traînée aérodynamique, $\Delta(C_D \times A_f)$, doivent être déterminées avec une exactitude de ±0,015 m^2.

$\Delta(C_D \times A_f)_{ind}$ peut être calculée au moyen de l'équation suivante, ce qui permet de conserver l'exactitude de ±0,015 m^2 également pour la somme des éléments d'équipement optionnel et des formes de carrosserie :

$$\Delta(C_D \times A_f)_{ind} = \sum_{i=1}^{n} \Delta(C_D \times A_f)_i$$

où :

C_D est le coefficient de traînée aérodynamique ;

A_f est le maître-couple du véhicule, en m^2 ;

n est le nombre d'éléments d'équipement optionnel du véhicule qui diffèrent entre un véhicule donné et le véhicule d'essai L ;

$\Delta(C_D \times A_f)_i$ est la différence de produit du coefficient de traînée aérodynamique multiplié par le maître-couple imputable à un élément i sur le véhicule et est positive dans le cas d'un élément d'équipement optionnel qui accroît la traînée aérodynamique par rapport au véhicule d'essai L et vice-versa, en m^2.

La somme de toutes les différences $\Delta(C_D \times A_f)_i$ entre les véhicules d'essai L et H doit correspondre à $\Delta(C_D \times A_f)_{LH}$.

3.2.3.2.2.3.4 Définition de l'écart aérodynamique complet entre les véhicules d'essai H et L

La différence totale du coefficient de traînée aérodynamique multiplié par le maître-couple entre les véhicules d'essai L et H est exprimée par $\Delta(C_D \times A_f)_{LH}$ et doit être enregistrée, en m^2.

3.2.3.2.2.3.5 Renseignements sur les incidences aérodynamiques

L'augmentation ou la diminution du produit du coefficient de traînée aérodynamique multiplié par le maître couple exprimé par Δ(CD×Af) pour tous les éléments d'équipement optionnel et toutes les formes de carrosserie dans la famille d'interpolation qui :

a) Ont une incidence sur la traînée aérodynamique du véhicule ; et

b) Doivent être inclus dans l'interpolation ;

doivent être enregistrés, en m^2.

3.2.3.2.2.3.6 Dispositions supplémentaires relatives aux incidences aérodynamiques

La traînée aérodynamique du véhicule H doit être appliquée à toute la famille d'interpolation et $\Delta(C_D \times A_f)_{LH}$ doit être réglé sur zéro si :

a) La soufflerie ne permet pas de déterminer avec précision $\Delta(C_D \times A_f)$; ou

b) Il n'existe pas entre les véhicules H et L d'éléments d'équipement optionnels à prendre en compte dans la méthode d'interpolation.

3.2.3.2.2.4 Calcul du coefficient de résistance à l'avancement sur route pour des véhicules donnés

Les coefficients de résistance à l'avancement sur route f_0, f_1 et f_2 (tels que définis à l'annexe 4) pour les véhicules d'essai H et L correspondent à $f_{0,H}$, $f_{1,H}$ et $f_{2,H}$ et $f_{0,L}$, $f_{1,L}$ et $f_{2,L}$ respectivement. Une courbe de résistance à l'avancement sur route ajustée pour le véhicule d'essai L est définie comme suit :

$$F_L(v) = f^*_{0,L} + f_{1,H} \times v + f^*_{2,L} \times v^2$$

En appliquant une régression par la méthode des moindres carrés sur la plage des points de vitesse de référence, on détermine les coefficients de résistance à l'avancement sur route ajustés $f^*_{0,L}$ et $f^*_{2,L}$ pour $F_L(v)$ en attribuant au coefficient linéaire $f^*_{1,L}$ la valeur de $f_{1,H}$. Les coefficients de résistance à l'avancement sur route $f_{0,ind}$, $f_{1,ind}$ et $f_{2,ind}$ pour un véhicule visé dans la famille d'interpolation doivent être calculés au moyen de l'équation suivante :

$$f_{0,ind} = f_{0,H} - \Delta f_0 \times \frac{(TM_H \times RR_H - TM_{ind} \times RR_{ind})}{(TM_H \times RR_H - TM_L \times RR_L)}$$

Ou, si $(TM_H \times RR_H - TM_L \times RR_L) = 0$, au moyen de l'équation suivante :

$$f_{0,ind} = f_{0,H} - \Delta f_0$$

$$f_{1,ind} = f_{1,H}$$

$$f_{2,ind} = f_{2,H} - \Delta f_2 \frac{(\Delta[C_D \times A_f]_{LH} - \Delta[C_d \times A_f]_{ind})}{(\Delta[C_D \times A_f]_{LH})}$$

Ou, si $\Delta[C_D \times A_f]_{LH} = 0$, au moyen de l'équation suivante :

$$f_{2,ind} = f_{2,H} - \Delta f_2$$

où :

$\Delta f_0 = f_{0,H} - f^*_{0,L}$

$\Delta f_2 = f_{2,H} - f^*_{2,L}$

Dans le cas d'une famille de matrices de résistance à l'avancement, les coefficients de résistance f_0, f_1 et f_2 pour un véhicule donné doivent être calculés en appliquant les équations présentées au paragraphe 5.1.1 de l'annexe 4.

3.2.3.2.3 Calcul de la demande d'énergie sur le cycle

La demande d'énergie sur le cycle pour le cycle WLTC applicable, E_k, et la demande d'énergie pour toutes les phases du cycle applicable, E_{kp}, doivent être calculées conformément à la procédure exposée au paragraphe 5 de la présente annexe pour les ensembles k suivants, comprenant des coefficients de résistance à l'avancement sur route et des masses :

k=1 $f_0 = f^*_{0,L}$, $f_1 = f_{1,H}$, $f_2 = f^*_{2,L}$, $m = TM_L$

(véhicule d'essai L)

k=2 :$f_0 = f_{0,H}$, $f_1 = f_{1,H}$, $f_2 = f_{2,H}$, $m = TM_H$

(véhicule d'essai H)

k=3 :

$$f_0 = f_{0,ind},\ f_1 = f_{1,H},\ f_2 = f_{2,ind},\ m = TM_{ind}$$

(un véhicule donné dans la famille d'interpolation)

Ces trois séries de coefficients de résistance à l'avancement sur route peuvent être dérivées de familles de résistance à l'avancement sur route différentes.

3.2.3.2.4 Calcul de la valeur de CO_2 pour un véhicule faisant partie d'une famille d'interpolation, par la méthode d'interpolation

Pour chaque phase p du cycle, la masse des émissions de CO_2 en g/km pour un véhicule donné doit être calculée au moyen de l'équation suivante :

$$M_{CO_2-ind,p} = M_{CO_2-L,p} + \left(\frac{E_{3,p} - E_{1,p}}{E_{2,p} - E_{1,p}}\right) \times \left(M_{CO_2-H,p} - M_{CO_2-L,p}\right)$$

La masse des émissions de CO_2 en g/km sur le cycle complet pour un véhicule donné doit être calculée à l'aide de l'équation suivante :

$$M_{CO_2-ind} = M_{CO_2-L} + \left(\frac{E_3 - E_1}{E_2 - E_1}\right) \times \left(M_{CO_2-H} - M_{CO_2-L}\right)$$

Les termes $E_{1,p}$, $E_{2,p}$ et $E_{3,p}$ et E_1, E_2 et E_3 doivent être respectivement calculés comme spécifié au paragraphe 3.2.3.2.3 de la présente annexe.

3.2.3.2.5 Calcul de la valeur de consommation de carburant, FC, pour un véhicule faisant partie d'une famille d'interpolation, à l'aide de la méthode d'interpolation

Pour chaque phase p du cycle applicable, la consommation de carburant en l/100 km pour un véhicule donné doit être calculée au moyen de l'équation suivante :

$$FC_{ind,p} = FC_{L,p} + \left(\frac{E_{3,p} - E_{1,p}}{E_{2,p} - E_{1,p}}\right) \times \left(FC_{H,p} - FC_{L,p}\right)$$

La consommation de carburant en l/100km sur le cycle complet pour un véhicule donné doit être calculée au moyen de l'équation suivante :

$$FC_{ind} = FC_{L} + \left(\frac{E_{3} - E_{1}}{E_{2} - E_{1}}\right) \times (FC_{H} - FC_{L})$$

Les termes $E_{1,p}$, $E_{2,p}$ et $E_{3,p}$ et E_1, E_2 et E_3 doivent être respectivement calculés comme spécifié au paragraphe 3.2.3.2.3 de la présente annexe.

3.2.3.2.6 Chaque valeur de CO_2 déterminée dans le paragraphe 3.2.3.2.4. de la présente annexe peut être augmentée par l'équipementier (OEM). Dans ce cas :

a) Les valeurs de phase de CO_2 sont augmentées du ratio de la valeur accrue de CO_2 divisé par la valeur de CO_2 calculée ;

b) Les valeurs de la consommation de carburant sont augmentées du ratio de la valeur accrue de CO2 divisé par la valeur de CO2 calculée.

Cela ne compense pas les éléments techniques d'après lesquels un véhicule devrait être exclu de la famille d'interpolation.

3.2.4 Calcul de la consommation de carburant et des émissions de CO_2 des véhicules faisant partie d'une famille de matrices de résistance à l'avancement

Les émissions de CO_2 et la consommation de carburant de chacun des véhicules faisant partie d'une famille de matrices de résistance à l'avancement doivent être calculées selon la méthode d'interpolation décrite aux paragraphes 3.2.3.2.3 à 3.2.3.2.5 de la présente annexe. S'il y a lieu, les références au véhicule L et/ou au véhicule H doivent être remplacées par des références au véhicule L_M et/ou au véhicule H_M respectivement.

3.2.4.1 Détermination de la consommation de carburant et des émissions de CO_2 des véhicules L_M et H_M

La masse des émissions de CO_2, M_{CO_2}, pour les véhicules L_M et H_M doit être déterminée en appliquant les calculs indiqués au .2.1 de la présente annexe pour les phases p du cycle WLTC applicable. Elle est désignée respectivement par $M_{CO_2-LM,p}$ et $M_{CO_2-HM,p}$. La consommation de carburant pour chaque phase du cycle WLTC applicable doit être déterminée conformément aux dispositions du paragraphe 6 de la présente annexe et est désignée par $FC_{LM,p}$ et $FC_{HM,p}$ respectivement.

3.2.4.1.1 Calcul de la résistance à l'avancement pour un véhicule donné

La force de résistance à l'avancement doit être calculée conformément à la procédure décrite au paragraphe 5.1 de l'annexe 4.

3.2.4.1.1.1 Masse d'un véhicule donné

Les masses d'essai des véhicules H_M et L_M sélectionnés conformément aux dispositions du paragraphe 4.2.1.4 de l'annexe 4 doivent être utilisées comme paramètres d'entrée.

TM_{ind}, exprimé en kg, est la masse d'essai d'un véhicule donné, selon la définition de la masse d'essai donnée au paragraphe 3.2.25 du présent RTM ONU.

Si la même masse d'essai est utilisée pour les véhicules L_M et H_M, la valeur de TM_{ind} doit être réglée sur la masse du véhicule H_M pour la méthode de la famille de matrices de résistance à l'avancement.

3.2.4.1.1.2 Résistance au roulement d'un véhicule donné

3.2.4.1.1.2.1 Les valeurs du CRR pour les véhicules L_M, RR_{LM}, et H_M, RR_{HM}, sélectionnés conformément aux dispositions du paragraphe 4.2.1.4 de l'annexe 4, doivent être utilisées comme paramètres d'entrée.

Si les pneumatiques montés sur les essieux avant et arrière du véhicule L_M ou H_M n'ont pas la même valeur de résistance au roulement, la moyenne pondérée des résistances doit être calculée à l'aide de l'équation qui figure au paragraphe 3.2.4.1.1.2.3 de la présente annexe.

3.2.4.1.1.2.2 Pour les pneumatiques montés sur un véhicule donné, la valeur du coefficient de résistance au roulement RR_{ind} doit être réglée sur la valeur du CRR de la classe d'efficacité énergétique correspondante selon le tableau A4/2 de l'annexe 4.

Si les pneumatiques montés sur les essieux avant et arrière appartiennent à des classes d'efficacité énergétique différentes, on doit utiliser la moyenne pondérée, calculée à l'aide de l'équation qui figure au paragraphe 3.2.4.1.1.2.3 de la présente annexe.

Si l'on utilise la même valeur de résistance au roulement pour les véhicules LM et HM, RRind doit être réglé sur RRHM pour la méthode de la famille de matrices de résistance à l'avancement.

3.2.4.1.1.2.3 Calcul de la moyenne pondérée des résistances au roulement

$$RR_x = (RR_{x,FA} \times mp_{x,FA}) + (RR_{x,RA} \times (1 - mp_{x,FA}))$$

où :

x représente le véhicule L, le véhicule H ou un véhicule donné.

$RR_{LM,FA}$ et $RR_{HM,FA}$ sont les CRR effectifs des pneumatiques de l'essieu avant, sur les véhicules L et H respectivement, en kg/tonne ;

RR_(ind,FA) est la valeur du CRR de la classe d'efficacité énergétique correspondante selon le tableau A4/2 de l'annexe 4 des pneumatiques de l'essieu avant sur un véhicule donné, en kg/tonne ;

$RR_{LM,RA}$, et $RR_{HM,RA}$ sont les coefficients de résistance au roulement effectifs des pneumatiques de l'essieu arrière sur les véhicules L et H respectivement, en kg/tonne ;

$RR_{ind,RA}$ est la valeur de CRR de la classe d'efficacité énergétique correspondante selon le tableau A4/2 de l'annexe 4 des pneumatiques de l'essieu arrière sur un véhicule donné, en kg/tonne.

$mp_{x,FA}$ est la proportion de la masse du véhicule en ordre de marche sur l'essieu avant ;

RR_x ne doit pas être pas arrondi ou inscrit dans une classe d'efficacité énergétique des pneumatiques

3.2.4.1.1.3 Maître-couple d'un véhicule donné

Les maîtres-couples pour les véhicules L_M, A_{fLM}, et H_M, A_{fHM}, sélectionnés conformément aux dispositions du paragraphe 4.2.1.4 de l'annexe 4, doivent être utilisés comme paramètres d'entrée.

Af,ind, en m2, est le maître-couple du véhicule donné.

Si le même maître-couple est utilisé pour les véhicules LM et HM, la valeur de Af,ind doit être réglée sur le maître-couple du véhicule HM pour la méthode de la famille de matrices de résistance à l'avancement.

3.3 Émissions de matières particulaires (PM)

3.3.1 Calcul

Les émissions de matières particulaires (PM) doivent être calculées au moyen des deux équations suivantes :

$$PM = \frac{(V_{mix} + V_{ep}) \times P_e}{V_{ep} \times d}$$

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

et :

$$PM = \frac{V_{mix} \times P_e}{V_{ep} \times d}$$

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

où :

V_{mix} est le volume de gaz d'échappement dilués (voir le paragraphe 2 de la présente annexe), dans les conditions normales ;

V_{ep} est le volume de gaz d'échappement dilués passant par le filtre de collecte des particules, dans les conditions normales ;

P_e est la masse de matières particulaires, en mg, collectée dans un ou plusieurs filtres ;

d est la distance parcourue au cours du cycle d'essai, en km.

3.3.1.1 Lorsqu'on effectue une correction pour tenir compte de la concentration ambiante de matières particulaires dans le système de dilution, on doit procéder comme indiqué au paragraphe 2.1.3.1 de l'annexe 6. Dans ce cas, la masse de matières particulaires (mg/km) doit être calculée à l'aide des équations suivantes :

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

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

et :

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

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

où :

V_{ap} est le volume d'air du tunnel passant par le filtre à particules ambiantes dans les conditions normales ;

P_a est la masse de matières particulaires dans l'air de dilution, ou dans l'air ambiant du tunnel de dilution, selon les méthodes décrites au paragraphe 2.1.3.1 de l'annexe 6 ;

DF est le facteur de dilution déterminé au paragraphe 3.2.1.1.1 de la présente annexe.

Si le résultat de la correction pour tenir compte de la concentration ambiante est une masse de matières particulaires négative, on considère que cette masse est égale à 0 mg/km.

3.3.2 Calcul des émissions de matières particulaires par la méthode de double dilution

$$V_{ep} = V_{set} - V_{ssd}$$

où :

V_{ep} est le volume de gaz d'échappement dilués passant par le filtre de collecte des particules, dans les conditions normales ;

V_{set} est le volume de gaz d'échappement dilués deux fois passant par les filtres de collecte de particules, dans les conditions normales ;

V_{ssd} est le volume d'air de dilution secondaire dans les conditions normales.

Lorsque les gaz dilués deux fois pour la mesure des émissions de matières particulaires ne sont pas renvoyés dans le tunnel, le volume CVS doit être calculé comme dans le cas d'une dilution simple, à savoir :

$$V_{mix} = V_{mix\,indicated} + V_{ep}$$

où :

$V_{mix\,indicated}$ est le volume mesuré de gaz d'échappement dilués dans le système de dilution à la suite du prélèvement de l'échantillon de particules dans les conditions normales.

4. Détermination des émissions en nombre de particules (PN) (le cas échéant)

Les émissions en nombre de particules doivent être calculées au moyen de l'équation suivante :

$$PN = \frac{V \times k \times \left(\overline{C_s} \times \overline{f_r} - C_b \times \overline{f_{rb}}\right) \times 10^3}{d}$$

où :

PN est le nombre de particules émises par km ;

V est le volume de gaz d'échappement dilués, exprimé en l par essai (après la première dilution seulement dans le cas d'une double dilution) et ramené aux conditions normales (273,15 K (0 °C) et 101,325 kPa) ;

k est un facteur d'étalonnage permettant de corriger les valeurs de mesure du compteur du nombre de particules (PNC) et de les aligner sur celles de l'instrument de référence dans le cas où ce facteur n'est pas pris en compte par le PNC. Dans le cas contraire, le facteur d'étalonnage doit être égal à 1 ;

$\overline{C_s}$ est la concentration corrigée de particules relevées dans les gaz d'échappement dilués exprimée par le nombre moyen arithmétique de particules par cm³ obtenu lors de l'essai d'émissions comprenant la durée complète du cycle d'essai. Si les résultats concernant la concentration volumétrique moyenne ($\overline{C}$) donnés par le PNC ne sont pas obtenus dans les conditions normales (273,15 K (0 °C) et 101,325 kPa), les concentrations doivent alors être ramenées à ces conditions ($\overline{C_s}$) ;

C_b est la concentration de particules dans l'air de dilution ou dans le tunnel de dilution, selon ce qui est permis par l'autorité compétente, exprimée en nombre de particules par cm³, corrigée de la coïncidence et ramenée aux conditions normales (273,15 K (0 °C) et 101,325 kPa) ;

$\overline{f_r}$ est le facteur de réduction de la concentration moyenne de particules du séparateur de particules volatiles (VPR) au taux de dilution utilisé pour l'essai ;

$\overline{f_{rb}}$ est le facteur de réduction de la concentration moyenne de particules du VPR au taux de dilution utilisé pour la mesure de la concentration ambiante ;

d est la distance parcourue au cours du cycle d'essai applicable, en km.

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

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

où :

C_i est une mesure discrète de la concentration de particules dans les gaz d'échappement dilués, effectuée par le PNC et exprimée en particules par cm^3 après correction de la coïncidence ;

n est le nombre total de mesures discrètes de la concentration de particules faites pendant le cycle d'essai applicable. Ce nombre doit être calculé au moyen de l'équation suivante :

$$n = t \times f$$

où :

t est la durée du cycle d'essai applicable, en s ;

f est la fréquence d'enregistrement des données par le compteur de particules, en Hz.

5. Calcul de la demande d'énergie sur le cycle

Sauf indication contraire, le calcul s'effectue sur la base de la courbe de vitesse visée du véhicule, obtenue avec une série discrète d'instants.

Aux fins du calcul, chaque instant doit être interprété comme une période. Sauf indication contraire, la durée Δt des périodes doit être de 1 s.

La demande d'énergie totale E pour le cycle complet ou une phase donnée du cycle doit être calculée en faisant la somme des E_i sur la période comprise entre t_{start} et t_{end} selon l'équation suivante :

$$E = \sum_{t_{start}}^{t_{end}} E_i$$

où :

$E_i = F_i \times d_i$ si $F_i > 0$

$E_i = 0$ si $F_i \leq 0$

et :

t_{start} est l'instant auquel le cycle ou la phase d'essai applicable débute, en s ;

t_{end} est l'instant auquel le cycle ou la phase d'essai applicable prend fin, en s ;

E_i est la demande d'énergie sur la période (i-1) à (i), en Ws ;

F_i est la force motrice sur la période (i-1) à (i), en N ;

d_i est la distance parcourue sur la période (i-1) à (i), en m.

$$F_i = f_0 + f_1 \times \left(\frac{v_i + v_{i-1}}{2}\right) + f_2 \times \frac{(v_i + v_{i-1})^2}{4} + (1.03 \times TM) \times a_i$$

où :

F_i est la force motrice sur la période (i-1) à (i), en N ;

v_i est la vitesse visée à l'instant t_i, en km/h ;

TM est la masse d'essai, en kg ;

a_i est l'accélération sur la période (i-1) à (i), en m/s^2 ;

f_0, f_1 et f_2 sont les coefficients de résistance à l'avancement sur route pour le véhicule considéré (TM_L, TM_H ou TM_{ind}), en N, N/km/h et N/(km/h)^2 respectivement.

$$d_i = \frac{(v_i + v_{i-1})}{2 \times 3{,}6} \times (t_i - t_{i-1})$$

où :

d_i est la distance parcourue sur la période (i-1) à (i), en m ;

v_i est la vitesse visée à l'instant t_i, en km/h ;

t_i est le temps, en s.

$$a_i = \frac{v_i - v_{i-1}}{3{,}6 \times (t_i - t_{i-1})}$$

où :

a_i est l'accélération sur la période (i-1) à (i), en m/s^2 ;

v_i est la vitesse visée à l'instant t_i, en km/h ;

t_i est le temps, en s.

6. Calcul de la consommation de carburant

6.1 Les caractéristiques imposées pour le calcul des valeurs de la consommation de carburant sont indiquées dans l'annexe 3 du présent RTM ONU.

6.2 Les valeurs de la consommation de carburant sont calculées à partir des émissions d'hydrocarbures, de monoxyde de carbone et de dioxyde de carbone, en utilisant les résultats de l'étape 6 pour les émissions de référence et ceux de l'étape 7 pour le CO_2 (voir le tableau A7/1).

6.2.1 L'équation de base présentée au paragraphe 6.12 de la présente annexe, dans laquelle sont utilisés les rapports H/C et O/C, doit être appliquée pour le calcul de la consommation de carburant.

6.2.2 Pour toutes les équations présentées au paragraphe 6 de la présente annexe :

FC est la consommation de carburant pour un carburant donné, en l/100 km (ou en m^3/100 km dans le cas du gaz naturel ou en kg/100 km dans le cas de l'hydrogène) ;

H/C est le rapport hydrogène/carbone d'un carburant donné $C_XH_YO_Z$;

O/C est le rapport oxygène/carbone d'un carburant donné $C_XH_YO_Z$;

MW_C est la masse molaire du carbone (12,011 g/mol) ;

MW_H est la masse molaire de l'hydrogène (1,008 g/mol) ;

MW_O est la masse molaire de l'oxygène (15,999 g/mol) ;

ρ_{fuel} est la densité du carburant d'essai, en kg/l. Pour les carburants gazeux, il s'agit de la densité du carburant à 15 °C ;

HC représente les émissions d'hydrocarbures, en g/km ;

CO représente les émissions de monoxyde de carbone, en g/km ;

CO_2 représente les émissions de dioxyde de carbone, en g/km ;

H_2O représente les émissions d'eau, en g/km ;

H_2 représente les émissions d'hydrogène, en g/km ;

p_1 est la pression de gaz dans le réservoir à carburant avant le cycle d'essai applicable, en Pa ;

p_2 est la pression de gaz dans le réservoir à carburant après le cycle d'essai applicable, en Pa ;

T_1 est la température des gaz dans le réservoir à carburant avant le cycle d'essai applicable, en K ;

T_2 est la température des gaz dans le réservoir à carburant après le cycle d'essai applicable, en K ;

Z_1 est le facteur de compressibilité du carburant gazeux à p_1 et T_1 ;

Z_2 est le facteur de compressibilité du carburant gazeux à p_2 et T_2 ;

V est le volume intérieur du réservoir à carburant gazeux, en m^3 ;

d est la longueur théorique de la phase ou du cycle applicable, en km.

6.3 Dans le cas d'un véhicule équipé d'un moteur à allumage commandé alimenté à l'essence (E0) :

$$FC = (\frac{0{,}1155}{\rho_{fuel}})\times[(0{,}866\times HC) + (0{,}429\times CO) + (0{,}273\times CO_2)]$$

6.4 Dans le cas d'un véhicule équipé d'un moteur à allumage commandé alimenté à l'essence (E5) :

$$FC = \left(\frac{0{,}118}{\rho_{fuel}}\right)\times[(0{,}848\times HC) + (0{,}429\times CO) + (0{,}273\times CO_2)]$$

6.5 Dans le cas d'un véhicule équipé d'un moteur à allumage commandé alimenté à l'essence (E10) :

$$FC = \left(\frac{0{,}1206}{\rho_{fuel}}\right)\times[(0{,}829\times HC) + (0{,}429\times CO) + (0{,}273\times CO_2)]$$

6.6 Dans le cas d'un véhicule équipé d'un moteur à allumage commandé alimenté au GPL :

$$FC_{norm} = \left(\frac{0{,}1212}{0{,}538}\right)\times[(0{,}825\times HC) + (0{,}429\times CO) + (0{,}273\times CO_2)]$$

6.6.1 Si la composition du carburant utilisé pour l'essai diffère de celle qui est prise en compte pour le calcul de la consommation normalisée, il est possible, à la demande du constructeur, d'appliquer un facteur de correction, cf, au moyen de l'équation suivante :

$$FC_{norm} = \left(\frac{0{,}1212}{0{,}538}\right)\times cf\times[(0{,}825\times HC) + (0{,}429\times CO) + (0{,}273\times CO_2)]$$

Le facteur de correction cf qui peut être employé est déterminé à l'aide de l'équation suivante :

$$cf = 0{,}825 + 0{,}0693\times n_{actual}$$

où :

n_{actual} est le rapport réel H/C du carburant utilisé.

6.7 Pour les véhicules à allumage commandé alimentés au GN/biométhane :

$$FC_{norm} = \left(\frac{0{,}1336}{0{,}654}\right) \times [(0{,}749 \times HC) + (0{,}429 \times CO) + (0{,}273 \times CO_2)]$$

6.8 Pour les véhicules à allumage par compression alimentés au gazole (B0) :

$$FC = \left(\frac{0{,}1156}{\rho_{fuel}}\right) \times [(0{,}865 \times HC) + (0{,}429 \times CO) + (0{,}273 \times CO_2)]$$

6.9 Pour les véhicules à allumage par compression alimentés au gazole (B5) :

$$FC = \left(\frac{0{,}1163}{\rho_{fuel}}\right) \times [(0{,}860 \times HC) + (0{,}429 \times CO) + (0{,}273 \times CO_2)]$$

6.10 Pour les véhicules à allumage par compression alimentés au gazole (B7) :

$$FC = \left(\frac{0{,}1165}{\rho_{fuel}}\right) \times [(0{,}858 \times HC) + (0{,}429 \times CO) + (0{,}273 \times CO_2)]$$

6.11 Pour les véhicules à allumage commandé alimentés à l'éthanol (E85) :

$$FC = \left(\frac{0{,}1743}{\rho_{fuel}}\right) \times [(0{,}574 \times HC) + (0{,}429 \times CO) + (0{,}273 \times CO_2)]$$

6.12 Pour tout carburant d'essai, la consommation de carburant peut être calculée à l'aide de l'équation suivante :

$$FC = \frac{MW_C + \frac{H}{C} \times MW_H + \frac{O}{C} \times MW_O}{MW_C \times \rho_{fuel} \times 10} \times \left(\frac{MW_C}{MW_C + \frac{H}{C} \times MW_H + \frac{O}{C} \times MW_O} \times HC + \frac{MW_C}{MW_{CO}} \times CO + \frac{MW_C}{MW_{CO_2}} \times CO_2\right)$$

6.13 Consommation de carburant pour un véhicule à allumage commandé alimenté à l'hydrogène :

$$FC = 0{,}024 \times \frac{V}{d} \times \left(\frac{1}{Z_1} \times \frac{p_1}{T_1} - \frac{1}{Z_2} \times \frac{p_2}{T_2}\right)$$

Pour les véhicules alimentés en hydrogène gazeux ou liquide, et avec l'accord de l'autorité compétente, le constructeur peut calculer la consommation de carburant au moyen de l'équation ci-dessous (FC) ou d'une méthode fondée sur un protocole standard tel que le protocole SAE J2572.

$$FC = 0{,}1 \times (0{,}1119 \times H_2O + H_2)$$

Le facteur de compressibilité, Z, s'obtient à l'aide du tableau ci-après.

Tableau A7/2
Facteur de compressibilité Z

		T (K)									
		5	*100*	*200*	*300*	*400*	*500*	*600*	*700*	*800*	*900*
p (bars)	33	0,859	1,051	1,885	2,648	3,365	4,051	4,712	5,352	5,973	6,576
	53	0,965	0,922	1,416	1,891	2,338	2,765	3,174	3,57	3,954	4,329
	73	0,989	0,991	1,278	1,604	1,923	2,229	2,525	2,810	3,088	3,358
	93	0,997	1,042	1,233	1,470	1,711	1,947	2,177	2,400	2,617	2,829
	113	1,000	1,066	1,213	1,395	1,586	1,776	1,963	2,146	2,324	2,498
	133	1,002	1,076	1,199	1,347	1,504	1,662	1,819	1,973	2,124	2,271
	153	1,003	1,079	1,187	1,312	1,445	1,580	1,715	1,848	1,979	2,107
	173	1,003	1,079	1,176	1,285	1,401	1,518	1,636	1,753	1,868	1,981
	193	1,003	1,077	1,165	1,263	1,365	1,469	1,574	1,678	1,781	1,882
	213	1,003	1,071	1,147	1,228	1,311	1,396	1,482	1,567	1,652	1,735

	233	1,004	1,071	1,148	1,228	1,312	1,397	1,482	1,568	1,652	1,736
	248	1,003	1,069	1,141	1,217	1,296	1,375	1,455	1,535	1,614	1,693
	263	1,003	1,066	1,136	1,207	1,281	1,356	1,431	1,506	1,581	1,655
	278	1,003	1,064	1,130	1,198	1,268	1,339	1,409	1,480	1,551	1,621
	293	1,003	1,062	1,125	1,190	1,256	1,323	1,390	1,457	1,524	1,590
	308	1,003	1,060	1,120	1,182	1,245	1,308	1,372	1,436	1,499	1,562
	323	1,003	1,057	1,116	1,175	1,235	1,295	1,356	1,417	1,477	1,537
	338	1,003	1,055	1,111	1,168	1,225	1,283	1,341	1,399	1,457	1,514
	353	1,003	1,054	1,107	1,162	1,217	1,272	1,327	1,383	1,438	1,493

Si les valeurs requises en entrée pour p et T ne figurent pas dans le tableau, on peut obtenir le facteur de compressibilité par interpolation linéaire entre les facteurs indiqués dans ce même tableau, en choisissant ceux qui sont les plus proches de la valeur recherchée.

7. Index de la courbe d'essai

7.1 Prescription générale

La vitesse prescrite entre les instants dans les tableaux A1/1 à A1/12 doit être déterminée par interpolation linéaire à une fréquence de 10 Hz.

Dans le cas où l'on appuie à fond sur l'accélérateur, il convient d'utiliser la vitesse prescrite plutôt que la vitesse réelle du véhicule pour le calcul des index de la courbe d'essai au cours des périodes de fonctionnement.

7.2 Calcul des index de la courbe d'essai

Les index ci-après doivent être calculés conformément à la norme SAE J2951 (révisée en janvier 2014) :

a) IWR : Inertial Work Rating (évaluation du point de vue de l'inertie) en pourcentage ;

b) RMSSE : Root Mean Squared Speed Error (erreur quadratique moyenne) en km/h.

7.3 Critères des index de la courbe d'essai

Dans le cas d'un essai d'homologation, les index suivants devraient se conformer aux critères exposés ci-après :

a) L'IWR devrait se situer dans une fourchette de -2,0 à +4,0 % :

b) La RMSEE, au choix de la partie contractante, doit être inférieure à 0,8 km/h ou inférieure à 1,3 km/h.

8. Calcul des rapports n/v

Les rapports n/v sont calculés au moyen des équations suivantes :

$$\left(\frac{n}{v}\right)_i = (r_i \times r_{axle} \times 60\,000)/(U_{dyn} \times 3{,}6)$$

où :

n est le régime moteur, en min^{-1} ;

v est la vitesse du véhicule, en km/h ;

r_i est le rapport de démultiplication sur le rapport i ;

r_{axle} est le rapport de démultiplication de l'essieu.

U_{dyn} est la circonférence de roulement dynamique des pneumatiques de l'essieu moteur et est calculée au moyen de l'équation suivante :

$$U_{dyn} = 3{,}05 \times \left(2\left(\frac{H/W}{100}\right) \times W + (R \times 25{,}4)\right)$$

où :

H/W est le rapport d'aspect du pneumatique, par exemple « 45 » pour un pneumatique de type 225/45 R17 ;

W est la largeur du pneumatique, en mm, par exemple « 225 » pour un pneumatique de type 225/45 R17 ;

R est le diamètre de la roue, en pouces, par exemple « 17 » pour un pneumatique de type 225/45 R17.

U_{dyn} doit être arrondie au millimètre le plus proche.

Si U_{dyn} est différente pour les essieux avant et arrière, on applique la valeur de n/v pour l'essieu moteur principal. À sa demande, l'autorité compétente se voit fournir les informations nécessaires à ce choix.

Annexe 8

Véhicules électriques purs, véhicules hybrides et véhicules hybrides à pile à combustible à hydrogène comprimé

1. Prescriptions générales

Dans le cas d'essais sur des véhicules VHE-NRE, VHE-RE et VHPC-NRE, l'appendice 2 et l'appendice 3 de la présente annexe remplacent l'appendice 2 de l'annexe 6.

Sauf autre mention, toutes les dispositions de la présente annexe s'appliquent aux véhicules avec et sans mode sélectionnable par le conducteur. Sauf autre disposition explicite figurant dans la présente annexe, toutes les dispositions et procédures spécifiées dans l'annexe 6 restent applicables aux VHE-NRE, VHE-RE, VHPC-NRE et VEP.

1.1 Unités, exactitude et résolution des mesures des paramètres électriques

Les unités, les limites d'exactitude et la résolution des mesures sont celles définies dans le tableau A8/1.

Tableau A8/1
Unités, exactitude et résolution des mesures des paramètres électriques

Paramètre	*Unités*	*Exactitude*	*Résolution*
Énergie électrique[1]	Wh	±1 %	0,001 kWh[2]
Intensité	A	±0,3 % de la pleine échelle ou ±1 % de la valeur indiquée[3,4]	0,1 A
Tension électrique	V	±0,3 % de la pleine échelle ou ±1 % de la valeur indiquée[3]	0,1 V

[1] Matériel : compteur statique pour l'énergie active.
[2] Watt-heure mètre CA, classe 1 selon la CEI 62053-21 ou équivalent.
[3] La plus grande des deux valeurs est retenue.
[4] Intégration de l'intensité à une fréquence de 20 Hz ou plus.

1.2 Essai de mesure des émissions et de la consommation de carburant

Les paramètres, unités et limites d'exactitude des mesures sont les mêmes que ceux requis pour les véhicules non hybrides équipés uniquement d'un moteur à combustion interne.

1.3 Unités de mesure et précision des résultats finals de l'essai

Les unités et leurs valeurs de précision pour la communication des résultats doivent être conformes aux indications figurant dans le tableau A8/2. Aux fins des calculs du paragraphe 4 de la présente annexe, leurs valeurs non arrondies doivent être utilisées.

Tableau A8/2
Unités de mesure et précision des résultats finals

Paramètre	*Unités*	*Précision des résultats de l'essai*
$PER_{(p)}$[2], PER_{city}, $AER_{(p)}$[2], AER_{city}, $EAER_{(p)}$[2], $EAER_{city}$, R_{CDA}[1], R_{CDC}	km	Arrondis au nombre entier le plus proche
$FC_{CS(,p)}$[2], FC_{CD}, $FC_{weighted}$ pour les VHE	l/100 km	Arrondis à la première décimale
$FC_{CS(,p)}$[2] pour les FCHVs	kg/100 km	Arrondis à la deuxième décimale
$M_{CO2,CS(,p)}$[2], $M_{CO2,CD}$, $M_{CO2,weighted}$	g/km	Arrondis au nombre entier le plus proche
$EC_{(p)}$[2], EC_{city}, $EC_{AC,CD}$, $EC_{AC,weighted}$	Wh/km	Arrondis au nombre entier le plus proche
E_{AC}	kWh	Arrondis à la première décimale

[1] Aucun paramètre de véhicule donné.
[2] (p) désigne la période considérée qui peut être une phase, une combinaison de phases ou l'ensemble du cycle.

1.4 Classement des véhicules

Tous les VHE-RE, VHE-NRE, VEP et VHPC-NRE doivent être classés comme véhicules de la classe 3. Le cycle d'essai applicable pour la procédure d'essai du type 1 doit être déterminé conformément au paragraphe 1.4.2 de la présente annexe sur la base du cycle d'essai de référence correspondant comme prescrit au paragraphe 1.4.1 de la présente annexe.

1.4.1 Cycle d'essai de référence

1.4.1.1 Le cycle d'essai de référence pour véhicules de la classe 3 est celui spécifié au paragraphe 3.3 de l'annexe 1.

1.4.1.2 Pour les VEP, la procédure de réajustement de la vitesse, conformément aux paragraphes 8.2.3 et 8.3 de l'annexe 1 peut être appliquée aux cycles d'essai conformément au paragraphe 3.3 de l'annexe 1 par remplacement de la puissance nominale par la puissance nette maximale telle que définie dans le Règlement ONU nº 85. Dans un tel cas, le cycle réajusté est le cycle d'essai de référence.

1.4.2 Cycle d'essai applicable

1.4.2.1 Cycle d'essai WLTP applicable

Le cycle d'essai de référence conformément au paragraphe 1.4.1 de la présente annexe doit être le cycle d'essai WLTP applicable (WLTC) pour la procédure d'essai du type 1.

Si le paragraphe 9 de l'annexe 1 est appliqué sur la base du cycle d'essai de référence comme décrit au paragraphe 1.4.1 de la présente annexe, ce cycle d'essai modifié doit être le cycle d'essai WLTP applicable (WLTC) pour la procédure d'essai du type 1.

1.4.2.2 Cycle d'essai WLTP urbain applicable

Le cycle d'essai WLTP urbain ($WLTC_{city}$) pour les véhicules de la classe 3 est celui décrit au paragraphe 3.5 de l'annexe 1.

1.5 VHE-RE, VHE-NRE et VEP avec transmission manuelle

Les véhicules doivent être conduits en se conformant à l'indicateur de changement de rapport, s'il y en a un, ou selon les instructions qui figurent dans le manuel d'utilisation du véhicule.

2. Rodage du véhicule d'essai

Le véhicule soumis à l'essai conformément à la présente annexe doit être présenté en bon état sur le plan technique et doit être rodé conformément aux prescriptions du constructeur. Dans l'hypothèse où les SRSEE sont utilisés à

une température supérieure à la température normale de fonctionnement, l'opérateur doit suivre la procédure recommandée par le constructeur du véhicule afin de maintenir la température du SRSEE dans la plage normale de fonctionnement. Le constructeur doit donner des preuves que le système de régulation thermique du SRSEE n'est ni hors fonction ni réduit dans son efficacité.

2.1 Les VHE-RE et les VHE-NRE doivent avoir été rodé conformément aux prescriptions du paragraphe 2.3.3 de l'annexe 6.

2.2 Les VHPC-NRE doivent avoir effectué un parcours de rodage d'au moins 300 km avec le système de pile à combustible et le REESS qui sont installés pendant l'essai.

2.3 Les VEP doivent avoir effectué un parcours de rodage d'au moins 300 km ou à un parcours correspondant à une charge complète, la distance la plus longue étant retenue.

2.4 Tous les SRSEE qui n'ont pas d'incidence sur les émissions massiques de CO_2 ou la consommation de H_2 doivent être exclus de la procédure de surveillance.

3. Procédure d'essai

3.1 Prescriptions générales

3.1.1 Les dispositions suivantes s'appliquent à tous les VHE-RE, VHE-NRE, VEP et VHPC-NRE :

3.1.1.1 Les véhicules doivent subir les essais conformément aux cycles d'essai applicables prescrits au paragraphe 1.4.2 de la présente annexe ;

3.1.1.2 Lorsque le véhicule ne peut pas suivre la courbe de vitesse du cycle d'essai applicable de la présente annexe dans les limites de tolérance spécifiées au paragraphe 2.6.8.3 de l'annexe 6, la commande d'accélérateur doit, sauf autre disposition formulée, être actionnée à fond jusqu'à ce que la courbe de vitesse requise soit rattrapée ;

3.1.1.3 La procédure de démarrage de la chaîne de traction doit être activée au moyen des dispositifs prévus à cette fin selon les instructions du constructeur ;

3.1.1.4 Pour les VHE-RE, VHE-NRE et VEP, les opérations de prélèvement des émissions d'échappement et de mesure de la consommation d'énergie électrique doivent commencer pour chaque cycle d'essai applicable avant ou juste au début de l'opération de démarrage du véhicule et s'achever à la fin de chaque cycle d'essai applicable ;

3.1.1.5 Pour les VHE-RE et VHE-NRE, les émissions de composés gazeux doivent être collectées et analysées pendant chacune des phases individuelles de l'essai. Il est permis d'omettre cette opération pendant les phases où le moteur à combustion ne fonctionne pas ;

3.1.1.6 Lorsqu'il y a lieu, le nombre de particule doit être déterminé pendant chaque phase individuelle et les émissions de matières particulaires déterminées pendant chaque cycle d'essai applicable.

3.1.2 Le refroidissement forcé comme décrit au paragraphe 2.7.2 de l'annexe 6 n'est applicable qu'à l'essai du type 1 de maintien de la charge pour les VHE-RE conformément au paragraphe 3.2 de la présente annexe et aux essais des VHE-NRE conformément au paragraphe 3.3 de la présente annexe.

3.2 VHE-RE

3.2.1 Les véhicules doivent être essayés en mode épuisement de la charge (mode EC) et en mode maintien de la charge (mode MC)

3.2.2 Les véhicules peuvent être soumis aux essais dans le cadre de quatre types de séquences :

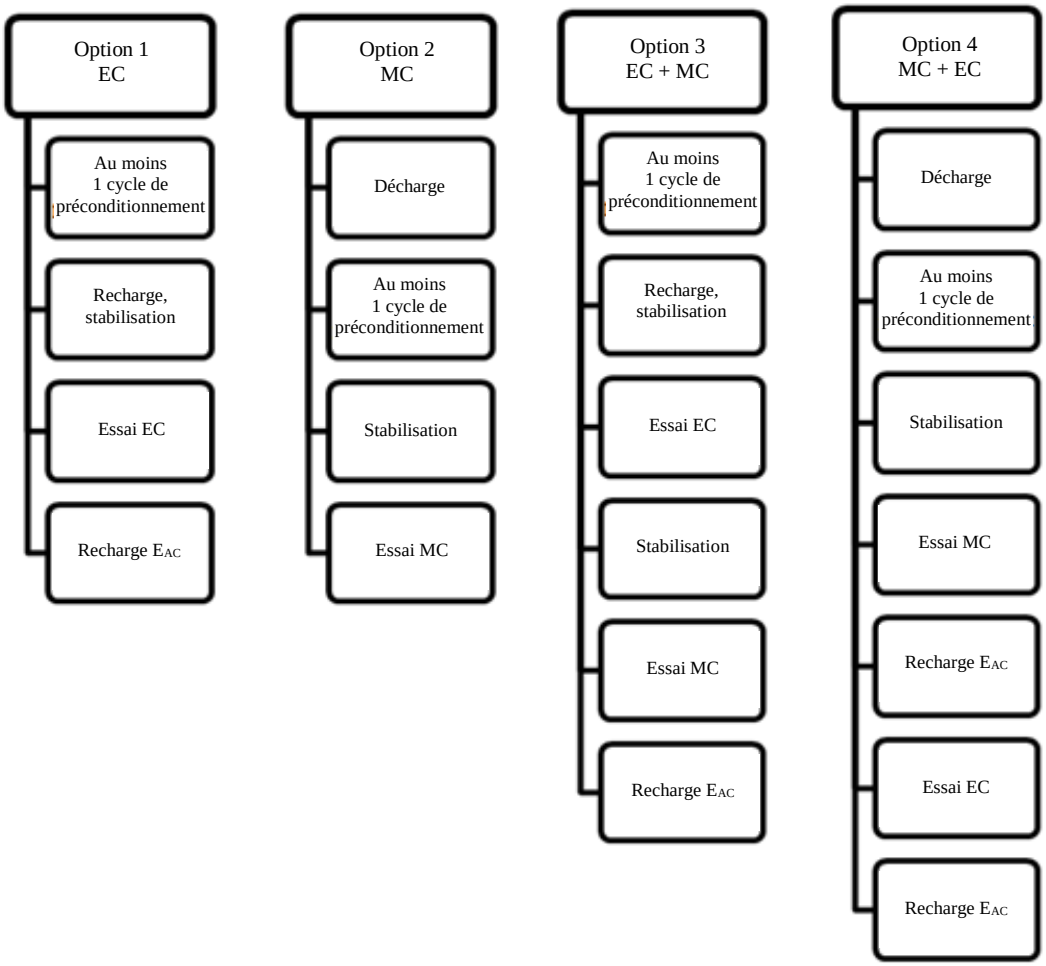
3.2.2.1 Option 1 : essai d'épuisement de la charge du type 1, non suivi d'un essai de maintien de la charge du type 1 ;

3.2.2.2 Option 2 : essai de maintien de la charge du type 1, non suivi d'un essai d'épuisement de la charge du type 1 ;

3.2.2.3 Option 3 : essai d'épuisement de la charge du type 1 suivi d'un essai de maintien de la charge du type 1 ;

3.2.2.4 Option 4 : essai de maintien de la charge du type 1 suivi d'un essai d'épuisement de la charge du type 1.

Schéma A8/1
Séquences possibles pour les essais des VHE-RE



3.2.3 Le commutateur de mode de fonctionnement sélectionnable par le conducteur doit être dans la position spécifiée dans les séquences d'essais ci-après (option 1 à option 4).

3.2.4 Essai d'épuisement de la charge du type 1 non suivi d'un essai de maintien de la charge du type 1 (option 1).

La séquence d'essai conformément à l'option 1, décrite aux paragraphes 3.2.4.1 à 3.2.4.7 de la présente annexe, ainsi que le profil de niveau de charge correspondant du SRSEE, sont représentés dans la figure A8.App1/1 de l'appendice 1 de la présente annexe.

3.2.4.1 Préconditionnement

Le véhicule doit être préparé conformément aux procédures définies au paragraphe 2.2 de l'appendice 4 de la présente annexe.

3.2.4.2 Conditions d'essai

3.2.4.2.1 L'essai sera exécuté avec un SRSEE complétement chargé, conformément aux prescriptions concernant la recharge énoncées au paragraphe 2.2.3 de l'appendice 4 de la présente annexe, et le véhicule fonctionnant en mode épuisement de la charge comme défini au paragraphe 3.3.5 du présent RTM ONU.

3.2.4.2.2 Sélection du mode de fonctionnement (en cas de mode sélectionnable par le conducteur)

Pour les véhicules équipés d'un mode sélectionnable par le conducteur, le mode pour l'essai d'épuisement de la charge du type 1 doit être sélectionné conformément au paragraphe 2 de l'appendice 6 de la présente annexe.

3.2.4.3 Procédures d'essai d'épuisement de la charge du type 1

3.2.4.3.1 La procédure d'essai d'épuisement de la charge du type 1 doit consister en plusieurs cycles consécutifs, chacun devant être suivi d'une période de stabilisation d'une durée de 30 min au plus jusqu'à ce que le mode maintien de la charge soit atteint.

3.2.4.3.2 Au cours des périodes de stabilisation thermique entre cycles d'essai applicables individuels, la chaîne de traction doit être désactivée, et le SRSEE ne doit pas être rechargé depuis une source d'énergie électrique extérieure. L'appareil BCS utilisé pour mesurer les intensités électriques dans tous les SRSEE et pour déterminer les tensions électriques conformément à l'appendice 3 de la présente annexe ne doit pas être désactivé entre les phases du cycle d'essai. Dans le cas d'une mesure par ampère-heure-mètre, l'intégration doit rester active tout au long de l'essai jusqu'à la fin de celui-ci.

Au redémarrage après la période de stabilisation, le véhicule doit fonctionner selon le mode sélectionnable par le conducteur comme prescrit par le paragraphe 3.2.4.2.2 de la présente annexe.

3.2.4.3.3 Par dérogation au paragraphe 5.3.1 de l'annexe 5 et en sus du paragraphe 5.3.1.2 de l'annexe 5, les analyseurs peuvent être étalonnés et mis à zéro avant et après l'essai d'épuisement de la charge du type 1.

3.2.4.4 Fin de l'essai d'épuisement de la charge du type 1

On considère que l'essai d'épuisement de la charge du type 1 est terminé lorsque le critère de déconnexion automatique conformément au paragraphe 3.2.4.5 de la présente annexe est rempli pour la première fois. Le nombre de cycles d'essai WLTP applicables jusqu'et y compris celui où le critère de déconnexion automatique est rempli pour la première fois est fixé à n + 1.

Le cycle d'essai WLTP applicable n est désigné « cycle de transition ».

Le cycle d'essai WLTP applicable n + 1 est désigné « cycle de confirmation ».

Pour les véhicules qui n'ont pas la capacité de maintenir la charge pendant tout le cycle d'essai WLTP applicable, la fin de l'essai d'épuisement de la charge du type 1 est indiquée par l'affichage d'une instruction d'arrêter le véhicule au tableau de bord de série du véhicule, ou lorsque le véhicule s'écarte pendant 4 s consécutives ou plus de la marge de tolérance prescrite pour le tracé de la

vitesse. La commande d'accélérateur doit être désactivée et le véhicule doit être immobilisé par freinage dans les 60 s.

3.2.4.5 Critère de déconnexion automatique

3.2.4.5.1 Il doit être déterminé si le critère de déconnexion automatique a été rempli pour chaque cycle d'essai WLTP applicable exécuté.

3.2.4.5.2 Le critère de déconnexion automatique pour l'essai d'épuisement de la charge du type 1 est rempli lorsque la variation énergétique électrique relative $REEC_i$, calculée au moyen de l'équation suivante, est inférieure à 0,04 :

$$REEC_i = \frac{|\Delta E_{REESS,i}|}{E_{cycle} \times \frac{1}{3\,600}}$$

où :

$REEC_i$ est la variation énergétique électrique relative sur le cycle d'essai applicable considéré i de l'essai d'épuisement de la charge du type 1 ;

$\Delta E_{REESS,i}$ est la variation d'énergie électrique de tous les SRSEE pour le cycle d'essai considéré i d'épuisement de la charge du type 1, calculée conformément au paragraphe 4.3 de la présente annexe, en Wh ;

E_{cycle} est la demande d'énergie sur le cycle d'essai WLTP applicable considéré, calculée conformément au paragraphe 5 de l'annexe 7, en Ws ;

i est le numéro d'ordre du cycle d'essai WLTP applicable considéré ;

$\frac{1}{3600}$ est un facteur de conversion en Wh pour la demande d'énergie sur le cycle ;

3.2.4.6 Recharge du SRSEE et mesure de la quantité d'énergie électrique rechargée

3.2.4.6.1 Le véhicule doit être connecté au réseau dans les 120 min suivant la fin du cycle d'essai WLTP applicable n + 1 au cours duquel le critère de déconnexion automatique pour l'essai d'épuisement de la charge du type 1 est rempli pour la première fois.

Le SRSEE est complétement rechargé lorsque le critère de fin de charge, comme défini au paragraphe 2.2.3.2 de l'appendice 4 de la présente annexe, est rempli.

3.2.4.6.2 L'appareil de mesure de l'énergie électrique, placé entre le chargeur du véhicule et le réseau, doit mesurer l'énergie électrique de recharge E_{AC}, fournie par le réseau, ainsi que la durée. La mesure de l'énergie peut être arrêtée lorsque le critère de fin de charge, comme défini au paragraphe 2.2.3.2 de l'appendice 4 de la présente annexe, est rempli.

3.2.4.7 Chacun des cycles d'essai WLTP applicables individuels compris dans l'essai d'épuisement de la charge du type 1 doit satisfaire aux critères limites d'émissions conformément au paragraphe 1.2 de l'annexe 6.

3.2.5 Essai de maintien de la charge du type 1 non suivi d'un essai d'épuisement de la charge du type 1 (option 2)

La séquence d'essai conformément à l'option 2, décrite aux paragraphes 3.2.5.1 à 3.2.5.3.3 de la présente annexe, ainsi que le profil de niveau de charge correspondant du SRSEE, sont représentés dans la figure A8.App1/2 de l'appendice 1 de la présente annexe.

3.2.5.1 Préconditionnement et stabilisation thermique

Le véhicule doit être préparé conformément aux procédures définies au paragraphe 2.1 de l'appendice 4 de la présente annexe.

3.2.5.2 Conditions d'essai

3.2.5.2.1 Les essais doivent être exécutés sur le véhicule fonctionnant en mode maintien de la charge comme défini au paragraphe 3.3.6 du présent RTM ONU.

3.2.5.2.2 Sélection du mode de fonctionnement (en cas de mode sélectionnable par le conducteur)

Pour les véhicules équipés d'un mode sélectionnable par le conducteur, le mode pour l'essai de maintien de la charge du type 1 doit être sélectionné conformément au paragraphe 3 de l'appendice 6 de la présente annexe.

3.2.5.3 Procédure d'essai de type 1

3.2.5.3.1 Les véhicules doivent être essayés conformément à la procédure d'essai du type 1 décrite à l'annexe 6.

3.2.5.3.2 Si nécessaire, les résultats des émissions massiques de CO_2 doivent être corrigés conformément à l'appendice 2 de la présente annexe.

3.2.5.3.3 L'essai effectué conformément au paragraphe 3.2.5.3.1 de la présente annexe doit satisfaire aux critères de limites d'émissions applicables conformément au paragraphe 1.2 de l'annexe 6.

3.2.6 Essai d'épuisement de la charge du type 1 suivi d'un essai de maintien de la charge du type 1 (option 3)

La séquence d'essai conformément à l'option 3, décrite aux paragraphes 3.2.6.1 à 3.2.6.3 de la présente annexe, ainsi que le profil de niveau de charge correspondant du SRSEE, sont représentés dans la figure A8.App1/3 de l'appendice 1 de la présente annexe.

3.2.6.1 Pour l'essai d'épuisement de la charge du type 1, les procédures d'essai prescrites aux paragraphes 3.2.4.1 à 3.2.4.5 ainsi qu'au paragraphe 3.2.4.7 de la présente annexe, doivent être appliquées.

3.2.6.2 Par la suite, les procédures d'essai de maintien de la charge du type 1 prescrites dans les paragraphes 3.2.5.1 à 3.2.5.3 de la présente annexe doivent être appliquées. Les dispositions des paragraphes 2.1.1 et 2.1.2 de l'appendice 4 de la présente annexe ne s'appliquent pas.

3.2.6.3 Recharge du SRSEE et mesure de la quantité d'énergie électrique rechargée

3.2.6.3.1 Le véhicule doit être connecté au réseau dans les 120 min suivant la conclusion de l'essai de maintien de la charge de type 1.

Le SRSEE est complétement rechargé lorsque le critère de fin de charge, comme défini au paragraphe 2.2.3.2 de l'appendice 4 de la présente annexe, est rempli.

3.2.6.3.2 L'appareil de mesure de l'énergie électrique, placé entre le chargeur du véhicule et le réseau, doit mesurer l'énergie électrique de recharge E_{AC}, fournie par le réseau, ainsi que la durée. La mesure de l'énergie peut être arrêtée lorsque le critère de fin de charge, comme défini au paragraphe 2.2.3.2 de l'appendice 4 de la présente annexe, est rempli.

3.2.7 Essai de maintien de la charge du type 1 suivi d'un essai d'épuisement de la charge du type 1 (option 4)

La séquence d'essai conformément à l'option 4, décrite aux paragraphes 3.2.7.1 et 3.2.7.2 de la présente annexe, ainsi que le profil de niveau de charge correspondant du SRSEE, sont représentés dans la figure A8.App1/4 de l'appendice 1 de la présente annexe.

3.2.7.1 Pour l'essai de maintien de la charge du type 1, les procédures d'essai prescrites aux paragraphes 3.2.5.1 à 3.2.5.3, ainsi qu'au paragraphe 3.2.6.3.1 de la présente annexe, doivent être appliquées.

3.2.7.2 Par la suite, les procédures d'essai d'épuisement de la charge du type 1 prescrites dans les paragraphes 3.2.4.2 à 3.2.4.7 de la présente annexe, doivent être appliquées.

3.3 VHE-NRE

La séquence d'essai décrite aux paragraphes 3.3.1 à 3.3.3 de la présente annexe, ainsi que le profil de niveau de charge correspondant du SRSEE, sont représentés dans la figure A8.App1/5 de l'appendice 1 de la présente annexe.

3.3.1 Préconditionnement et stabilisation thermique

3.3.1.1 Les véhicules doivent être préconditionnés conformément au paragraphe 2.6 de l'annexe 6.

En sus des dispositions applicables du paragraphe 2.6 de l'annexe 6, le niveau de charge du SRSEE de traction pour l'essai de maintien de la charge peut être fixé selon les recommandations du constructeur avant le préconditionnement de manière à obtenir que l'essai s'effectue en mode maintien de la charge.

3.3.1.2 Les véhicules doivent être soumis à une stabilisation thermique conformément au paragraphe 2.7 de l'annexe 6.

3.3.2 Conditions d'essai

3.3.2.1 Les véhicules doivent être soumis à des essais en mode maintien de la charge comme défini au paragraphe 3.3.6 du présent RTM ONU.

3.3.2.2 Sélection du mode de fonctionnement (en cas de mode sélectionnable par le conducteur)

Pour les véhicules équipés d'un mode sélectionnable par le conducteur, le mode pour l'essai de maintien de la charge du type 1 doit être sélectionné conformément au paragraphe 3 de l'appendice 6 de la présente annexe.

3.3.3 Essai de type 1

3.3.3.1 Les véhicules doivent être soumis aux essais conformément à la procédure d'essai du type 1 décrite à l'annexe 6.

3.3.3.2 Si nécessaire, les résultats des émissions massiques de CO_2 doivent être corrigés conformément à l'appendice 2 de la présente annexe.

3.3.3.3 L'essai de maintien de la charge du type 1 doit satisfaire aux critères limites d'émissions conformément au paragraphe 1.2 de l'annexe 6.

3.4 VEP

3.4.1 Prescriptions générales

La procédure d'essai en vue de déterminer l'autonomie en mode électrique pur et la consommation d'énergie électrique doit être sélectionnée en fonction de l'autonomie en mode électrique pur estimée (AMEP) du véhicule d'essai tirée du tableau A8/3. Si la méthode d'interpolation est appliquée, la procédure d'essai doit être sélectionnée en fonction de l'AMEP du véhicule H au sein de la famille spécifique d'interpolation.

Tableau A8/3
Procédures à appliquer pour déterminer l'autonomie en mode électrique pur et la consommation d'énergie électrique

Cycle d'essai applicable	*L'AMEP estimée est…*	*Procédure d'essai applicable*
Cycle d'essai conformément au paragraphe 1.4.2.1 de la présente annexe, y compris la phase extra high	…inférieure à la longueur de 3 cycles d'essai WLTP applicables.	Procédure d'essai du type 1 avec cycles consécutifs (conformément au paragraphe 3.4.4.1 de la présente annexe)
	…égale ou supérieure à la longueur de 3 cycles d'essai WLTP applicables.	Procédure d'essai du type 1 abrégée (conformément au paragraphe 3.4.4.2 de la présente annexe)
Cycle d'essai conformément au paragraphe 1.4.2.1 de la présente annexe sauf la phase extra high	…inférieure à la longueur de 4 cycles d'essai WLTP applicables.	Procédure d'essai du type 1 avec cycles consécutifs (conformément au paragraphe 3.4.4.1 de la présente annexe)
	…égale ou supérieure à la longueur de 4 cycles d'essai WLTP applicables.	Procédure d'essai du type 1 abrégée (conformément au paragraphe 3.4.4.2 de la présente annexe)
Cycle urbain conformément au paragraphe 1.4.2.2	…non disponible sur le cycle d'essai WLTP applicable.	Procédure d'essai du type 1 avec cycles consécutifs (conformément au paragraphe 3.4.4.1 de la présente annexe)

Le constructeur doit fournir des preuves à l'autorité compétente en ce qui concerne l'autonomie en mode électrique pur estimée (AMEP) avant l'essai. Si la méthode d'interpolation est appliquée, la procédure d'essai applicable doit être déterminée en fonction de l'AMEP estimée du véhicule H au sein de la famille d'interpolation. L'AMEP déterminé au moyen de la procédure d'essai appliquée doit confirmer que la procédure d'essai correcte a été appliquée.

La séquence d'essai pour la procédure d'essai du type 1 avec cycles consécutifs, décrite aux paragraphes 3.4.2, 3.4.3 et 3.4.4.1 de la présente annexe, ainsi que le profil de niveau de charge correspondant du SRSEE, sont représentés dans la figure A8.App1/6 de l'appendice 1 de la présente annexe.

La séquence d'essai pour la procédure d'essai du type 1 raccourcie, décrite aux paragraphes 3.4.2, 3.4.3 et 3.4.4.2 de la présente annexe, ainsi que le profil de niveau de charge correspondant du SRSEE, sont représentés dans la figure A8.App1/7 de l'appendice 1 de la présente annexe.

3.4.2 Préconditionnement

Le véhicule doit être préparé conformément aux procédures définies au paragraphe 3 de l'appendice 4 de la présente annexe.

3.4.3 Sélection du mode de fonctionnement (en cas de mode sélectionnable par le conducteur)

Pour les véhicules équipés d'un mode sélectionnable par le conducteur, le mode pour l'essai doit être sélectionné conformément au paragraphe 3 de l'appendice 6 de la présente annexe.

3.4.4 VEP − Procédure d'essai du type 1

3.4.4.1 Procédure d'essai du type 1 avec cycles consécutifs

3.4.4.1.1 Suivi de la courbe de vitesse et pauses

L'essai doit consister à exécuter des cycles d'essai applicables consécutifs jusqu'à ce que le critère de déconnexion conformément au paragraphe 3.4.4.1.3 de la présente annexe soit atteint.

Des pauses pour le conducteur et/ou l'opérateur sont seulement admises entre les cycles d'essai et avec une durée totale maximale d'interruption de 10 mn. Au cours de la pause la chaîne de traction doit être désactivée.

3.4.4.1.2 Mesure de l'intensité et de la tension électriques du SRSEE

À partir du début de l'essai et jusqu'à ce que le critère de déconnexion soit atteint, l'intensité électrique de tous les SRSEE doit être mesurée conformément à l'appendice 3 de la présente annexe et la tension électrique doit être déterminée conformément à l'appendice 3 de la présente annexe.

3.4.4.1.3 Critère de déconnexion automatique

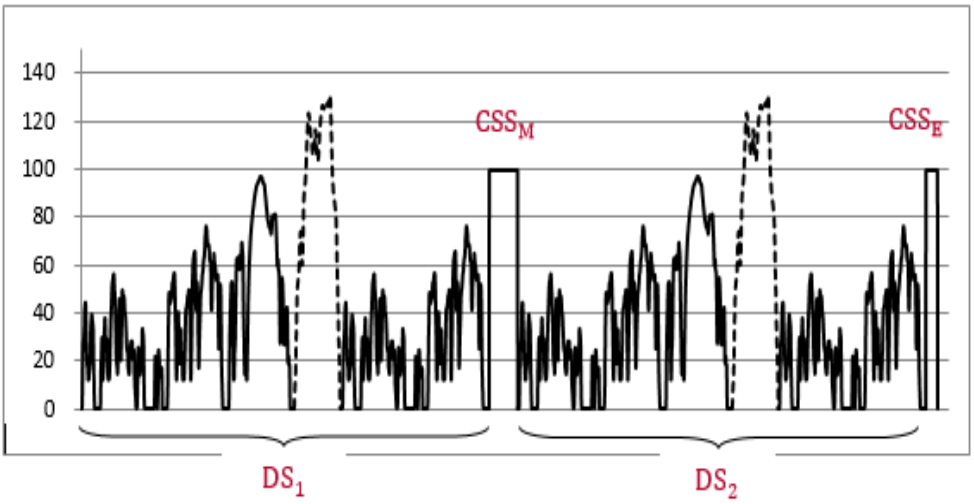
Le critère de déconnexion automatique est atteint lorsque le véhicule s'écarte pendant 4 s consécutives ou plus de la marge de tolérance sur la courbe de vitesse prescrite comme spécifié au paragraphe 2.6.8.3 de l'annexe 6. Dans ce cas, la commande d'accélérateur doit être désactivée et le véhicule doit être immobilisé par freinage dans les 60 s.

3.4.4.2 Procédure d'essai du type 1 abrégée

3.4.4.2.1 Courbe de vitesse

La procédure d'essai du type 1 abrégée est composée de deux segments dynamiques (DS_1 et DS_2) combinés avec deux segments à vitesse constante (CSS_M et CSS_E) comme représenté à la figure A8/2.

Figure A8/2
Courbe de vitesse de la procédure d'essai du type 1 abrégée



Les segments dynamiques DS_1 et DS_2 sont utilisés pour calculer la consommation d'énergie pour la phase considérée, le cycle WLTP urbain applicable et le cycle d'essai WLTP applicable.

Les segments à vitesse constante CSS_M et CSS_E sont destinés à réduire la durée de l'essai en épuisant la charge du SRSEE plus rapidement que la procédure d'essai de type 1 avec cycles consécutifs.

3.4.4.2.1.1 Segments dynamiques

Chaque segment dynamique des DS_1 et DS_2 est constitué d'un cycle d'essai WLTP applicable conformément au paragraphe 1.4.2.1 de la présente annexe, suivi par un cycle d'essai urbain WLTP applicable conformément au paragraphe 1.4.2.2 de la présente annexe.

3.4.4.2.1.2 Segment à vitesse constante

Les vitesses constantes sur les segments CSS_M et CSS_E doivent être identiques. Si la méthode d'interpolation est appliquée, la même valeur de vitesse constante doit être appliquée à l'intérieur de la famille d'interpolation.

a) Prescriptions de vitesse :

La vitesse minimale sur les segments à vitesse constante est de 100 km/h. Si la phase extra-haute (Extra $High_3$) est omise par une Partie contractante, la vitesse minimale sur les segments à vitesse constante doit être fixée à 80 km/h. À la demande du constructeur et avec l'accord de l'autorité compétente, une vitesse constante plus élevée sur les segments à vitesse constante peut être sélectionnée.

L'accélération jusqu'à la vitesse constante doit être progressive et effectuée dans un délai de 1 min après la fin des segments dynamiques et, dans le cas d'une pause effectuée conformément au tableau A.8/4, après activation de la procédure de démarrage de la chaîne de traction.

Si la vitesse maximale du véhicule est inférieure à la vitesse minimale requise pour les segments à vitesse constante conformément aux prescriptions de vitesse du présent paragraphe, la vitesse requise sur les segments à vitesse constante doit être égale à la vitesse maximale du véhicule.

b) Détermination de la distance parcourue sur les segments CSSE et CSS_M :

La longueur des segments à vitesse constante CSSE doit être déterminée sur la base du pourcentage d'énergie utilisable du SRSEE UBE_{STP} conformément au paragraphe 4.4.2.1 de la présente annexe. L'énergie restante dans le SRSEE de traction après le segment de vitesse dynamique DS_2 doit être égale ou inférieure à 10 % de la valeur UBE_{STP}. Le constructeur doit fournir des preuves à l'autorité compétente après l'essai pour démontrer qu'il est satisfait à cette prescription.

La longueur du segment à vitesse constante CSS_M peut être calculée au moyen de l'équation suivante :

$$d_{CSSM} = PER_{est} - d_{DS1} - d_{DS2} - d_{CSSE}$$

où :

PER_{est} est l'autonomie en mode électrique pur estimée du VEP considéré, en km ;

d_{DS1} est la longueur du segment dynamique 1, en km ;

d_{DS2} est la longueur du segment dynamique 2, en km ;

d_{CSSE} est la longueur du segment à vitesse constante CSS_E, en km.

3.4.4.2.1.3 Pauses

Des pauses du conducteur et/ou de l'opérateur sont seulement admises sur les segments à vitesse constante, comme prescrit au tableau A8/4.

Tableau A8/4
Pauses du conducteur et/ou de l'opérateur

Distance parcourue sur le segment à vitesse constante CSS_M (km)	*Durée totale maximale des pauses (min)*
Jusqu'à 100	10
Jusqu'à 150	20
Jusqu'à 200	30
Jusqu'à 300	60
Plus de 300	Selon les recommandations du constructeur

Note : Au cours d'une pause, la chaîne de traction doit être désactivée.

3.4.4.2.2 Mesure de l'intensité et de la tension électriques du SRSEE

À partir du début de l'essai et jusqu'à ce que le critère de déconnexion soit atteint, l'intensité électrique de tous les SRSEE et la tension électrique de tous les SRSEE doivent être déterminés conformément à l'appendice 3 de la présente annexe.

3.4.4.2.3 Critère de déconnexion automatique

Le critère de déconnexion automatique est atteint lorsque le véhicule s'écarte pendant 4 s consécutives ou plus de la marge de tolérance prescrite pour le tracé de la vitesse comme spécifié au paragraphe 2.6.8.3 de l'annexe 6 sur le second segment à vitesse constante CSS_E. Dans ce cas, la commande d'accélérateur doit être désactivée et le véhicule doit être immobilisé par freinage dans les 60 s.

3.4.4.3 Recharge du SRSEE et mesure de la quantité d'énergie électrique rechargée

3.4.4.3.1 Après un arrêt effectué conformément au paragraphe 3.4.4.1.3 de la présente annexe pour la procédure d'essai du type 1 avec cycles consécutifs au paragraphe 3.4.4.2.3 de la présente annexe pour la procédure d'essai du type 1 abrégée, le véhicule doit être connecté au réseau dans les 120 min qui suivent.

Le SRSEE est complétement rechargé lorsque le critère de fin de charge, comme défini au paragraphe 2.2.3.2 de l'appendice 4 de la présente annexe, est rempli.

3.4.4.3.2 L'appareil de mesure de l'énergie électrique, placé entre le chargeur du véhicule et le réseau, doit mesurer l'énergie électrique de recharge E_{AC}, fournie par le réseau, ainsi que la durée. La mesure de l'énergie peut être arrêtée lorsque le critère de fin de charge, comme défini au paragraphe 2.2.3.2 de l'appendice 4 de la présente annexe, est rempli.

3.5 VHPC-NRE

La séquence d'essai décrite aux paragraphes 3.5.1 à 3.5.3 de la présente annexe, ainsi que le profil de niveau de charge correspondant du SRSEE, sont représentés dans la figure A8.App1/5 de l'appendice 1 de la présente annexe.

3.5.1 Préconditionnement et stabilisation thermique

Les véhicules doivent subir un préconditionnement et une stabilisation thermique conformément au paragraphe 3.3.1 de la présente annexe.

3.5.2 Conditions d'essai

3.5.2.1 Les véhicules doivent être soumis à des essais en mode maintien de la charge comme défini au paragraphe 3.3.6 du présent RTM ONU.

3.5.2.2 Sélection du mode de fonctionnement (en cas de mode sélectionnable par le conducteur)

Pour les véhicules équipés d'un mode sélectionnable par le conducteur, le mode pour l'essai du type 1 en mode maintien de la charge doit être sélectionné conformément au paragraphe 3 de l'appendice 6 de la présente annexe.

3.5.3 Procédure d'essai du type 1

3.5.3.1 Les véhicules doivent être soumis aux essais conformément à la procédure d'essai du type 1 décrite à l'annexe 6 et leur consommation de carburant doit être calculée conformément à l'appendice 7 de la présente annexe.

3.5.3.2 Si nécessaire, les résultats de consommation de carburant doivent être corrigés conformément à l'appendice 2 de la présente annexe.

4. Calculs relatifs aux véhicules hybrides électriques, véhicules électriques purs et véhicules hybrides à pile à combustible à hydrogène comprimé

4.1 Calcul des émissions de composés gazeux, des émissions de matières particulaires et des émissions en nombre de particules

4.1.1 Émissions massiques de composés gazeux, émissions de matières particulaires et émissions en nombre de particules en mode maintien de la charge pour les VHE-RE et VHE-NRE

Les émissions de matières particulaires PM_{CS} en mode maintien de la charge doivent être calculées conformément au paragraphe 3.3 de l'annexe 7.

Les émissions en nombre de particules PN_{CS} en mode maintien de la charge doivent être calculées conformément au paragraphe 4 de l'annexe 7.

4.1.1.1 Procédure par étapes pour le calcul des résultats finals de l'essai du type 1 en mode maintien de la charge pour les VHE-NRE et VHE-RE

Les résultats doivent être calculés dans l'ordre indiqué au tableau A8/5. Tous les résultats applicables dans la colonne « Données de sortie » doivent être enregistrés. La colonne « Processus » indique les paragraphes à appliquer pour les calculs ou contient des calculs additionnels.

Dans ce même tableau, la nomenclature suivante est utilisée dans les équations et les résultats :

c	cycle d'essai applicable complet ;
p	toute phase du cycle applicable ;
i	constituants d'émissions critères applicables (sauf CO_2) ;
CS	mode maintien de la charge ;
CO_2	émissions massiques de CO_2.

Tableau A8/5
Calcul des valeurs finales d'émissions gazeuses en mode maintien de la charge

Source	*Données d'entrée*	*Processus*	*Données de sortie*	*Étape n°*
Annexe 6	Résultats d'essais bruts	Émissions massiques en mode maintien de la charge Par. 3 à 3.2.2 de l'annexe 7	$M_{i,CS,p,1}$, g/km $M_{CO2,CS,p,1}$, g/km	1
Sortie de l'étape n° 1 de ce tableau	$M_{i,CS,p,1}$, g/km $M_{CO2,CS,p,1}$, g/km	Calcul des valeurs combinées sur le cycle en mode maintien de la charge : $M_{i,CS,c,2} = \frac{\sum_p M_{i,CS,p,1} \times d_p}{\sum_p d_p}$ $M_{CO2,CS,c,2} = \frac{\sum_p M_{CO2,CS,p,1} \times d_p}{\sum_p d_p}$ où : $M_{i,CS,c,2}$ est le résultat d'émissions massiques en mode maintien de la charge sur le cycle total ; $M_{CO2,CS,c,2}$ est le résultat d'émissions massiques de CO_2 en mode maintien de la charge sur le cycle total ; d_p sont les distances parcourues sur les phases du cycle p.	$M_{i,CS,c,2}$, g/km $M_{CO2,CS,c,2}$, g/km	2
Sortie des étapes n°s 1 et 2 de ce tableau	$M_{CO2,CS,p,1}$, g/km $M_{CO2,CS,c,2}$, g/km	Correction de la variation d'énergie électrique du SRSEE Par. 4.1.1.2 à 4.1.1.5 de la présente annexe	$M_{CO2,CS,p,3}$, g/km $M_{CO2,CS,c,3}$, g/km	3
Sortie des étapes n°s 2 et 3 de ce tableau	$M_{i,CS,C,2}$,g/km $M_{CO2,CS,c,3}$, g/km	Correction des émissions massiques en mode maintien de la charge pour tous les véhicules équipés de systèmes à régénération périodique, K_1, conformément à l'annexe 6, appendice 1 $M_{i,CS,c,4} = K_i \times M_{i,CS,c,2}$ ou $M_{i,CS,c,4} = K_i + M_{i,CS,c,2}$ et $M_{CO2,CS,c,4} = K_{CO2,K_i} \times M_{CO2,CS,c,3}$ ou $M_{CO2,CS,c,4} = K_{CO2,K_i} + M_{CO2,CS,c,3}$ Facteur additif de recalage ou multiplicatif à utiliser en fonction de la détermination de K_i. Si K_i n'est pas applicable : $M_{i,CS,c,4}=M_{i,CS,c,2}$ $M_{CO2,CS,c,4} = M_{CO2,CS,c,3}$	$M_{i,CS,C,4}$,g/km $M_{CO2,CS,c,4}$, g/km	4a

Source	*Données d'entrée*	*Processus*	*Données de sortie*	*Étape n°*
Sortie des étapes n°s 3 et 4a de ce tableau	$M_{CO2,CS,p,3}$, g/km $M_{CO2,CS,c,3}$, g/km $M_{CO2,CS,c,4}$, g/km	Si K_i n'est pas applicable, aligner les valeurs de la phase pour CO_2 sur la valeur combinée sur le cycle : $M_{CO2,CS,p,4} = M_{CO2,CS,p,3} \times AF_{Ki}$ pour chaque phase du cycle p ; où : $AF_{Ki} = \frac{M_{CO2,CS,c,4}}{M_{CO2,CS,c,3}}$ Si K_i n'est pas applicable : $M_{CO2,CS,p,4} = M_{CO2,CS,p,3}$	$M_{CO2,CS,p,4}$,g/km	4b
Sortie de l'étape n° 4 de ce tableau	$M_{i,CS,c,4}$,g/km $M_{CO2,CS,p,4}$, g/km $M_{CO2,CS,c,4}$, g/km	Place réservée pour corrections additionnelles, si nécessaires. À défaut : $M_{i,CS,c,5} = M_{i,CS,c,4}$ $M_{CO2,CS,c,5} = M_{CO2,CS,c,4}$ $M_{CO2,CS,P,5} = M_{CO2,CS,P,4}$	$M_{i,CS,c,5}$,g/km $M_{CO2,CS,c,5}$, g/km $M_{CO2,CS,p,5}$, g/km	5 Résultat d'un essai unique.
Sortie de l'étape n° 5 de ce tableau	Pour chaque essai : $M_{i,CS,c,5}$,g/km $M_{CO2,CS,c,5}$, g/km $M_{CO2,CS,p,5}$, g/km	Calcul de la valeur moyenne des essais et valeur déclarée conformément aux paragraphes 1.2 à 1.2.3 de l'annexe 6	$M_{i,CS,C,6}$,g/km $M_{CO2,CS,c,6}$, g/km $M_{CO2,CS,p,6}$, g/km $M_{CO2,CS,c,declared}$, g/km	6 $M_{i,CS}$ résultats d'un essai du type 1 pour un véhicule d'essai
Sortie de l'étape n° 6 de ce tableau	$M_{CO2,CS,c,6}$, g/km $M_{CO2,CS,p,6}$, g/km $M_{CO2,CS,c,declared}$, g/km	Alignement des valeurs de phases Par. 1.2.4 de l'annexe 6 et : $M_{CO2,CS,c,7} = M_{CO2,CS,c,declared}$	$M_{CO2,CS,c,7}$, g/km $M_{CO2,CS,p,7}$, g/km	7 $M_{CO2,CS}$ résultats d'un essai du type 1 pour un véhicule d'essai
Sortie des étapes n°s 6 et 7 de ce tableau	Pour chacun des véhicules d'essai H et L : $M_{i,CS,c,6}$,g/km $M_{CO2,CS,c,7}$, g/km $M_{CO2,CS,p,7}$, g/km	Si outre un véhicule d'essai H un véhicule d'essai L et, le cas échéant, un véhicule M ont aussi été essayés, les valeurs d'émissions critères résultantes doivent être les plus élevées des deux ou, le cas échéant, trois, et sont désignées $M_{i,CS,c}$. Dans le cas des émissions combinées HCT+NO_x, la valeur la plus élevée de la somme correspondant soit au véhicule H soit au véhicule L soit, le cas échéant, au véhicule M doit être déclarée. À défaut, si aucun véhicule L n'a été essayé ou si, le cas échéant, un véhicule M a été essayé, $M_{i,CS,c} = M_{i,CS,c,6}$ Pour le CO_2 les valeurs obtenues à l'étape 7 de ce tableau doivent être utilisées. Les valeurs de CO_2 doivent être arrondies à la deuxième décimale.	$M_{i,CS,c}$, g/km $M_{CO2,CS,c,H}$, g/km Si un véhicule L a été essayé : $M_{CO2,CS,c,L}$, g/km $M_{CO2,CS,p,L}$, g/km et si, le cas échéant, un véhicule M a été essayé : $M_{CO2,CS,c,M}$, g/km $M_{CO2,CS,p,M}$, g/km	8 Résultat d'une famille d'interpolation. Résultat final des émissions critères.

Source	*Données d'entrée*	*Processus*	*Données de sortie*	*Étape n°*
Sortie de l'étape n° 8 de ce tableau	$M_{CO2,CS,c,H}$, g/km $M_{CO2,CS,p,H}$, g/km Si un véhicule L a été essayé : $M_{CO2,CS,c,L}$, g/km $M_{CO2,CS,p,L}$, g/km et si, le cas échéant, un véhicule M a été essayé: $M_{CO2,CS,c,M}$, g/km $M_{CO2,CS,p,M}$, g/km	Calcul des émissions massiques de CO_2 conformément au paragraphe 4.5.4.1 de la présente annexe pour les véhicules donnés d'une famille d'interpolation. Les valeurs de CO_2 doivent être arrondies conformément au tableau A8/2.	$M_{CO2,CS,c,ind}$, g/km $M_{CO2,CS,p,ind}$, g/km	9 Résultat d'un véhicule donné. Résultat final pour le CO_2

4.1.1.2 Dans le cas où la correction conformément au paragraphe 1.1.4 de l'appendice 2 de la présente annexe n'a pas été appliquée, les émissions massiques de CO_2 en mode maintien de la charge doivent être calculées comme suit :

$$M_{CO2,CS} = M_{CO2,CS,nb}$$

où :

$M_{CO2,CS}$ sont les émissions massiques de CO_2 de l'essai du type 1 en mode maintien de la charge conformément au tableau A8/5, étape n° 3, en g/km ;

$M_{CO2,CS,nb}$ sont les émissions massiques non compensées de CO_2 de l'essai du type 1 en mode maintien de la charge, non corrigées pour le bilan énergétique, déterminées conformément au tableau A8/5, étape n° 2, en g/km.

4.1.1.3 Si la correction des émissions massiques de CO_2 en mode maintien de la charge est requise conformément au paragraphe 1.1.3 de l'appendice 2 de la présente annexe, ou dans le cas où la correction conformément au paragraphe 1.1.4 de l'appendice 2 de la présente annexe a été appliquée, le coefficient de correction des émissions massiques de CO_2 doit être déterminé conformément au paragraphe 2 de l'appendice 2 de la présente annexe. Les émissions massiques corrigées de CO_2 en mode maintien de la charge doivent être calculées au moyen de l'équation suivante :

$$M_{CO2,CS} = M_{CO2,CS,nb} - K_{CO2} \times EC_{DC,CS}$$

où :

$M_{CO2,CS}$ sont les émissions massiques de CO_2 de l'essai du type 1 en mode maintien de la charge conformément au tableau A8/5, étape n° 3, en g/km ;

$M_{CO2,CS,nb}$ sont les émissions massiques non compensées de CO_2 de l'essai du type 1 en mode maintien de la charge, non corrigées pour le bilan énergétique, déterminées conformément au tableau A8/5, étape n° 2, en g/km ;

$EC_{DC,CS}$ est la consommation d'énergie électrique de l'essai du type 1 en mode maintien de la charge conformément au paragraphe 4.3 de la présente annexe, en Wh/km ;

K_{CO2} est le coefficient de correction des émissions massiques de CO_2 déterminé conformément au paragraphe 2.3.2 de l'appendice 2 de la présente annexe, en (g/km)/(Wh/km).

4.1.1.4 Dans le cas où des coefficients de correction des émissions massiques de CO_2 spécifiques par phase n'ont pas été déterminés, les émissions massiques de CO_2 spécifiques par phase doivent être calculées au moyen de l'équation suivante :

$$M_{CO2,CS,p} = M_{CO2,CS,nb,p} - K_{CO2} \times EC_{DC,CS,p}$$

où :

$M_{CO2,CS,p}$ sont les émissions massiques de CO_2 de la phase p de l'essai du type 1 en mode maintien de la charge conformément au tableau A8/5, étape nº 3, en g/km ;

$M_{CO2,CS,nb,p}$ sont les émissions massiques non compensées de CO_2 de la phase p de l'essai du type 1 en mode maintien de la charge, non corrigées pour le bilan énergétique, déterminées conformément au tableau A8/5, étape nº 1, en g/km ;

$EC_{DC,CS,p}$ est la consommation d'énergie électrique de la phase p de l'essai du type 1 en mode maintien de la charge conformément au paragraphe 4.3 de la présente annexe, en Wh/km ;

K_{CO2} est le coefficient de correction des émissions massiques de CO_2 déterminé conformément au paragraphe 2.3.2 de l'appendice 2 de la présente annexe, en (g/km)/(Wh/km).

4.1.1.5 Dans le cas où des coefficients de correction des émissions massiques de CO_2 spécifiques par phase ont été déterminés, les émissions massiques de CO_2 spécifiques par phase doivent être calculées au moyen de l'équation suivante :

$$M_{CO2,CS,p} = M_{CO2,CS,nb,p} - K_{CO2,p} \times EC_{DC,CS,p}$$

où :

$M_{CO2,CS,p}$ sont les émissions massiques de CO_2 de la phase p de l'essai du type 1 en mode maintien de la charge conformément au tableau A8/5, étape nº 3, en g/km ;

$M_{CO2,CS,nb,p}$ sont les émissions massiques non compensées de CO_2 de la phase p de l'essai du type 1 en mode maintien de la charge, non corrigées pour le bilan énergétique, déterminées conformément au tableau A8/5, étape nº 1, en g/km ;

$EC_{DC,CS,p}$ est la consommation d'énergie électrique de la phase p de l'essai du type 1 en mode maintien de la charge conformément au paragraphe 4.3 de la présente annexe, en Wh/km ;

$K_{CO2,p}$ est le coefficient de correction des émissions massiques de CO_2 déterminé conformément au paragraphe 2.3.2.2 de l'appendice 2 de la présente annexe, en (g/km)/(Wh/km) ;

p est le numéro d'ordre de la phase individuelle du cycle d'essai WLTP applicable.

4.1.2 Émissions massiques de CO_2 pondérées en fonction des facteurs d'utilisation en mode épuisement de la charge pour les VHE-NRE

Les émissions massiques de CO_2 pondérées en fonction des facteurs d'utilisation en mode épuisement de la charge $M_{CO2,CD}$ doivent être calculées au moyen de l'équation suivante :

$$M_{CO2,CD} = \frac{\sum_{j=1}^{k}(UF_j \times M_{CO2,CD,j})}{\sum_{j=1}^{k} UF_j}$$

où :

$M_{CO2,CD}$ sont les émissions massiques de CO_2 pondérées en fonction des facteurs d'utilisation en mode épuisement de la charge, en g/km ;

$M_{CO2,CD,j}$ sont les émissions massiques de CO_2 déterminées conformément au paragraphe 3.2.1 de l'annexe 7 de la phase j de l'essai du type 1 en mode maintien de la charge, en g/km ;

UF_j est le facteur d'utilisation de la phase j conformément à l'appendice 5 de la présente annexe ;

j est le numéro d'ordre de la phase considérée ;

k est le nombre de phases exécutées jusqu'à la fin du cycle de transition conformément au paragraphe 3.2.4.4 de la présente annexe.

Dans le cas où la méthode d'interpolation est appliquée, k est le nombre de phases exécutées jusqu'à la fin du cycle de transition du véhicule L n_{veh_L}.

Si le nombre de cycles de transition exécutés par le véhicule H, n_{veh_H}, et, le cas échéant, par un véhicule donné au sein de la famille d'interpolation du véhicule, $n_{veh_{ind}}$, est inférieur au nombre de cycles de transition exécutés par le véhicule L, n_{veh_L}, le cycle de confirmation du véhicule H, et, le cas échéant, du véhicule donné, doit être inclus dans le calcul. Les émissions massiques de CO_2 de chaque phase du cycle de confirmation doivent alors être corrigées pour les rapporter à une consommation d'énergie électrique de zéro $EC_{DC,CD,j} = 0$ par application du coefficient de correction des émissions de CO_2 conformément à l'appendice 2 de la présente annexe.

4.1.3 Émissions massiques de composés gazeux, émissions de matières particulaires et émissions en nombre de particules pondérées en fonction des facteurs d'utilisation pour les VHE-NRE

4.1.3.1 Les émissions massiques de composés gazeux pondérées en fonction des facteurs d'utilisation doivent être calculées au moyen de l'équation suivante :

$$M_{i,weighted} = \sum_{j=1}^{k} (UF_j \times M_{i,CD,j}) + \left(1 - \sum_{j=1}^{k} UF_j\right) \times M_{i,CS}$$

où :

$M_{i,weighted}$ sont les émissions massiques du composé i pondérées en fonction des facteurs d'utilisation, en g/km ;

i est le numéro d'ordre du composé gazeux d'émissions considéré ;

UF_j est le facteur d'utilisation de la phase j conformément à l'appendice 5 de la présente annexe ;

$M_{i,CD,j}$ sont les émissions massiques du composé gazeux d'émissions i déterminées conformément au paragraphe 3.2.1 de l'annexe 7 de la phase j de l'essai du type 1 en mode épuisement de la charge, en g/km ;

$M_{i,CS}$ sont les émissions massiques du composé gazeux d'émissions i pour l'essai du type 1 en mode maintien de la charge conformément au tableau A8/5, étape n° 7, en g/km ;

j est le numéro d'ordre de la phase considérée ;

k est le nombre de phases exécutées jusqu'à la fin du cycle de transition conformément au paragraphe 3.2.4.4 de la présente annexe.

Dans le cas où la méthode d'interpolation est appliquée pour i = CO_2, k est le nombre de phases exécutées jusqu'à la fin du cycle de transition du véhicule L n_{veh_L}.

Si le nombre de cycles de transition exécutés par le véhicule H, n_{veh_H}, et, le cas échéant, par un véhicule donné au sein de la famille d'interpolation du véhicule, $n_{veh_{ind}}$, est inférieur au nombre de cycles de transition exécutés par le véhicule L, n_{veh_L}, le cycle de confirmation du véhicule H, et, le cas échéant, du véhicule donné, doit être inclus dans le calcul. Les émissions massiques de CO_2 de chaque phase du cycle de confirmation doivent alors être corrigées pour les rapporter à une consommation d'énergie électrique de zéro $EC_{DC,CD,j}$ = 0 par application du coefficient de correction des émissions de CO_2 conformément à l'appendice 2 de la présente annexe.

4.1.3.2 Les émissions en nombre de particules pondérées en fonction des facteurs d'utilisation doivent être calculées au moyen de l'équation suivante :

$$PN_{weighted} = \sum_{j=1}^{k}(UF_j \times PN_{CD,j}) + (1 - \sum_{j=1}^{k} UF_j) \times PN_{CS}$$

où :

$PN_{weighted}$ sont les émissions en nombre de particules pondérées en fonction des facteurs d'utilisation, en particules par km ;

UF_j est le facteur d'utilisation de la phase j conformément à l'appendice 5 de la présente annexe ;

$PN_{CD,j}$ sont les émissions en nombre de particules au cours de la phase j déterminées conformément au paragraphe 4 de l'annexe 7 de l'essai du type 1 en mode épuisement de la charge, en particules par km ;

PN_{CS} sont les émissions en nombre de particules déterminées conformément au paragraphe 4.1.1 la présente annexe pour l'essai du type 1 en mode épuisement de la charge, en particules par km ;

j est le numéro d'ordre de la phase considérée ;

k est le nombre de phases exécutées jusqu'à la fin du cycle de transition n conformément au paragraphe 3.2.4.4 de la présente annexe.

4.1.3.3 Les émissions de matières particulaires pondérées en fonction des facteurs d'utilisation doivent être calculées au moyen de l'équation suivante :

$$PM_{weighted} = \sum_{c=1}^{n_c}(UF_c \times PM_{CD,c}) + (1 - \sum_{c=1}^{n_c} UF_c) \times PM_{CS}$$

où :

$PM_{weighted}$ sont les émissions de matières particulaires pondérées en fonction des facteurs d'utilisation, en mg/km ;

UF_c est le facteur d'utilisation du cycle c conformément à l'appendice 5 de la présente annexe ;

$PM_{CD,c}$ sont les émissions de matières particulaires au cours du cycle c déterminées conformément au paragraphe 3.3 de l'annexe 7 de l'essai du type 1 en mode épuisement de la charge, en mg/km ;

PM_{CS} sont les émissions de matières particulaires de l'essai du type 1 en mode épuisement de la charge conformément au paragraphe 4.1.1 la présente annexe, en mg/km ;

c est le numéro d'ordre du cycle considéré ;

n_c est le nombre de cycles d'essai WLTP applicables exécutés jusqu'à la fin du cycle de transition n conformément au paragraphe 3.2.4.4 de la présente annexe.

4.2 Calcul de la consommation de carburant

4.2.1 Consommation de carburant en mode maintien de la charge pour les VHE-RE, les VHE-NRE et les VHPC-NRE

4.2.1.1 La consommation de carburant en mode maintien de la charge pour les VHE-RE et les VHE-NRE doit être calculée par étapes, conformément au tableau A8/6.

Tableau A8/6
Calcul de la consommation finale de carburant en mode maintien de la charge pour les VHE-RE et les VHE-NRE

Source	*Données d'entrée*	*Processus*	*Données de sortie*	*Étape nº*
Sortie des étapes nºs 6 et 7 du tableau A8/5 de la présente annexe	$M_{i,CS,c,6}$, g/km $M_{CO2,CS,c,7}$, g/km $M_{CO2,CS,p,7}$, g/km	Calcul de la consommation de carburant conformément au paragraphe 6 de l'annexe 7. Le calcul de la consommation de carburant doit être fait séparément pour le cycle applicable et les phases de ce cycle. À cette fin : a) Les valeurs de CO_2 du cycle ou de la phase applicable doivent être utilisées ; b) Les émissions critères sur le cycle complet doivent être utilisées.	$FC_{CS,c,1}$, l/100 km $FC_{CS,p,1}$, l/100 km	1 FC_{CS} résultats d'un essai du type 1 pour un véhicule d'essai.
Étape nº 1 de ce tableau	Pour chacun des véhicules d'essai H et L : $FC_{CS,c,1}$, l/100 km $FC_{CS,p,1}$, l/100 km	Pour FC, les valeurs dérivées de l'étape nº 1 de ce tableau doivent être utilisées. Les valeurs FC doivent être arrondies à la troisième décimale.	$FC_{CS,c,H}$, l/100 km $FC_{CS,p,H}$, l/100 km et en cas d'essai d'un véhicule L : $FC_{CS,c,L}$, l/100 km $FC_{CS,p,L}$, l/100 km	2 Résultat d'une famille d'interpolation. Résultat final des émissions critères.
Étape nº 2 de ce tableau	$FC_{CS,c,H}$, l/100 km $FC_{CS,p,H}$, l/100 km et en cas d'essai d'un véhicule L : $FC_{CS,c,L}$, l/100 km $FC_{CS,p,L}$, l/100 km	Le calcul de la consommation de carburant doit être fait conformément au paragraphe 4.5.5.1 de la présente annexe pour chacun des véhicules d'une famille d'interpolation. Les valeurs FC doivent être arrondies conformément au tableau A8/2.	$FC_{CS,c,ind}$, l/100 km $FC_{CS,p,ind}$, l/100 km	3 Résultat d'un véhicule donné Résultat final pour FC.

4.2.1.2 Consommation de carburant en mode maintien de la charge pour les VHPC-NRE

4.2.1.2.1 Procédure par étapes pour le calcul des résultats finals de l'essai du type 1 en mode maintien de la charge pour les VHPC-NRE

Les résultats doivent être calculés dans l'ordre indiqué au tableau A8/7. Tous les résultats applicables dans la colonne « Données de sortie » doivent être enregistrés. La colonne « Processus » indique les paragraphes à appliquer pour les calculs ou contient des calculs additionnels.

Dans ce même tableau, la nomenclature suivante est utilisée dans les équations et les résultats :

c cycle d'essai applicable complet ;

p toute phase du cycle applicable ;

CS mode maintien de la charge.

Tableau A8/7
Calcul de la consommation finale de carburant en mode maintien de la charge pour les VHPC-NRE

Source	*Données d'entrée*	*Processus*	*Données de sortie*	*Étape nº*
Appendice 7 de la présente annexe	Consommation de carburant non compensée en mode maintien de la charge. $FC_{CS,nb,}$ kg/100km	Consommation de carburant en mode maintien de la charge conformément au paragraphe 2.2.6 de l'appendice 7 de la présente annexe (valeurs spécifiques par phase uniquement, si cela est demandé par la Partie contractante conformément au paragraphe 2.2.7 de l'appendice 7 de la présente annexe).	$FC_{CS,p,1}$, kg/100 km $FC_{CS,c,1}$, kg/100 km	1
Sortie de l'étape nº 1 de ce tableau	$FC_{CS,p,1}$, kg/100 km $FC_{CS,c,1}$, kg/100 km	Correction de la variation d'énergie électrique du SRSEE. Par. 4.2.1.2.2 à 4.2.1.2.5 de la présente annexe	$FC_{CS,p,2}$, kg/100 km $FC_{CS,c,2}$, kg/100 km	2
Sortie de l'étape nº 2 de ce tableau	$FC_{CS,p,2}$, kg/100 km $FC_{CS,c,2}$, kg/100 km	Place réservée pour corrections additionnelles, si nécessaires À défaut : $FC_{CS,p,3} = FC_{CS,p,2}$ $FC_{CS,c,3} = FC_{CS,c,2}$	$FC_{CS,p,3}$, kg/100 km $FC_{CS,c,3}$, kg/100 km	3 Résultat d'un essai unique
Sortie de l'étape nº 3 de ce tableau	Pour chaque essai : $FC_{CS,p,3}$, kg/100 km ; $FC_{CS,c,3}$, kg/100 km	Calcul de la valeur moyenne des essais et valeur déclarée conformément aux paragraphes 1.2 à 1.2.3 de l'annexe 6	$FC_{CS,p,4}$, kg/100 km $FC_{CS,c,4}$, kg/100 km	4
Sortie de l'étape nº 4 de ce tableau	$FC_{CS,p,4}$, kg/100 km $FC_{CS,c,4}$, kg/100 km $FC_{CS,c,declared}$, kg/100 km	Alignement des valeurs de phases. Par. 1.2.4 de l'annexe 6 et : $FC_{CS,c,5} = FC_{CS,c,declared}$	$FC_{CS,p,5}$, kg/100 km $FC_{CS,c,5}$, kg/100 km	5 FC_{CS} résultats d'un essai du type 1 pour un véhicule d'essai

4.2.1.2.2 Dans le cas où la correction conformément au paragraphe 1.1.4 de l'appendice 2 de la présente annexe n'a pas été appliquée, la consommation de carburant en mode maintien de la charge doit être calculée comme suit :

$$FC_{CS} = FC_{CS,nb}$$

où :

FC_{CS} est la consommation de carburant en mode maintien de la charge pour l'essai du type 1 en mode maintien de la charge conformément au tableau A8/7, étape nº 2, en kg/100 km ;

$FC_{CS,nb}$ est la consommation de carburant non compensée en mode maintien de la charge pour l'essai du type 1 en mode maintien de la charge, non corrigée pour le bilan énergétique, conformément au tableau A8/7, étape nº 1, en kg/100 km.

4.2.1.2.3 Si la correction de la consommation de carburant est requise conformément au paragraphe 1.1.3 de l'appendice 2 de la présente annexe, ou si la correction conformément au paragraphe 1.1.4 de l'appendice 2 à cette même annexe a été appliquée, le coefficient de correction de la consommation doit être déterminé conformément au paragraphe 2 de l'appendice 2 de la présente annexe. La consommation de carburant corrigée en mode maintien de la charge doit être calculée au moyen de l'équation suivante :

$$FC_{CS} = FC_{CS,nb} - K_{fuel,FCHV} \times EC_{DC,CS}$$

où :

FC_{CS} est la consommation de carburant en mode maintien de la charge pour l'essai du type 1 en mode maintien de la charge conformément au tableau A8/7, étape nº 2, en kg/100 km ;

$FC_{CS,nb}$ est la consommation de carburant non compensée pour l'essai du type 1 en mode maintien de la charge, non corrigée pour le bilan énergétique, conformément au tableau A8/7, étape nº 1, en kg/100 km ;

$EC_{DC,CS}$ est la consommation d'énergie électrique de l'essai du type 1 en mode maintien de la charge conformément au paragraphe 4.3 de la présente annexe, en Wh/km ;

$K_{fuel,FCHV}$ est le coefficient de correction de la consommation de carburant conformément au paragraphe 2.3.1 de l'appendice 2 de la présente annexe, en (kg/100 km)/(Wh/km).

4.2.1.2.4 Dans le cas où des coefficients de correction de la consommation de carburant spécifiques par phase n'ont pas été déterminés, la consommation de carburant spécifique par phase doit être calculée au moyen de l'équation suivante :

$$FC_{CS,p} = FC_{CS,nb,p} - K_{fuel,FCHV} \times EC_{DC,CS,p}$$

où :

$FC_{CS,p}$ est la consommation de carburant en mode maintien de la charge de la phase p de l'essai du type 1 en mode maintien de la charge conformément au tableau A8/7, étape nº 2, en kg/100 km ;

$FC_{CS,nb,p}$ est la consommation de carburant non compensée de la phase p de l'essai du type 1 en mode maintien de la charge, non corrigée pour le bilan énergétique, conformément au tableau A8/7, étape nº 1, en kg/100 km ;

$EC_{DS,CS,p}$ est la consommation d'énergie électrique de la phase p de l'essai du type 1 en mode maintien de la charge, déterminée conformément au paragraphe 4.3 de la présente annexe, en Wh/km ;

$K_{fuel,FCHV}$ est le coefficient de correction de la consommation de carburant conformément au paragraphe 2.3.1 de l'appendice 2 de la présente annexe, en (kg/100 km)/(Wh/km) ;

p est le numéro d'ordre de la phase individuelle du cycle d'essai WLTP applicable.

4.2.1.2.5 Dans le cas où des coefficients de correction de la consommation de carburant spécifiques par phase ont été déterminés, la consommation de carburant spécifique par phase doit être calculée au moyen de l'équation suivante :

$$FC_{CS,p} = FC_{CS,nb,p} - K_{fuel,FCHV,p} \times EC_{DC,CS,p}$$

où :

$FC_{CS,p}$ est la consommation de carburant en mode maintien de la charge de la phase p de l'essai du type 1 en mode maintien de la charge conformément au tableau A8/7, étape nº 2, en kg/100 km ;

$FC_{CS,nb,p}$ est la consommation de carburant non compensée de la phase p de l'essai du type 1 en mode maintien de la charge, non corrigée pour le bilan énergétique, conformément au tableau A8/7, étape nº 1, en kg/100 km ;

$EC_{DS,CS,p}$ est la consommation d'énergie électrique de la phase p de l'essai du type 1 en mode maintien de la charge, déterminée conformément au paragraphe 4.3 de la présente annexe, en Wh/km ;

$K_{fuel,FCHV,p}$ est le coefficient de correction de la consommation de carburant pour la correction de la phase p conformément au paragraphe 2.3.1.2 de l'appendice 2 de la présente annexe, en (kg/100 km)/(Wh/km) ;

p est le numéro d'ordre de la phase individuelle du cycle d'essai WLTP applicable.

4.2.2 Consommation de carburant pondérée en fonction des facteurs d'utilisation en mode épuisement de la charge pour les VHE-RE

La consommation de carburant pondérée en fonction des facteurs d'utilisation en mode épuisement de la charge, FC_{CD}, doit être calculée au moyen de l'équation suivante :

$$FC_{CD} = \frac{\sum_{j=1}^{k}(UF_j \times FC_{CD,j})}{\sum_{j=1}^{k} UF_j}$$

où :

FC_{CD} est la consommation de carburant pondérée en fonction des facteurs d'utilisation en mode épuisement de la charge, en l/100 km ;

$FC_{CD,j}$ est la consommation de carburant pour la phase j de l'essai d'épuisement de la charge du type 1, déterminée conformément au paragraphe 6 de l'annexe 7, en l/100 km ;

UF_j est le facteur d'utilisation de la phase j conformément à l'appendice 5 de la présente annexe ;

j est le numéro d'ordre de la phase considérée ;

k est le nombre de phases exécutées jusqu'à la fin du cycle de transition, conformément au paragraphe 3.2.4.4 de la présente annexe.

Dans le cas où la méthode d'interpolation est appliquée, k est le nombre de phases exécutées jusqu'à la fin du cycle de transition du véhicule L n_{veh_L}.

Si le nombre de cycles de transition exécutés par le véhicule H, n_{veh_H}, et, le cas échéant, par un véhicule donné au sein de la famille d'interpolation du véhicule, $n_{veh_{ind}}$, est inférieur au nombre de cycles de transition exécutés par le véhicule L n_{veh_L}, le cycle de confirmation du véhicule H, et, le cas échéant, du véhicule donné, doit être inclus dans le calcul. La consommation de carburant de chaque phase du cycle de confirmation doit être calculée conformément au paragraphe 6 de l'annexe 7, avec les émissions critères sur l'ensemble du cycle de confirmation et la valeur de CO_2 applicable, laquelle doit être corrigée pour la rapporter à une consommation d'énergie électrique de zéro, $EC_{DC,CD,j} = 0$, par application du coefficient de correction des émissions massiques de CO_2 (K_{CO2}) conformément à l'appendice 2 de la présente annexe.

4.2.3 Consommation de carburant pondérée en fonction des facteurs d'utilisation pour les VHE-RE

La consommation de carburant pondérée en fonction des facteurs d'utilisation pour l'essai du type 1 en mode épuisement de la charge et en mode maintien de la charge doit être calculée au moyen de l'équation suivante :

$$FC_{weighted} = \sum_{j=1}^{k}(UF_j \times FC_{CD,j}) + (1 - \sum_{j=1}^{k} UF_j) \times FC_{CS}$$

où :

$FC_{weighted}$ est la consommation de carburant pondérée en fonction des facteurs d'utilisation, en l/100 km ;

UF_j est le facteur d'utilisation de la phase j conformément à l'appendice 5 de la présente annexe ;

$FC_{CD,J}$ est la consommation de carburant pour la phase j de l'essai d'épuisement de la charge du type 1, déterminée conformément au paragraphe 6 de l'annexe 7, en l/100 km ;

FC_{CS} est la consommation de carburant déterminée conformément au tableau A8/6, étape nº 1, en l/100 km ;

j est le numéro d'ordre de la phase considérée ;

k est le nombre de phases exécutées jusqu'à la fin du cycle de transition, conformément au paragraphe 3.2.4.4 de la présente annexe.

Dans le cas où la méthode d'interpolation est appliquée, k est le nombre de phases exécutées jusqu'à la fin du cycle de transition du véhicule L n_{veh_L}.

Si le nombre de cycles de transition exécutés par le véhicule H, n_{veh_H}, et, le cas échéant, par un véhicule donné au sein de la famille d'interpolation du véhicule, $n_{veh_{ind}}$, est inférieur au nombre de cycles de transition exécutés par le véhicule L n_{veh_L}, le cycle de confirmation du véhicule H, et, le cas échéant, du véhicule donné, doit être inclus dans le calcul.

La consommation de carburant de chaque phase du cycle de confirmation doit être calculée conformément au paragraphe 6 de l'annexe 7, avec les émissions critères sur l'ensemble du cycle de confirmation et la valeur de CO_2 applicable, laquelle doit être corrigée pour la rapporter à une consommation d'énergie électrique de zéro, $EC_{DC,CD,j} = 0$, par application du coefficient de correction des émissions massiques de CO_2 (K_{CO2}) conformément à l'appendice 2 de la présente annexe.

4.3 Calcul de la consommation d'énergie électrique

Pour calculer la consommation d'énergie électrique sur la base de l'intensité et de la tension déterminées conformément à l'appendice 3 de la présente annexe, on applique l'équation suivante :

$$EC_{DC,j} = \frac{\Delta E_{REESS,j}}{d_j}$$

où :

$EC_{DC,J}$ est la consommation d'énergie électrique sur la période j considérée, compte tenu de l'épuisement de la charge du SRSEE, en Wh/km ;

$\Delta E_{REESS,j}$ est la variation d'énergie électrique de tous les SRSEE durant la période j considérée, en Wh ;

d_j est la distance parcourue sur la période j considérée, en km ;

et

$$\Delta E_{REESS,j} = \sum_{i=1}^{n} \Delta E_{REESS,j,i}$$

où :

$\Delta E_{REESS,j,i}$ est la variation d'énergie électrique du SRSEE i durant la période j considérée, en Wh ;

et

$$\Delta E_{REESS,j,i} = \frac{1}{3\,600} \times \int_{t_0}^{t_{end}} U(t)_{REESS,j,i} \times I(t)_{j,i}\, dt$$

où :

$U(t)_{REESS,j,i}$ est la tension du SRSEE i durant la période j considérée, déterminée conformément à l'appendice 3 de la présente annexe, en V ;

t_0 est le temps au début de la période j considérée, en s ;

t_{end} est le temps à la fin de la période j considérée, en s ;

$I(t)_{j,i}$ est l'intensité électrique du SRSEE i durant la période j considérée, déterminée conformément à l'appendice 3 de la présente annexe, en A ;

i est le numéro d'ordre du SRSEE considéré ;

n est le nombre total de SRSEE ;

j est le numéro d'ordre de la période considérée, une période pouvant être toute combinaison de phases ou de cycles ;

$\frac{1}{3600}$ est le facteur de conversion des Ws en Wh.

4.3.1 Consommation d'énergie électrique pondérée en fonction des facteurs d'utilisation en mode épuisement de la charge, basée sur l'énergie électrique rechargée depuis le secteur, pour les VHE-RE

La consommation d'énergie électrique pondérée en fonction des facteurs d'utilisation en mode épuisement de la charge, basée sur l'énergie électrique rechargée depuis le secteur, doit être calculée au moyen de l'équation suivante :

$$EC_{AC,CD} = \frac{\sum_{j=1}^{k}(UF_j \times EC_{AC,CD,j})}{\sum_{j=1}^{k} UF_j}$$

où :

$EC_{AC,CD}$ est la consommation d'énergie électrique pondérée en fonction des facteurs d'utilisation en mode épuisement de la charge, basée sur l'énergie électrique rechargée depuis le secteur, en Wh/km ;

UF_j est le facteur d'utilisation de la phase j conformément à l'appendice 5 de la présente annexe ;

$EC_{AC,CD,j}$ est la consommation d'énergie électrique basée sur l'énergie électrique rechargée depuis le secteur, pour la phase j, en Wh/km ;

et

$$EC_{AC,CD,j} = EC_{DC,CD,j} \times \frac{E_{AC}}{\sum_{j=1}^{k} \Delta E_{REESS,j}}$$

où :

$EC_{DC,CD,j}$ est la consommation d'énergie électrique, compte tenu de l'épuisement de la charge du SRSEE, pour la phase j de l'essai du type 1 en mode épuisement de la charge, conformément au paragraphe 4.3 de la présente annexe, en Wh/km ;

E_{AC} est l'énergie électrique récupérée par recharge par le réseau, déterminée conformément au paragraphe 3.2.4.6 de la présente annexe, en Wh ;

$\Delta E_{REESS,j}$ est la variation d'énergie électrique de tous les SRSEE pour la phase j, en Wh, conformément au paragraphe 4.3 de la présente annexe ;

j est le numéro d'ordre de la phase considérée ;

k est le nombre de phases exécutées jusqu'à la fin du cycle de transition conformément au paragraphe 3.2.4.4 de la présente annexe.

Dans le cas où une méthode d'interpolation est appliquée, k est le nombre de phases exécutées jusqu'à la fin du cycle de transition du véhicule L, n_{veh_L}.

4.3.2 Consommation d'énergie électrique pondérée en fonction des facteurs d'utilisation, basée sur l'énergie électrique rechargée depuis le secteur, pour les VHE-RE

La consommation d'énergie électrique pondérée en fonction des facteurs d'utilisation, basée sur l'énergie électrique rechargée depuis le secteur, doit être calculée au moyen de l'équation suivante :

$$EC_{AC,weighted} = \sum_{j=1}^{k}(UF_j \times EC_{AC,CD,j})$$

où :

$EC_{AC,weighted}$ est la consommation d'énergie électrique pondérée en fonction des facteurs d'utilisation, basée sur l'énergie électrique rechargée depuis le secteur, en Wh/km ;

UF_j est le facteur d'utilisation de la phase j conformément à l'appendice 5 de la présente annexe ;

$EC_{AC,CD,j}$ est la consommation d'énergie électrique basée sur l'énergie électrique rechargée depuis le secteur, pour la phase j, conformément au paragraphe 4.3.1 de la présente annexe, en Wh/km ;

j est le numéro d'ordre de la phase considérée ;

k est le nombre de phases exécutées jusqu'à la fin du cycle de transition conformément au paragraphe 3.2.4.4 de la présente annexe.

Dans le cas où une méthode d'interpolation est appliquée, k est le nombre de phases exécutées jusqu'à la fin du cycle de transition du véhicule L, n_{veh_L}.

4.3.3 Consommation d'énergie électrique pour les VHE-RE

4.3.3.1 Détermination de la consommation d'énergie électrique spécifique par cycle

La consommation d'énergie électrique basée sur l'énergie électrique rechargée depuis le secteur et sur l'autonomie équivalente en mode électrique pur doit être calculée au moyen de l'équation suivante :

$$EC = \frac{E_{AC}}{EAER}$$

où :

EC est la consommation d'énergie électrique du cycle d'essai WLTP applicable, basée sur l'énergie électrique rechargée depuis le secteur et sur l'autonomie équivalente en mode électrique pur, en Wh/km ;

E_{AC} est l'énergie électrique rechargée depuis le secteur, conformément au paragraphe 3.2.4.6 de la présente annexe, en Wh ;

EAER est l'autonomie équivalente en mode électrique pur, conformément au paragraphe 4.4.4.1 de la présente annexe, en km.

4.3.3.2 Détermination de la consommation d'énergie électrique spécifique par phase

La consommation d'énergie électrique spécifique par phase basée sur l'énergie électrique rechargée depuis le secteur et sur l'autonomie équivalente en mode électrique pur spécifique par phase doit être calculée au moyen de l'équation suivante :

$$EC_p = \frac{E_{AC}}{EAER_p}$$

où :

EC_P est la consommation d'énergie électrique spécifique par phase basée sur l'énergie électrique rechargée depuis le secteur et sur l'autonomie équivalente en mode électrique pur, en Wh/km ;

E_{AC} est l'énergie électrique rechargée depuis le secteur, conformément au paragraphe 3.2.4.6 de la présente annexe, en Wh ;

$EAER_p$ est l'autonomie équivalente en mode électrique pur spécifique par phase, conformément au paragraphe 4.4.4.2 de la présente annexe, en km.

4.3.4 Consommation d'énergie électrique des VEP

Les Parties contractantes ont le choix d'ignorer le calcul d'EC_{city} effectué conformément au paragraphe 4.3.4.2 de la présente annexe.

4.3.4.1 La consommation d'énergie électrique déterminée dans le présent paragraphe doit être calculée uniquement si le véhicule a pu suivre la courbe de vitesse du cycle d'essai applicable dans les limites de tolérance spécifiées au paragraphe 2.6.8.3 de l'annexe 6 durant toute la période considérée.

4.3.4.2 Détermination de la consommation d'énergie électrique du cycle d'essai WLTP applicable

La consommation d'énergie électrique du cycle d'essai WLTP applicable, basée sur l'énergie électrique rechargée depuis le secteur et sur l'autonomie du véhicule en mode électrique pur, doit être calculée au moyen de l'équation suivante :

$$EC_{WLTC} = \frac{E_{AC}}{PER_{WLTC}}$$

où :

EC_{WLTC} est la consommation d'énergie électrique du cycle d'essai WLTP applicable, basée sur l'énergie électrique rechargée depuis le secteur et sur l'autonomie du véhicule en mode électrique pur pour le cycle d'essai visé, en Wh/km ;

E_{AC} est l'énergie électrique rechargée depuis le secteur, conformément au paragraphe 3.4.4.3 de la présente annexe, en Wh ;

PER_{WLTC} est l'autonomie du véhicule en mode électrique pur pour le cycle d'essai WLTP applicable, telle que calculée conformément au paragraphe 4.4.2.1.1 ou 4.4.2.2.1 de la présente annexe, selon la procédure d'essai suivie, en km.

4.3.4.3 Détermination de la consommation d'énergie électrique du cycle d'essai WLTP urbain applicable

La consommation d'énergie électrique du cycle d'essai WLTP urbain applicable, basée sur l'énergie électrique rechargée depuis le secteur et sur l'autonomie du véhicule en mode électrique pur pour le cycle d'essai visé, doit être calculée au moyen de l'équation suivante :

$$EC_{city} = \frac{E_{AC}}{PER_{city}}$$

où :

EC_{city} est la consommation d'énergie électrique du cycle d'essai WLTP urbain applicable, basée sur l'énergie électrique rechargée depuis le secteur et sur l'autonomie du véhicule en mode électrique pur pour le cycle d'essai visé, en Wh/km ;

E_{AC} est l'énergie électrique rechargée depuis le secteur, conformément au paragraphe 3.4.4.3 de la présente annexe, en Wh ;

PER_{city} est l'autonomie du véhicule en mode électrique pur pour le cycle d'essai WLTP urbain applicable, telle que calculée conformément au paragraphe 4.4.2.1.2 ou 4.4.2.2.2 de la présente annexe, selon la procédure d'essai suivie, en km.

4.3.4.4 Détermination de la consommation d'énergie électrique pour chaque phase

La consommation d'énergie électrique pour chaque phase, basée sur l'énergie électrique rechargée depuis le secteur et sur l'autonomie du véhicule en mode électrique pur pour la phase visée, doit être calculée au moyen de l'équation suivante :

$$EC_p = \frac{E_{AC}}{PER_p}$$

où :

EC_p est la consommation d'énergie électrique de chaque phase p, basée sur l'énergie électrique rechargée depuis le secteur et sur l'autonomie du véhicule en mode électrique pur pour la phase visée, en Wh/km ;

E_{AC} est l'énergie électrique rechargée depuis le secteur, conformément au paragraphe 3.4.4.3 de la présente annexe, en Wh ;

PER_p est l'autonomie du véhicule en mode électrique pur pour la phase visée, telle que calculée conformément au paragraphe 4.4.2.1.3 ou 4.4.2.2.3 de la présente annexe, selon la procédure d'essai à suivre, en km.

4.4 Calcul des autonomies électriques

Les Parties contractantes ont le choix d'ignorer la détermination d'AER_{city} et de PER_{city}, et le calcul d'$EAER_{city}$.

4.4.1 Autonomies en mode électrique AER et AER_{city} pour les VHE-RE

4.4.1.1 Autonomie en mode électrique AER

L'autonomie en mode électrique AER pour les VHE-RE est déterminée à partir de l'essai d'épuisement de la charge du type 1, décrit au paragraphe 3.2.4.3 de la présente annexe en tant qu'essai faisant partie de la séquence d'essais de l'option 1, et mentionné au paragraphe 3.2.6.1 de la même annexe en tant qu'essai faisant partie de la séquence d'essais de l'option 3, en exécutant le cycle d'essai WLTP applicable conformément au paragraphe 1.4.2.1 de la présente annexe. L'autonomie AER correspond à la distance parcourue depuis le début de l'essai d'épuisement de la charge du type 1 jusqu'au moment où le moteur thermique commence à consommer du carburant.

4.4.1.2 Autonomie en mode électrique urbain AER_{city}

4.4.1.2.1 L'autonomie en mode électrique urbain AER_{city} pour les VHE-RE est déterminée à partir de l'essai d'épuisement de la charge du type 1, décrit au paragraphe 3.2.4.3 de la présente annexe en tant qu'essai faisant partie de la séquence d'essais de l'option 1, et mentionné au paragraphe 3.2.6.1 de la même annexe en tant qu'essai faisant partie de la séquence d'essais de l'option 3, en exécutant le cycle d'essai WLTP urbain applicable conformément au paragraphe 1.4.2.2 de la présente annexe. L'autonomie AER_{city} correspond à la distance parcourue depuis le début de l'essai d'épuisement de la charge du type 1 jusqu'au moment où le moteur thermique commence à consommer du carburant.

4.4.1.2.2 L'autonomie en mode électrique urbain AER_{city} peut également être déterminée à partir de l'essai d'épuisement de la charge du type 1, décrit au paragraphe 3.2.4.3 de la présente annexe, en exécutant les cycles d'essai WLTP applicables conformément au paragraphe 1.4.2.1 de la présente annexe. Dans ce cas, on ignore le cycle d'essai WLTP urbain applicable dans le cadre de l'essai d'épuisement de la charge du type 1 et on calcule l'autonomie en mode électrique urbain AER_{city} au moyen de l'équation suivante :

$$AER_{city} = \frac{UBE_{city}}{EC_{DC,city}}$$

où :

UBE_{city} est l'énergie utilisable du SRSEE, déterminée depuis le début de l'essai d'épuisement de la charge du type 1, décrit au paragraphe 3.2.4.3 de la présente annexe, en exécutant les cycles d'essai WLTP applicables jusqu'au moment où le moteur thermique commence à consommer du carburant, en Wh ;

$EC_{DC,city}$ est la consommation d'énergie électrique pondérée des cycles d'essai WLTP urbains applicables en mode électrique pur de l'essai d'épuisement de la charge du type 1, décrit au paragraphe 3.2.4.3 de la présente annexe, déterminée en exécutant le(s) cycle(s) d'essai WLTP applicable(s), en Wh/km ;

et

$$UBE_{city} = \sum_{j=1}^{k+1} \Delta E_{REESS,j}$$

où :

$\Delta E_{REESS,j}$ est la variation d'énergie électrique de tous les SRSEE durant la phase j, en Wh ;

j est le numéro d'ordre de la phase considérée ;

k+1 est le nombre de phases exécutées depuis le début de l'essai jusqu'au moment où le moteur thermique commence à consommer du carburant ;

et

$$EC_{DC,city} = \sum_{j=1}^{n_{city,pe}} EC_{DC,city,j} \times K_{city,j}$$

où :

$EC_{DC,city,j}$ est la consommation d'énergie électrique, en Wh/km, pour le j^e^ cycle d'essai WLTP urbain en mode électrique pur de l'essai d'épuisement de la charge du type 1, mené en exécutant les cycles d'essai WLTP applicables, conformément au paragraphe 3.2.4.3 de la présente annexe ;

$K_{city,j}$ est le facteur de pondération pour le j^e^ cycle d'essai WLTP urbain applicable en mode électrique pur de l'essai d'épuisement de la charge du type 1, mené en exécutant les cycles d'essai WLTP applicables, conformément au paragraphe 3.2.4.3 de la présente annexe ;

j est le numéro d'ordre du cycle d'essai WLTP urbain en mode électrique pur applicable considéré ;

$n_{city,pe}$ est le nombre de cycles d'essai WLTP urbain en mode électrique pur applicables ;

et

$$K_{city,1} = \frac{\Delta E_{REESS,city,1}}{UBE_{city}}$$

où :

$\Delta E_{REESS,city1}$ est la variation d'énergie électrique de tous les SRSEE durant le premier cycle d'essai WLTP urbain applicable de l'essai d'épuisement de la charge du type 1, en Wh ;

et

$$K_{city,j} = \frac{1-K_{city,1}}{n_{city,pe}-1} \text{ pour } j = 2 \text{ à } n_{city,pe}$$

4.4.2 Autonomie en mode électrique pur pour les VEP

Les autonomies déterminées dans le présent paragraphe doivent être calculées uniquement si le véhicule a pu suivre la courbe de vitesse du cycle d'essai WLTP applicable dans les limites de tolérance spécifiées au paragraphe 2.6.8.3 de l'annexe 6 durant toute la période considérée.

4.4.2.1 Détermination de l'autonomie en mode électrique pur dans le cas de l'application de la procédure d'essai du type 1 abrégée

4.4.2.1.1 L'autonomie en mode électrique pur des VEP pour le cycle d'essai WLTP applicable, PER_{WLTC}, doit être calculée à partir de l'essai du type 1 abrégé, tel que décrit au paragraphe 3.4.4.2 de la présente annexe, à l'aide des équations suivantes :

$$PER_{WLTC} = \frac{UBE_{STP}}{EC_{DC,WLTC}}$$

où :

UBE_{STP} est l'énergie utilisable du SRSEE, déterminée à partir du début de la procédure d'essai du type 1 abrégée jusqu'à ce que le critère de déconnexion tel que défini au paragraphe 3.4.4.2.3 de la présente annexe soit atteint, en Wh ;

$EC_{DC,WLTC}$ est la consommation d'énergie électrique pondérée pour le cycle d'essai WLTP applicable des segments dynamiques DS_1 et DS_2 de la procédure d'essai du type 1 abrégée, en Wh/km ;

et

$$UBE_{STP} = \Delta E_{REESS,DS_1} + \Delta E_{REESS,DS_2} + \Delta E_{REESS,CSS_M} + \Delta E_{REESS,CCS_E}$$

où :

$\Delta E_{REESS,DS_1}$ est la variation d'énergie électrique de tous les SRSEE durant le segment dynamique DS_1 de la procédure d'essai du type 1 abrégée, en Wh ;

$\Delta E_{REESS,DS_2}$ est la variation d'énergie électrique de tous les SRSEE durant le segment dynamique DS_2 de la procédure d'essai du type 1 abrégée, en Wh ;

$\Delta E_{REESS,CSS_M}$ est la variation d'énergie électrique de tous les SRSEE durant le segment à vitesse constante CSS_M de la procédure d'essai du type 1 abrégée, en Wh ;

$\Delta E_{REESS,CSS_E}$ est la variation d'énergie électrique de tous les SRSEE durant le segment à vitesse constante CSS_E de la procédure d'essai du type 1 abrégée, en Wh ;

et

$$EC_{DC,WLTC} = \sum_{j=1}^{2} EC_{DC,WLTC,j} \times K_{WLTC,j}$$

où :

$EC_{DC,WLTC,j}$ est la consommation d'énergie électrique pour le cycle d'essai WLTP applicable du segment dynamique DS_j de la procédure d'essai du type 1 abrégée, conformément au paragraphe 4.3 de la présente annexe, en Wh/km ;

$K_{WLTC,j}$ est le facteur de pondération pour le cycle d'essai WLTP applicable du segment dynamique DS_j de la procédure d'essai du type 1 abrégée ;

et

$$K_{WLTC,1} = \frac{\Delta E_{REESS,WLTC,1}}{UBE_{STP}} \text{ et } K_{WLTC,2} = 1 - K_{WLTC,1}$$

où :

$K_{WLTC,j}$ est le facteur de pondération, pour le cycle d'essai WLTP applicable, du segment dynamique DS_j de la procédure d'essai du type 1 abrégée ;

$\Delta E_{REESS,WLTC,1}$ est la variation d'énergie électrique de tous les SRSEE durant le cycle d'essai WLTP applicable du segment dynamique DS_1 de la procédure d'essai du type 1 abrégée, en Wh.

4.4.2.1.2 L'autonomie en mode électrique pur des VEP pour le cycle d'essai WLTP urbain applicable, PER_{city}, doit être calculée à partir de l'essai du type 1 abrégé, tel que décrit au paragraphe 3.4.4.2 de la présente annexe, à l'aide des équations suivantes :

$$PER_{city} = \frac{UBE_{STP}}{EC_{DC,city}}$$

où :

UBE_{STP} est l'énergie utilisable du SRSEE, conformément au paragraphe 4.4.2.1.1 de la présente annexe, en Wh ;

$EC_{DC,city}$ est la consommation d'énergie électrique pondérée pour le cycle d'essai WLTP urbain applicable des segments dynamiques DS_1 et DS_2 de la procédure d'essai du type 1 abrégée, en Wh/km ;

et

$$EC_{DC,city} = \sum_{j=1}^{4} EC_{DC,city,j} \times K_{city,j}$$

où :

$EC_{DC,city,j}$ est la consommation d'énergie électrique pour le cycle d'essai WLTP urbain applicable − le premier cycle d'essai WLTP urbain applicable de DS_1 étant noté j = 1, le second cycle d'essai WLTP urbain applicable de DS_1 étant noté j = 2, le premier cycle d'essai WLTP urbain applicable de DS_2 étant noté j = 3 et le second cycle d'essai WLTP urbain applicable de DS_2 étant noté j = 4 − de la procédure d'essai du type 1 abrégée, conformément au paragraphe 4.3 de la présente annexe, en Wh/km ;

$K_{city,j}$ est le facteur de pondération pour le cycle d'essai WLTP urbain applicable, le premier cycle d'essai WLTP urbain applicable de DS_1 étant noté j = 1, le second cycle d'essai WLTP urbain applicable de DS_1 étant noté j = 2, le premier cycle d'essai WLTP urbain applicable de DS_2 étant noté j = 3 et le second cycle d'essai WLTP urbain applicable de DS_2 étant noté j = 4 ;

et

$$K_{city,1} = \frac{\Delta E_{REESS,city,1}}{UBE_{STP}} \text{ et } K_{city,j} = \frac{1 - K_{city,1}}{3} \text{ pour } j = 2 \ldots 4$$

où :

$\Delta E_{REESS,city,1}$ est la variation d'énergie de tous les SRSEE durant le premier cycle d'essai WLTP urbain applicable du segment DS_1 de la procédure d'essai du type 1 abrégée, en Wh.

4.4.2.1.3 L'autonomie en mode électrique pur spécifique par phase pour les VEP, PER_p, doit être calculée à partir de l'essai du type 1, tel que décrit au paragraphe 3.4.4.2 de la présente annexe, en appliquant les équations suivantes :

$$PER_p = \frac{UBE_{STP}}{EC_{DC,p}}$$

où :

UBE_{STP} est l'énergie utilisable du SRSEE, conformément au paragraphe 4.4.2.1.1 de la présente annexe, en Wh ;

$EC_{DC,p}$ est la consommation d'énergie électrique pondérée pour chaque phase individuelle des segments DS_1 et DS_2 de la procédure d'essai du type 1 abrégée, en Wh/km ;

Dans le cas des phases à basse vitesse (p = low) et à vitesse moyenne (p = medium), les équations suivantes doivent être appliquées :

$$EC_{DC,p} = \sum_{j=1}^{4} EC_{DC,p,j} \times K_{p,j}$$

où :

$EC_{DC,p,j}$ est la consommation d'énergie électrique pour la phase p − la première phase p de DS_1 étant notée j = 1, la seconde phase p de DS_1 étant notée j = 2, la première phase p de DS_2 étant notée j = 3 et la seconde phase p de DS_2 étant notée j = 4 − de la procédure d'essai du type 1 abrégée, conformément au paragraphe 4.3 de la présente annexe, en Wh/km ;

$K_{p,j}$ est le facteur de pondération pour la phase p − la première phase p de DS_1 étant notée j = 1, la seconde phase p de DS_1 étant notée j = 2, la première phase p de DS_2 étant notée j = 3 et la seconde phase p de DS_2 étant notée j = 4 − de la procédure d'essai du type 1 abrégée ;

et

$$K_{p,1} = \frac{\Delta E_{REESS,p,1}}{UBE_{STP}} \text{ et } K_{p,j} = \frac{1 - K_{p,1}}{3} \text{ pour } j = 2 \ldots 4$$

où :

$\Delta E_{REESS,p,1}$ est la variation d'énergie de tous les SRSEE durant la première phase p du segment DS_1 de la procédure d'essai du type 1 abrégée, en Wh.

Dans le cas des phases à haute vitesse (p = high) et à extra-haute vitesse (p = extra high), les équations suivantes doivent être appliquées :

$$EC_{DC,p} = \sum_{j=1}^{2} EC_{DC,p,j} \times K_{p,j}$$

où :

$EC_{DCp,j}$ est la consommation d'énergie électrique pour la phase p du segment DS_j de la procédure d'essai du type 1 abrégée, conformément au paragraphe 4.3 de la présente annexe, en Wh/km ;

$K_{p,j}$ est le facteur de pondération pour la phase p du segment DS_j de la procédure d'essai du type 1 abrégée ;

et

$$K_{p,1} = \frac{\Delta E_{REESS,p,1}}{UBE_{STP}} \text{ et } K_{p,2} = 1 - K_{p,1}$$

où :

$\Delta E_{REESS,p,1}$ est la variation d'énergie électrique de tous les SRSEE durant la première phase p du segment DS_1 de la procédure d'essai du type 1 abrégée, en Wh.

4.4.2.2 Détermination de l'autonomie en mode électrique pur dans le cas de l'application de la procédure d'essai du type 1 avec cycles consécutifs

4.4.2.2.1 L'autonomie en mode électrique pur des VEP pour le cycle d'essai WLTP applicable, PER_{WLTP}, doit être calculée à partir de l'essai du type 1, tel que décrit au paragraphe 3.4.4.1 de la présente annexe, en appliquant les équations suivantes :

$$PER_{WLTC} = \frac{UBE_{CCP}}{EC_{DC,WLTC}}$$

où :

UBE_{CCP} est l'énergie utilisable du SRSEE, déterminée à partir du début de la procédure d'essai du type 1 avec cycles consécutifs, jusqu'à ce que le critère de déconnexion tel que défini au paragraphe 3.4.4.1.3 de la présente annexe soit atteint, en Wh ;

$EC_{DC,WLTC}$ est la consommation d'énergie électrique pour le cycle d'essai WLTP applicable, déterminée à partir des cycles d'essai WLTP applicables entièrement exécutés de la procédure d'essai du type 1 avec cycles consécutifs, en Wh/km ;

et

$$UBE_{CCP} = \sum_{j=1}^{k} \Delta E_{REESS,j}$$

où :

$\Delta E_{REESS,j}$ est la variation d'énergie électrique de tous les SRSEE durant la phase j de la procédure d'essai du type 1 avec cycles consécutifs, en Wh ;

j est le numéro d'ordre de la phase ;

k est le nombre de phases exécutées depuis le début, jusqu'à la phase à laquelle le critère de déconnexion est atteint, cette phase étant incluse ;

et

$$EC_{DC,WLTC} = \sum_{j=1}^{n_{WLTC}} EC_{DC,WLTC,j} \times K_{WLTC,j}$$

où :

$EC_{DC,WLTC,j}$ est la consommation d'énergie électrique pour le cycle d'essai WLTP applicable j de la procédure d'essai du type 1 avec cycles consécutifs, conformément au paragraphe 4.3 de la présente annexe, en Wh/km ;

$K_{WLTC,j}$ est le facteur de pondération pour le cycle d'essai WLTP applicable j de la procédure d'essai du type 1 avec cycles consécutifs ;

j est le numéro d'ordre du cycle d'essai WLTP applicable ;

n_{WLTC} est le nombre entier de cycles d'essai WLTP applicables entièrement exécutés ;

et

$$K_{WLTC,1} = \frac{\Delta E_{REESS,WLTC,1}}{UBE_{CCP}} \text{ et } K_{WLTC,j} = \frac{1 - K_{WLTC,1}}{n_{WLTC} - 1} \text{ pour } j = 2 \ldots n_{WLTC}$$

où :

$\Delta E_{REESS,WLTC,1}$ est la variation d'énergie électrique de tous les SRSEE durant le premier cycle d'essai WLTP applicable de la procédure d'essai du type 1 avec cycles consécutifs, en Wh.

4.4.2.2.2 L'autonomie en mode électrique pur des VEP pour le cycle d'essai WLTP urbain, PER_{city}, doit être calculée à partir de l'essai du type 1, tel que décrit au paragraphe 3.4.4.1 de la présente annexe, en appliquant les équations suivantes :

$$AER_{city} = \frac{UBE_{city}}{EC_{DC,city}}$$

où :

UBE_{CCP} est l'énergie utilisable du SRSEE, conformément au paragraphe 4.4.2.2.1 de la présente annexe, en Wh ;

$EC_{DC,city}$ est la consommation d'énergie électrique pour le cycle d'essai WLTP urbain applicable, déterminée à partir des cycles d'essai WLTP urbains applicables entièrement exécutés de la procédure d'essai du type 1 avec cycles consécutifs, en Wh/km ;

et

$$EC_{DC,city} = \sum_{j=1}^{n_{city}} EC_{DC,city,j} \times K_{city,j}$$

où :

$EC_{DCcity,j}$ est la consommation d'énergie électrique pour le cycle d'essai WLTP urbain applicable j de la procédure d'essai du type 1 avec cycles consécutifs, conformément au paragraphe 4.3 de la présente annexe, en Wh/km ;

$K_{city,j}$ est le facteur de pondération pour le cycle d'essai WLTP urbain applicable j de la procédure d'essai du type 1 avec cycles consécutifs ;

j est le numéro d'ordre du cycle d'essai WLTP urbain applicable ;

n_{city} est le nombre entier de cycles d'essai WLTP urbains applicables entièrement exécutés ;

et

$$K_{city,1} = \frac{\Delta E_{REESS,city,1}}{UBE_{CCP}} \text{ et } K_{city,j} = \frac{1 - K_{city,1}}{n_{city} - 1} \text{ pour } j = 2 \ldots n_{city}$$

où :

$\Delta E_{REESS,city,1}$ est la variation d'énergie électrique de tous les SRSEE durant le premier cycle d'essai WLTP urbain applicable de la procédure d'essai du type 1 avec cycles consécutifs, en Wh.

4.4.2.2.3 L'autonomie en mode électrique pur spécifique par phase pour les VEP, PER_p, doit être calculée à partir de l'essai du type 1, tel que décrit au paragraphe 3.4.4.1 de la présente annexe, en appliquant les équations suivantes :

$$PER_p = \frac{UBE_{CCP}}{EC_{DC,p}}$$

où :

UBE_{CCP} est l'énergie utilisable du SRSEE, conformément au paragraphe 4.4.2.2.1 de la présente annexe, en Wh ;

$EC_{DC,p}$ est la consommation d'énergie électrique pour la phase p considérée, déterminée à partir des phases p entièrement exécutées de la procédure d'essai du type 1 avec cycles consécutifs, en Wh/km ;

et

$$EC_{DC,p} = \sum_{j=1}^{n_p} EC_{DC,p,j} \times K_{p,j}$$

où :

$EC_{DC,p,j}$ est la j^e consommation d'énergie électrique pour la phase p considérée de la procédure d'essai du type 1 avec cycles consécutifs, conformément au paragraphe 4.3 de la présente annexe, en Wh/km ;

$K_{p,j}$ est le j^e facteur de pondération pour la phase p considérée de la procédure d'essai du type 1 avec cycles consécutifs ;

j est le numéro d'ordre de la phase p considérée ;

n_p est le nombre entier de phases p WLTC entièrement exécutées ;

et

$$K_{p,1} = \frac{\Delta E_{REESS,p,1}}{UBE_{CCP}} \text{ et } K_{p,j} = \frac{1 - K_{p,1}}{n_p - 1} \text{ pour } j = 2 \ldots n_p$$

où :

$\Delta E_{REESS,p,1}$ est la variation d'énergie électrique de tous les SRSEE durant la première phase p exécutée de la procédure d'essai du type 1 avec cycles consécutifs, en Wh.

4.4.3 Autonomie en mode cycle d'épuisement de la charge pour les VHE-RE

L'autonomie en mode cycle d'épuisement de la charge, R_{CDC}, est déterminée à partir de l'essai d'épuisement de la charge du type 1, décrit au paragraphe 3.2.4.3 de la présente annexe en tant qu'essai faisant partie de la séquence d'essais de l'option 1, et mentionné au paragraphe 3.2.6.1 de la même annexe en tant qu'essai faisant partie de la séquence d'essais de l'option 3. R_{CDC} est la distance parcourue depuis le début de l'essai d'épuisement de la charge du type 1 jusqu'à la fin du cycle de transition, conformément au paragraphe 3.2.4.4 de la présente annexe.

4.4.4 Autonomie équivalente en mode électrique pur pour les VHE-RE

4.4.4.1 Détermination de l'autonomie équivalente en mode électrique pur spécifique par cycle

L'autonomie équivalente en mode électrique pur spécifique par cycle doit être calculée au moyen de l'équation suivante :

$$EAER = \left(\frac{M_{CO2,CS} - M_{CO2,CD,avg}}{M_{CO2,CS}}\right) \times R_{CDC}$$

où :

EAER est l'autonomie équivalente en mode électrique pur spécifique par cycle, en km ;

$M_{CO2,CS}$ désigne les émissions massiques de CO_2 en mode maintien de la charge conformément au tableau A8/5, étape n° 7, en g/km ;

$M_{CO2,CD,avg}$ est la moyenne arithmétique des émissions massiques de CO_2 en mode maintien de la charge, déterminée au moyen de l'équation ci-après, en g/km ;

R_{CDC} est l'autonomie en mode cycle d'épuisement de la charge conformément au paragraphe 4.4.2 de la présente annexe, en km ;

et

$$M_{CO2,CD,avg} = \frac{\sum_{j=1}^{k}(M_{CO2,CD,j} \times d_j)}{\sum_{j=1}^{k} d_j}$$

où :

$MC_{O2,CD,avg}$ est la moyenne arithmétique des émissions massiques de CO_2 en mode maintien de la charge, en g/km ;

$MC_{O2,CD,j}$ désigne les émissions massiques de CO_2, déterminées conformément au paragraphe 3.2.1 de l'annexe 7, de la phase j de l'essai d'épuisement de la charge du type 1, en g/km ;

d_j est la distance parcourue durant la phase j de l'essai d'épuisement de la charge du type 1, en km ;

j est le numéro d'ordre de la phase considérée ;

k est le nombre de phases exécutées jusqu'à la fin du cycle de transition n, conformément au paragraphe 3.2.4.4 de la présente annexe.

4.4.4.2 Détermination de l'autonomie équivalente en mode électrique pur spécifique par phase

L'autonomie équivalente en mode électrique pur spécifique par phase doit être calculée au moyen de l'équation suivante :

$$EAER_p = \left(\frac{M_{CO2,CS,p} - M_{CO2,CD,avg,p}}{M_{CO2,CS,p}}\right) \times \frac{\sum_{j=1}^{k} \Delta E_{REESS,j}}{EC_{DC,CD,p}}$$

où :

$EAER_p$ est l'autonomie équivalente en mode électrique pur spécifique par phase pour la phase p considérée, en km ;

$M_{CO2,CS,p}$ désigne les émissions massiques de CO_2 spécifiques par phase de l'essai du type 1 en mode maintien de la charge pour la phase p considérée, conformément au tableau A8/5, étape n° 7, en g/km ;

$\Delta E_{REESS,j}$ est la variation d'énergie électrique de tous les SRSEE durant la phase j considérée, en Wh ;

$EC_{DC.CD,p}$ est la consommation d'énergie électrique durant la phase p considérée, compte tenu de l'épuisement de la charge du SRSEE, en Wh/km ;

j est le numéro d'ordre de la phase considérée ;

k est le nombre de phases exécutées jusqu'à la fin du cycle de transition n, conformément au paragraphe 3.2.4.4 de la présente annexe ;

et

$$M_{CO2,CD,avg,p} = \frac{\sum_{c=1}^{n_c}(M_{CO2,CD,p,c} \times d_{p,c})}{\sum_{c=1}^{n_c} d_{p,c}}$$

où :

$M_{CO2,CD,avg,p}$ est la moyenne arithmétique des émissions massiques de CO_2 en mode maintien de la charge pour la phase p considérée, en g/km ;

$M_{CO2,CD,p,c}$ désigne les émissions massiques de CO_2, déterminées conformément au paragraphe 3.2.1 de l'annexe 7, de la phase p du cycle c de l'essai d'épuisement de la charge du type 1, en g/km ;

$d_{p,c}$ est la distance parcourue durant la phase p considérée du cycle c de l'essai d'épuisement de la charge du type 1, en km ;

c est le numéro d'ordre du cycle d'essai WLTP applicable considéré ;

p est le numéro d'ordre de la phase individuelle du cycle d'essai WLTP applicable ;

n_c est le nombre de cycles d'essai WLTP applicables exécutés jusqu'à la fin du cycle de transition n, conformément au paragraphe 3.2.4.4 de la présente annexe ;

et

$$EC_{DC,CD,p} = \frac{\sum_{c=1}^{n_c} EC_{DC,CD,p,c} \times d_{p,c}}{\sum_{c=1}^{n_c} d_{p,c}}$$

où :

$EC_{DC.CD,p}$ est la consommation d'énergie électrique de la phase p considérée compte tenu de l'épuisement de la charge du SRSEE au cours de l'essai d'épuisement de la charge du type 1, en Wh/km ;

$EC_{DC.CD,p,c}$ est la consommation d'énergie électrique de la phase p considérée du cycle c, compte tenu de l'épuisement de la charge du SRSEE au cours de l'essai d'épuisement de la charge du type 1, conformément au paragraphe 4.3 de la présente annexe, en Wh/km ;

$d_{p,c}$ est la distance parcourue durant la phase p considérée du cycle c de l'essai d'épuisement de la charge du type 1, en km ;

c est le numéro d'ordre du cycle d'essai WLTP applicable considéré ;

p est le numéro d'ordre de la phase individuelle du cycle d'essai WLTP applicable ;

n_c est le nombre de cycles d'essai WLTP applicables exécutés jusqu'à la fin du cycle de transition n, conformément au paragraphe 3.2.4.4 de la présente annexe.

Les phases considérées sont les suivantes : phase basse (low), phase moyenne (medium), phase haute (high) et phase extra-haute (extra high), et le cycle de conduite urbaine. Dans le cas où une Partie contractante demande que la phase extra-haute soit exclue, celle-ci doit être omise.

4.4.5 Autonomie réelle en mode épuisement de la charge pour les VHE-RE

L'autonomie réelle en mode épuisement de la charge doit être calculée au moyen de l'équation suivante :

$$R_{CDA} = \sum_{c=1}^{n-1} d_c + \left(\frac{M_{CO2,CS} - M_{CO2,n,cycle}}{M_{CO2,CS} - M_{CO2,CD,avg,n-1}}\right) \times d_n$$

où :

R_{CDA} est l'autonomie réelle en mode épuisement de la charge, en km ;

$M_{CO2,CS}$ désigne les émissions massiques de CO_2 en mode maintien de la charge conformément au tableau A8/5, étape nº 7, en g/km ;

$M_{CO2,n,cycle}$ désigne les émissions massiques de CO_2 du cycle d'essai WLTP applicable n de l'essai d'épuisement de la charge du type 1, en g/km ;

$M_{CO2,CD,avg,n-1}$ est la moyenne arithmétique des émissions massiques de CO_2 de l'essai d'épuisement de la charge du type 1 depuis le début de l'essai jusqu'au cycle d'essai WLTP applicable (n-1), celui-ci étant inclus, en g/km ;

d_c est la distance parcourue durant le cycle d'essai WLTP applicable c de l'essai d'épuisement de la charge du type 1, en km ;

d_n est la distance parcourue durant le cycle d'essai WLTP applicable n de l'essai d'épuisement de la charge du type 1, en km ;

c est le numéro d'ordre du cycle d'essai WLTP applicable considéré ;

n est le nombre de cycles d'essai WLTP applicables exécutés, y compris le cycle de transition, conformément au paragraphe 3.2.4.4 de la présente annexe ;

et

$$M_{CO2,CD,avg,n-1} = \frac{\sum_{c=1}^{n-1}(M_{CO2,CD,c} \times d_c)}{\sum_{c=1}^{n-1} d_c}$$

où :

$M_{CO2,CD,avg,n-1}$ est la moyenne arithmétique des émissions massiques de CO_2 de l'essai d'épuisement de la charge du type 1 depuis le début de l'essai jusqu'au cycle d'essai WLTP applicable (n-1), celui-ci étant inclus, en g/km ;

$M_{CO2,CD,c}$ désigne les émissions massiques de CO_2, déterminées conformément au paragraphe 3.2.1 de l'annexe 7, du cycle d'essai WLTP applicable c de l'essai d'épuisement de la charge du type 1, en g/km ;

d_c est la distance parcourue durant le cycle d'essai WLTP applicable c de l'essai d'épuisement de la charge du type 1, en km ;

c est le numéro d'ordre du cycle d'essai WLTP applicable considéré ;

n est le nombre de cycles d'essai WLTP applicables exécutés, y compris le cycle de transition, conformément au paragraphe 3.2.4.4 de la présente annexe.

4.5 Interpolation de valeurs de véhicules donnés

4.5.1 Plage d'interpolation pour les VHE-NRE et les VHE-RE

La méthode d'interpolation ne doit être appliquée que dans le cas où la différence relative aux émissions massiques de CO_2 en mode maintien de la charge, $M_{CO2,CS}$ conformément au tableau A8/5, étape nº 8, entre les véhicules d'essai L et H, est comprise entre la valeur minimale de 5 g/km et la valeur maximale de 20 g/km ou correspond à 20 % de $M_{CO2,CS}$ pour le véhicule H,

conformément au tableau A8/5, étape nº 8, la plus petite des deux valeurs étant retenue.

À la demande du constructeur et sous réserve de l'approbation de l'autorité compétente, l'application de la méthode d'interpolation aux valeurs de véhicules donnés au sein d'une famille de véhicules peut être étendue, à condition que l'extrapolation maximale ne soit pas supérieure à 3 g/km au-delà des émissions massiques de CO_2 en mode maintien de la charge du véhicule H et/ou ne soit pas supérieure à 3 g/km en deçà des émissions massiques de CO_2 en mode maintien de la charge du véhicule L. L'extension n'est valable que dans les limites absolues de la plage d'interpolation indiquée dans le présent paragraphe.

La limite maximale absolue de 20 g/km de différence dans les émissions massiques de CO_2 en mode maintien de la charge entre le véhicule L et le véhicule H, ou de 20 % des émissions massiques de CO_2 en mode maintien de la charge du véhicule H, selon celle des deux valeurs qui est la plus petite, peut être étendue à raison de 10 g/km si l'on met à l'épreuve un véhicule M. Le véhicule M est, au sein de la famille d'interpolation, un véhicule pour lequel la demande d'énergie sur le cycle se situe à ±10 % de la moyenne arithmétique pour les véhicules L et H.

La linéarité des émissions massiques de CO_2 en mode maintien de la charge pour le véhicule M doit être vérifiée par rapport aux émissions massiques de CO_2 en mode maintien de la charge linéaires interpolées entre les véhicules L et H.

Il est satisfait au critère de linéarité pour le véhicule M lorsque la différence entre les émissions massiques de CO_2 en mode maintien de la charge dérivées de la mesure et les émissions massiques de CO_2 en mode maintien de la charge interpolées entre les véhicules L et H est inférieure à 1 g/km. Si cette différence est supérieure, il est satisfait au critère de linéarité lorsque la différence est de 3 g/km ou de 3 % des émissions massiques de CO_2 en mode maintien de la charge interpolées pour le véhicule M, la plus petite des deux valeurs étant retenue.

S'il est satisfait au critère de linéarité, la méthode d'interpolation est applicable à tous les véhicules entre les véhicules L et H faisant partie de la famille d'interpolation.

S'il n'est pas satisfait au critère de linéarité, la famille d'interpolation doit être subdivisée en deux sous-familles, l'une pour les véhicules dont la demande d'énergie sur le cycle se situe entre celle des véhicules L et M, et l'autre pour les véhicules dont la demande d'énergie sur le cycle se situe entre celle des véhicules M et H.

Pour les véhicules dont la demande d'énergie sur le cycle se situe entre celles des véhicules L et M, chaque paramètre du véhicule H nécessaire pour l'application de la méthode d'interpolation aux valeurs VHE-RE et VHE-NRE individuelles doit être remplacé par le paramètre correspondant du véhicule M.

Pour les véhicules dont la demande d'énergie sur le cycle se situe entre celles des véhicules M et H, chaque paramètre du véhicule L qui est nécessaire pour l'application de la méthode d'interpolation aux valeurs VHE-RE et VHE-NRE individuelles doit être remplacé par le paramètre correspondant du véhicule M.

4.5.2 Calcul de la demande d'énergie par période

La demande d'énergie $E_{k,p}$ et la distance parcourue $d_{c,p}$ par période p applicable aux véhicules donnés dans la famille d'interpolation doit être calculée en suivant la procédure décrite au paragraphe 5 de l'annexe 7, pour les ensembles k de coefficients de résistance à l'avancement sur route et de masses conformément au paragraphe 3.2.3.2.3 de l'annexe 7.

4.5.3 Calcul du coefficient d'interpolation $K_{ind,p}$ pour les véhicules donnés

Le coefficient d'interpolation $K_{ind,p}$ par période doit être calculé pour chaque période p considérée au moyen de l'équation suivante :

$$K_{ind,p} = \frac{E_{3,p} - E_{1,p}}{E_{2,p} - E_{1,p}}$$

où :

$K_{ind,p}$ est le coefficient d'interpolation pour le véhicule donné considéré pour la période p ;

$E_{1,p}$ est la demande d'énergie pour la période considérée pour le véhicule L conformément au paragraphe 5 de l'annexe 7, en Ws ;

$E_{2,p}$ est la demande d'énergie pour la période considérée pour le véhicule H conformément au paragraphe 5 de l'annexe 7, en Ws ;

$E_{3,p}$ est la demande d'énergie pour la période considérée pour le véhicule donné conformément au paragraphe 5 de l'annexe 7, en Ws ;

p est le numéro d'ordre de la période considérée du cycle d'essai applicable.

Si la période considérée p est le cycle d'essai WLTP applicable, $K_{ind,p}$ est dénommé K_{ind}.

4.5.4 Interpolation des émissions massiques de CO_2 pour les véhicules donnés

4.5.4.1 Émissions massiques de CO_2 en mode maintien de la charge pour les VHE-RE et les VHE-NRE individuels

Les émissions massiques de CO_2 en mode maintien de la charge pour un véhicule donné doivent être calculées au moyen de l'équation suivante :

$$M_{CO2-int,CS,p} = M_{CO2-L,CS,p} + K_{ind,p} \times \left(M_{CO2-H,CS,p} - M_{CO2-L,CS,p}\right)$$

où :

$M_{CO2-ind,CS,p}$ désigne les émissions massiques de CO_2 en mode maintien de la charge pour un véhicule donné sur la période p considérée conformément au tableau A8/5, étape nº 9, en g/km ;

$M_{CO2-L,CS,p}$ désigne les émissions massiques de CO_2 en mode maintien de la charge pour le véhicule L sur la période p considérée conformément au tableau A8/5, étape nº 8, en g/km ;

$M_{CO2-H,CS,p}$ désigne les émissions massiques de CO_2 en mode maintien de la charge pour le véhicule H sur la période p considérée conformément au tableau A8/5, étape nº 8, en g/km ;

$K_{ind,p}$ est le coefficient d'interpolation pour le véhicule donné considéré pour la période p ;

p est le numéro d'ordre de la période considérée du cycle d'essai WLTP applicable.

Les périodes considérées sont les suivantes : phase basse (low), phase moyenne (medium), phase haute (high) et phase extra-haute (extra high), et le cycle d'essai WLTP applicable. Dans le cas où une Partie contractante demande que la phase extra-haute soit exclue, celle-ci doit être omise.

4.5.4.2 Émissions massiques de CO_2 pondérées en fonction des facteurs d'utilisation en mode épuisement de la charge pour les VHE-RE individuels

Les émissions massiques de CO_2 pondérées en fonction des facteurs d'utilisation en mode épuisement de la charge pour un véhicule donné doivent être calculées au moyen de l'équation suivante :

$$M_{CO2-ind,CD} = M_{CO2-L,CD} + K_{ind} \times (M_{CO2-H,CD} - M_{CO2-L,CD})$$

où :

$M_{CO2-ind,CD}$ désigne les émissions massiques de CO_2 pondérées en fonction des facteurs d'utilisation en mode épuisement de la charge pour un véhicule donné, en g/km ;

$M_{CO2-L,CD}$ désigne les émissions massiques de CO_2 pondérées en fonction des facteurs d'utilisation en mode épuisement de la charge pour le véhicule L, en g/km ;

$M_{CO2-H,CD}$ désigne les émissions massiques de CO_2 pondérées en fonction des facteurs d'utilisation en mode épuisement de la charge pour le véhicule H, en g/km ;

K_{ind} est le coefficient d'interpolation pour le véhicule donné considéré pour le cycle d'essai WLTP applicable.

4.5.4.3 Émissions massiques de CO_2 pondérées en fonction des facteurs d'utilisation pour les VHE-RE individuels

Les émissions massiques de CO_2 pondérées en fonction des facteurs d'utilisation pour un véhicule donné doivent être calculées au moyen de l'équation suivante :

$$M_{CO2-ind,weighted} = M_{CO2-L,weighted} + K_{ind} \times (M_{CO2-H,weighted} - M_{CO2-L,weighted})$$

où :

$M_{CO2-ind,weighted}$ désigne les émissions massiques de CO_2 pondérées en fonction des facteurs d'utilisation pour un véhicule donné, en g/km ;

$M_{CO2-L,weighted}$ désigne les émissions massiques de CO_2 pondérées en fonction des facteurs d'utilisation pour le véhicule L, en g/km ;

$M_{CO2-H,weighted}$ désigne les émissions massiques de CO_2 pondérées en fonction des facteurs d'utilisation pour le véhicule H, en g/km ;

K_{ind} est le coefficient d'interpolation pour le véhicule donné considéré pour le cycle d'essai WLTP applicable.

4.5.5 Interpolation de la consommation de carburant pour les véhicules donnés

4.5.5.1 Consommation de carburant en mode maintien de la charge pour les VHE-RE et les VHE-NRE individuels

La consommation de carburant en mode maintien de la charge pour un véhicule donné doit être calculée au moyen de l'équation suivante :

$$FC_{ind,CS,p} = FC_{L,CS,p} + K_{ind,p} \times (FC_{H,CS,p} - FC_{L,CS,p})$$

où :

$FC_{ind,CS,p}$ est la consommation de carburant en mode maintien de la charge pour un véhicule donné sur la période p considérée conformément au tableau A8/6, étape n° 3, en l/100 km ;

$FC_{L,CS,p}$ est la consommation de carburant en mode maintien de la charge pour le véhicule L sur la période p considérée conformément au tableau A8/6, étape n° 2, en l/100 km ;

$FC_{H,CS,p}$ est la consommation de carburant en mode maintien de la charge pour le véhicule H sur la période p considérée conformément au tableau A8/6, étape nº 2, en l/100 km ;

$K_{ind,p}$ est le coefficient d'interpolation pour le véhicule donné considéré sur la période p ;

p est le numéro d'ordre de la période considérée du cycle d'essai WLTP applicable.

Les périodes considérées sont les suivantes : phase basse (low), phase moyenne (medium), phase haute (high) et phase extra-haute (extra high), et le cycle d'essai WLTP applicable. Dans le cas où une Partie contractante demande que la phase extra-haute soit exclue, celle-ci doit être omise.

4.5.5.2 Consommation de carburant pondérée en fonction des facteurs d'utilisation en mode épuisement de la charge pour les VHE-RE individuels

La consommation de carburant pondérée en fonction des facteurs d'utilisation en mode épuisement de la charge pour un véhicule donné doit être calculée au moyen de l'équation suivante :

$$FC_{ind,CD} = FC_{L,CD} + K_{ind} \times (FC_{H,CD} - FC_{L,CD})$$

où :

$FC_{ind,CD}$ est la consommation de carburant pondérée en fonction des facteurs d'utilisation en mode épuisement de la charge pour un véhicule donné, en l/100 km ;

$FC_{L,CD}$ est la consommation de carburant pondérée en fonction des facteurs d'utilisation en mode épuisement de la charge pour le véhicule L, en l/100 km ;

$FC_{H,CD}$ est la consommation de carburant pondérée en fonction des facteurs d'utilisation en mode épuisement de la charge pour le véhicule H, en l/100 km ;

K_{ind} est le coefficient d'interpolation pour le véhicule donné considéré pour le cycle d'essai WLTP applicable.

4.5.5.3 Consommation de carburant pondérée en fonction des facteurs d'utilisation pour les VHE-RE individuels

La consommation de carburant pondérée en fonction des facteurs d'utilisation pour un véhicule donné doit être calculée au moyen de l'équation suivante :

$$FC_{ind,weighted} = FC_{L,weighted} + K_{ind} \times (FC_{H,weighted} - FC_{L,weighted})$$

où :

$FC_{ind,weighted}$ est la consommation de carburant pondérée en fonction des facteurs d'utilisation pour un véhicule donné, en l/100 km ;

$FC_{L,weighted}$ est la consommation de carburant pondérée en fonction des facteurs d'utilisation pour le véhicule L, en l/100 km ;

$FC_{H,weighted}$ est la consommation de carburant pondérée en fonction des facteurs d'utilisation pour le véhicule H, en l/100 km ;

K_{ind} est le coefficient d'interpolation pour le véhicule donné considéré pour le cycle d'essai WLTP applicable.

4.5.6 Interpolation de la consommation d'énergie électrique pour les véhicules donnés

4.5.6.1 Consommation d'énergie électrique pondérée en fonction des facteurs d'utilisation en mode épuisement de la charge, basée sur l'énergie électrique rechargée depuis le secteur, pour les VHE-RE individuels

La consommation d'énergie électrique pondérée en fonction des facteurs d'utilisation en mode épuisement de la charge, basée sur l'énergie électrique rechargée depuis le secteur, pour un véhicule donné, doit être calculée au moyen de l'équation suivante :

$$EC_{AC-ind,CD} = EC_{AC-L,CD} + K_{ind} \times (EC_{AC-H,CD} - EC_{AC-L,CD})$$

où :

$EC_{AC-ind,CD}$ est la consommation d'énergie électrique pondérée en fonction des facteurs d'utilisation en mode épuisement de la charge, basée sur l'énergie électrique rechargée depuis le secteur, pour un véhicule donné, en Wh/km ;

$EC_{AC-L,CD}$ est la consommation d'énergie électrique pondérée en fonction des facteurs d'utilisation en mode épuisement de la charge, basée sur l'énergie électrique rechargée depuis le secteur, pour le véhicule L, en Wh/km ;

$EC_{AC-H,CD}$ est la consommation d'énergie électrique pondérée en fonction des facteurs d'utilisation en mode épuisement de la charge, basée sur l'énergie électrique rechargée depuis le secteur, pour le véhicule H, en Wh/km ;

K_{ind} est le coefficient d'interpolation pour le véhicule donné considéré pour le cycle d'essai WLTP applicable.

4.5.6.2 Consommation d'énergie électrique pondérée en fonction des facteurs d'utilisation, basée sur l'énergie électrique rechargée depuis le secteur, pour les VHE-RE individuels

La consommation d'énergie électrique pondérée en fonction des facteurs d'utilisation, basée sur l'énergie électrique rechargée depuis le secteur, pour un véhicule donné, doit être calculée au moyen de l'équation suivante :

$$EC_{AC-ind,weighted} = EC_{AC-L,weighted} + K_{ind} \times (EC_{AC-H,weighted} - EC_{AC-L,weighted})$$

où :

$EC_{AC-ind,weighted}$ est la consommation d'énergie électrique pondérée en fonction des facteurs d'utilisation, basée sur l'énergie électrique rechargée depuis le secteur, pour un véhicule donné, en Wh/km ;

$EC_{AC-L,weighted}$ est la consommation d'énergie électrique pondérée en fonction des facteurs d'utilisation, basée sur l'énergie électrique rechargée depuis le secteur, pour le véhicule L, en Wh/km ;

$EC_{AC-H,weighted}$ est la consommation d'énergie électrique pondérée en fonction des facteurs d'utilisation, basée sur l'énergie électrique rechargée depuis le secteur, pour le véhicule H, en Wh/km ;

K_{ind} est le coefficient d'interpolation pour le véhicule donné considéré pour le cycle d'essai WLTP applicable.

4.5.6.3 Consommation d'énergie électrique des VHE-RE et des VEP individuels

La consommation d'énergie électrique d'un véhicule donné conformément au paragraphe 4.3.3 de la présente annexe dans le cas des VHE-RE, ou conformément au paragraphe 4.3.4 de la présente annexe dans le cas des VEP, doit être calculée au moyen de l'équation suivante :

$$EC_{ind,p} = EC_{L,p} + K_{ind,p} \times (EC_{H,p} - EC_{L,p})$$

où :

$EC_{ind,p}$ est la consommation d'énergie électrique d'un véhicule donné sur la période p considérée, en Wh/km ;

$EC_{L,p}$ est la consommation d'énergie électrique du véhicule L sur la période p considérée, en Wh/km ;

$EC_{H,p}$ est la consommation d'énergie électrique du véhicule H sur la période p considérée, en Wh/km ;

$K_{ind,p}$ est le coefficient d'interpolation pour le véhicule donné considéré sur la période p ;

p est le numéro d'ordre de la période considérée du cycle d'essai applicable.

Les périodes considérées sont les suivantes : phase basse (low), phase moyenne (medium), phase haute (high) et phase extra-haute (extra high), et le cycle d'essai WLTP applicable. Dans le cas où une Partie contractante demande que la phase extra-haute soit exclue, celle-ci doit être omise.

4.5.7 Interpolation d'autonomies électriques pour les véhicules donnés

4.5.7.1 Autonomie électrique pour les VHE-RE individuels

S'il est satisfait au critère suivant :

$$\left|\frac{AER_L}{R_{CDA,L}} - \frac{AER_H}{R_{CDA,H}}\right| \leq 0{,}1$$

où :

AER_L est l'autonomie en mode électrique du véhicule L pour le cycle d'essai WLTP applicable, en km ;

AER_H est l'autonomie en mode électrique du véhicule H pour le cycle d'essai WLTP applicable, en km ;

$R_{CDA,L}$ est l'autonomie réelle en mode épuisement de la charge du véhicule L, en km ;

$R_{CDA,H}$ est l'autonomie réelle en mode épuisement de la charge du véhicule H, en km ;

l'autonomie en mode électrique d'un véhicule donné doit être calculée au moyen de l'équation suivante :

$$AER_{ind,p} = AER_{L,p} + K_{ind,p} \times (AER_{H,p} - AER_{L,p})$$

où :

$AER_{ind,p}$ est l'autonomie en mode électrique d'un véhicule donné sur la période p considérée, en km ;

$AER_{L,p}$ est l'autonomie en mode électrique du véhicule L sur la période p considérée, en km ;

$AER_{H,p}$ est l'autonomie en mode électrique du véhicule H sur la période p considérée, en km ;

$K_{ind,p}$ est le coefficient d'interpolation pour le véhicule donné considéré pour la période p ;

p est le numéro d'ordre de la période considérée du cycle d'essai applicable.

Les périodes considérées sont le cycle d'essai WLTP urbain applicable et le cycle d'essai WLTP applicable. Dans le cas où une Partie contractante demande que la phase extra-haute soit exclue, celle-ci doit être omise.

S'il n'est pas satisfait au critère ci-dessus, l'autonomie en mode électrique déterminée pour le véhicule H est applicable à tous les véhicules faisant partie de la famille d'interpolation.

4.5.7.2 Autonomie en mode électrique pur pour les VEP individuels

L'autonomie en mode électrique pur d'un véhicule donné doit être calculée au moyen de l'équation suivante :

$$\mathrm{PER_{ind,p}} = \mathrm{PER_{L,p}} + \mathrm{K_{ind,p}} \times \left(\mathrm{PER_{H,p}} - \mathrm{PER_{L,p}}\right)$$

où :

$\mathrm{PER_{ind,p}}$ est l'autonomie en mode électrique pur d'un véhicule donné sur la période p considérée, en km ;

$\mathrm{PER_{L,p}}$ est l'autonomie en mode électrique pur du véhicule L sur la période p considérée, en km ;

$\mathrm{PER_{H,p}}$ est l'autonomie en mode électrique pur du véhicule H sur la période p considérée, en km ;

$\mathrm{K_{ind,p}}$ est le coefficient d'interpolation pour le véhicule donné considéré pour la période p ;

p est le numéro d'ordre de la période considérée du cycle d'essai applicable.

Les phases considérées sont les suivantes : phase basse (low), phase moyenne (medium), phase haute (high) et phase extra-haute (extra high), le cycle d'essai WLTP urbain applicable et le cycle d'essai WLTP applicable. Dans le cas où une Partie contractante demande que la phase extra-haute soit exclue, celle-ci doit être omise.

4.5.7.3 Autonomie équivalente en mode électrique pur pour les VHE-RE individuels

L'autonomie équivalente en mode électrique pur pour un véhicule donné doit être calculée au moyen de l'équation suivante :

$$\mathrm{EAER_{ind,p}} = \mathrm{EAER_{L,p}} + \mathrm{K_{ind,p}} \times \left(\mathrm{EAER_{H,p}} - \mathrm{EAER_{L,p}}\right)$$

où :

$\mathrm{EAER_{ind,p}}$ est l'autonomie équivalente en mode électrique pur pour un véhicule donné sur la période p considérée, en km ;

$\mathrm{EAER_{L,p}}$ est l'autonomie équivalente en mode électrique pur pour le véhicule L sur la période p considérée, en km ;

$\mathrm{EAER_{H,p}}$ est l'autonomie équivalente en mode électrique pur pour le véhicule H sur la période p considérée, en km ;

$\mathrm{K_{ind,p}}$ est le coefficient d'interpolation pour le véhicule donné considéré pour la période p ;

p est le numéro d'ordre de la période considérée du cycle d'essai applicable.

Les phases considérées sont les suivantes : phase basse (low), phase moyenne (medium), phase haute (high) et phase extra-haute (extra high), le cycle d'essai WLTP urbain applicable et le cycle d'essai WLTP applicable. Dans le cas où une Partie contractante demande que la phase extra-haute soit exclue, celle-ci doit être omise.

4.6 Procédure par étapes pour le calcul des résultats d'essai finals pour les VHE-RE

En sus de la procédure par étapes pour le calcul des résultats finals de l'essai de maintien de charge pour les émissions de composés gazeux conformément

au paragraphe 4.1.1.1 de la présente annexe et pour la consommation de carburant conformément au paragraphe 4.2.1.1 de ladite annexe, les paragraphes 4.6.1 et 4.6.2 ci-après décrivent la procédure par étapes pour le calcul des résultats finals de l'essai d'épuisement de la charge et des résultats finals pondérés en mode maintien de charge et en mode épuisement de la charge.

4.6.1 Procédure par étapes pour le calcul des résultats finals de l'essai d'épuisement de la charge du type 1 pour les VHE-RE

Les résultats doivent être calculés dans l'ordre indiqué au tableau A8/8. Tous les résultats applicables dans la colonne « Données de sortie » doivent être enregistrés. La colonne « Processus » indique les paragraphes à appliquer pour les calculs ou contient des calculs additionnels.

Dans ce même tableau, la nomenclature suivante est utilisée dans les équations et les résultats :

c cycle d'essai applicable complet ;

p toute phase de cycle applicable ;

i constituants d'émissions critères applicables ;

CS mode maintien de la charge ;

CO_2 émissions massiques de CO_2.

Tableau A8/8
Calcul des valeurs finales en mode épuisement de la charge

Source	*Données d'entrée*	*Processus*	*Données de sortie*	*Étape n°*
Annexe 8	Résultats de l'essai d'épuisement de la charge	Résultats mesurés conformément à l'appendice 3 de la présente annexe, calculs préliminaires effectués conformément au paragraphe 4.3 de la présente annexe.	$\Delta E_{REESS,j}$, Wh d_j, km	1
		Énergie utilisable de la batterie conformément au paragraphe 4.4.1.2.2 de la présente annexe.	UBE_{city}, Wh	
		Énergie électrique rechargée conformément au paragraphe 3.2.4.6 de la présente annexe.	E_{AC}, Wh	
		Demande d'énergie sur le cycle conformément au paragraphe 5 de l'annexe 7.	E_{cycle}, Ws	
		Émissions massiques de CO_2 conformément au paragraphe 3.2.1 de l'annexe 7.	$M_{CO2,CD,j}$, g/km	
		Émissions massiques du composé gazeux i conformément au paragraphe 3.2.1 de l'annexe 7.	$M_{i,CD,j}$, g/km	
		Émissions en nombre de particules (le cas échéant) conformément au paragraphe 4 de l'annexe 7.	$PN_{CD,j}$, particules par km	
		Masse de matières particulaires conformément au paragraphe 3.3 de l'annexe 7.	$PM_{CD,c}$, mg/km	
		Autonomie en mode électrique pur déterminé conformément au paragraphe 4.4.1.1 de la présente annexe.	AER, km	
		Si le cycle WLTC urbain applicable a été exécuté : autonomie en mode électrique urbain conformément au paragraphe 4.4.1.2.1 de la présente annexe.	AER_{city}, km	
		Un coefficient de correction des émissions massiques de CO_2 (K_{CO2}) peut être nécessaire conformément à l'appendice 2 de la présente annexe.	K_{CO2}, (g/km)/(Wh/km)	
		Données de sortie disponibles pour chaque essai. Si la méthode d'interpolation est appliquée, les données de sortie (à l'exception de K_{CO2}) sont disponibles pour les véhicules H, L et, le cas échéant, M.		

Source	*Données d'entrée*	*Processus*	*Données de sortie*	*Étape n°*
Sortie de l'étape 1	$\Delta E_{REESS,j}$, Wh E_{cycle}, Ws	Calcul de la variation énergétique électrique relative pour chaque cycle conformément au paragraphe 3.2.4.5.2 de la présente annexe. Données de sortie disponibles pour chaque essai et chaque cycle WLTP applicable. Si la méthode d'interpolation est appliquée, les données de sortie sont disponibles pour les véhicules H, L et, le cas échéant, M.	$REEC_i$	2
Sortie de l'étape 2	$REEC_i$	Détermination du cycle de transition et du cycle de confirmation conformément au paragraphe 3.2.4.4 de la présente annexe. Si plusieurs essais en mode épuisement de la charge sont réalisés pour un véhicule donné, aux fins du calcul de la moyenne, chaque essai doit avoir le même nombre de cycles de transition n_{veh}. Détermination de l'autonomie en mode cycle d'épuisement de la charge conformément au paragraphe 4.4.3 de la présente annexe. Données de sortie disponibles pour chaque essai. Si la méthode d'interpolation est appliquée, les données de sortie sont disponibles pour les véhicules H, L et, le cas échéant, M.	n_{veh} R_{CDC} ; km	3
Sortie de l'étape 3		Si la méthode d'interpolation doit être utilisée, le cycle de transition doit être déterminé pour les véhicules H, L et, le cas échéant, M. Vérifier si le critère d'interpolation visé à l'alinéa d) du paragraphe 5.6.2 du présent RTM ONU est respecté.	$n_{veh,L}$ $n_{veh,H}$ Le cas échéant $n_{veh,M}$.	4
Sortie de l'étape 1	$M_{i,CD,j}$, g/km $PM_{CD,c}$, mg/km $PN_{CD,j}$, particules par km	Calcul des valeurs combinées des émissions pour n_{veh} cycles ; si la méthode d'interpolation est appliquée, $n_{veh,L}$ cycles doivent être exécutés pour chaque véhicule. Données de sortie disponibles pour chaque essai. Si la méthode d'interpolation est appliquée, les données de sortie sont disponibles pour les véhicules H, L et, le cas échéant, M.	$M_{i,CD,c}$, g/km $PM_{CD,c}$, mg/km $PN_{CD,c}$, particules par km	5

Source	*Données d'entrée*	*Processus*	*Données de sortie*	*Étape n°*
Sortie de l'étape 5	$M_{i,CD,c}$, g/km $PM_{CD,c}$, mg/km $PN_{CD,c}$, particules par km	Moyenne des émissions pour chaque cycle d'essai WLTP applicable dans le cadre de l'essai d'épuisement de charge de type 1 et vérification au regard des limites visées au tableau A6/2 de l'annexe 6.	$M_{i,CD,c,ave}$, g/km $PM_{CD,c,ave}$, mg/km $PN_{CD,c,ave}$, particules par km	6
Sortie de l'étape 1	$\Delta E_{REESS,j}$, Wh d_j, km UBE_{city}, Wh	Si AER_{city} est dérivé de l'essai de type 1 en exécutant les cycles d'essai WLTP applicables, la valeur doit être calculée conformément au paragraphe 4.4.1.2.2 de la présente annexe. Si plusieurs essais sont réalisés, $n_{city,pe}$ doit être identique pour chaque essai. Données de sortie disponibles pour chaque essai. Calcul de la moyenne d'AER_{city}. Si la méthode d'interpolation est appliquée, les données de sortie sont disponibles pour les véhicules H, L et, le cas échéant, M.	AER_{city}, km $AER_{city,ave}$, km	7
Sortie de l'étape 1 Sortie de l'étape 3 Sortie de l'étape 4	d_j, km n_{veh} $n_{veh,L}$	Calcul d'UF pour chaque phase et chaque cycle. Données de sortie disponibles pour chaque essai. Si la méthode d'interpolation est appliquée, les données de sortie sont disponibles pour les véhicules H, L et, le cas échéant, M.	$UF_{phase,j}$ $UF_{cycle,c}$	8
Sortie de l'étape 1 Sortie de l'étape 3 Sortie de l'étape 4 Sortie de l'étape 8	$\Delta E_{REESS,j}$, Wh d_j, km E_{AC}, Wh n_{veh} $n_{veh,L}$ $UF_{phase,j}$	Calcul de la consommation d'énergie électrique en se fondant sur l'énergie rechargée conformément aux paragraphes 4.3.1 et 4.3.2 de la présente annexe. Si la méthode d'interpolation est appliquée, $n_{veh,L}$ cycles doivent être exécutés. Par conséquent, en raison de la correction qui doit être apportée aux émissions massiques de CO_2, la consommation d'énergie électrique du cycle de confirmation et de ses phases doit être réglée sur zéro. Données de sortie disponibles pour chaque essai. Si la méthode d'interpolation est appliquée, les données de sortie sont disponibles pour les véhicules H, L et, le cas échéant, M.	$EC_{AC,weighted}$, Wh/km $EC_{AC,CD}$, Wh/km	9
Sortie de l'étape 1	$M_{CO2,CD,j}$, g/km K_{CO2}, (g/km)/(Wh/km) $\Delta E_{REESS,j}$, Wh d_j, km	Calcul des émissions massiques de CO_2 en mode épuisement de la charge conformément au paragraphe 4.1.2 de la présente annexe.	$M_{CO2,CD}$, g/km	10

Source	*Données d'entrée*	*Processus*	*Données de sortie*	*Étape n°*
Sortie de l'étape 3 Sortie de l'étape 4 Sortie de l'étape 8	n_{veh} $n_{veh,L}$ $UF_{phase,j}$	Si la méthode d'interpolation est appliquée, $n_{veh,L}$ cycles doivent être exécutés. Ainsi qu'il est prévu au paragraphe 4.1.2 de la présente annexe, il convient de corriger le cycle de confirmation conformément à l'appendice 2 de la présente annexe. Données de sortie disponibles pour chaque essai. Si la méthode d'interpolation est appliquée, les données de sortie sont disponibles pour les véhicules H, L et, le cas échéant, M.		
Sortie de l'étape 1 Sortie de l'étape 3 Sortie de l'étape 4 Sortie de l'étape 8	$M_{CO2,CD,j}$, g/km $M_{i,CD,j}$, g/km K_{CO2}, (g/km)/(Wh/km) n_{veh} $n_{veh,L}$ $UF_{phase,j}$	Calcul de la consommation de carburant en mode épuisement de la charge conformément au paragraphe 4.2.2 de la présente annexe. Si la méthode d'interpolation est appliquée, $n_{veh,L}$ cycles doivent être exécutés. Ainsi qu'il est prévu au paragraphe 4.1.2 de la présente annexe, il convient de corriger $M_{CO2,CD,j}$ pour le cycle de confirmation conformément à l'appendice 2 de la présente annexe. La consommation de carburant propre à chaque phase $FC_{CD,j}$ doit être calculée avec les émissions massiques corrigées de CO_2 conformément au paragraphe 6 de l'annexe 7. Données de sortie disponibles pour chaque essai. Si la méthode d'interpolation est appliquée, les données de sortie sont disponibles pour les véhicules H, L et, le cas échéant, M.	$FC_{CD,j}$, l/100 km FC_{CD}, l/100 km	11
Sortie de l'étape 1	$\Delta E_{REESS,j}$, Wh d_j, km	Option régionale : Calcul de la consommation d'énergie électrique à partir du premier cycle d'essai WLTP applicable. Données de sortie disponibles pour chaque essai. Si la méthode d'interpolation est appliquée, les données de sortie sont disponibles pour les véhicules H, L et, le cas échéant, M.	$EC_{DC,CD,first}$, Wh/km	12
Sortie de l'étape 9 Sortie de l'étape 10 Sortie de l'étape 11 Sortie de l'étape 12	$EC_{AC,weighted}$, Wh/km $EC_{AC,CD}$, Wh/km $M_{CO2,CD}$, g/km FC_{CD}, l/100 km $EC_{DC,CD,first}$, Wh/km	Calcul de la moyenne des essais pour chaque véhicule. Si la méthode d'interpolation est appliquée, les données de sortie sont disponibles pour chaque véhicule H, L et, le cas échéant, M.	$EC_{AC,weighted,ave}$, Wh/km $EC_{AC,CD,ave}$, Wh/km $M_{CO2,CD,ave}$, g/km $FC_{CD,ave}$, l/100 km $EC_{DC,CD,first,ave}$, Wh/km	13

Source	*Données d'entrée*	*Processus*	*Données de sortie*	*Étape n°*
Sortie de l'étape 13	$EC_{AC,CD,ave}$, Wh/km $M_{CO2,CD,ave}$, g/km	Déclaration de la consommation d'énergie électrique et des émissions massiques de CO_2 en mode épuisement de la charge pour chaque véhicule. Si la méthode d'interpolation est appliquée, les données de sortie sont disponibles pour chaque véhicule H, L et, le cas échéant, M.	$EC_{AC,CD,dec}$, Wh/km $M_{CO2,CD,dec}$, g/km	14
Sortie de l'étape 12 Sortie de l'étape 13 Sortie de l'étape 14	$EC_{DC,CD,first}$, Wh/km $EC_{AC,CD,ave}$, Wh/km $EC_{AC,CD,dec}$, Wh/km	Option régionale : Ajustement de la consommation d'énergie électrique à des fins de conformité de production. Si la méthode d'interpolation est appliquée, les données de sortie sont disponibles pour chaque véhicule H, L et, le cas échéant, M.	$EC_{DC,CD,COP}$, Wh/km	15
Sortie de l'étape 15 Sortie de l'étape 14 Sortie de l'étape 13	$EC_{DC,CD,COP}$, Wh/km $EC_{AC,CD,dec}$, Wh/km $M_{CO2,CD,dec}$, g/km $EC_{AC,weighted,ave}$, Wh/km $FC_{CD,ave}$, l/100 km	Arrondi intermédiaire. Si la méthode d'interpolation est appliquée, les données de sortie sont disponibles pour chaque véhicule H, L et, le cas échéant, M.	$EC_{DC,CD,COP,final}$, Wh/km $EC_{AC,CD,final}$, Wh/km $M_{CO2,CD,final}$, g/km $EC_{AC,weighted,final}$, Wh/km $FC_{CD,final}$, l/100 km	16
Sortie de l'étape 16	$EC_{DC,CD,COP,final}$, Wh/km $EC_{AC,CD,final}$, Wh/km $M_{CO2,CD,final}$, g/km $EC_{AC,weighted,final}$, Wh/km $FC_{CD,final}$, l/100 km	Interpolation des valeurs individuelles en fonction des valeurs pour les véhicules L, M et H et arrondi final. Données de sortie disponibles pour des véhicules donnés.	$EC_{DC,CD,COP,ind}$, Wh/km $EC_{AC,CD,ind}$, Wh/km $M_{CO2,CD,ind}$, g/km $EC_{AC,weighted,ind}$, Wh/km $FC_{CD,ind}$, l/100 km	17

4.6.2 Procédure par étapes pour le calcul des résultats finals pondérés en mode maintien de la charge et en mode épuisement de la charge de l'essai de type 1

Les résultats doivent être calculés dans l'ordre indiqué au tableau A8/9. Tous les résultats applicables dans la colonne « Données de sortie » doivent être enregistrés. La colonne « Processus » indique les paragraphes à appliquer pour les calculs ou contient des calculs additionnels.

Dans ce même tableau, la nomenclature suivante est utilisée dans les équations et les résultats :

c la période considérée est le cycle d'essai applicable complet ;

p la période considérée est la phase de cycle applicable ;

i constituants d'émissions critères applicables (sauf CO_2) ;

j indice pour la période considérée ;

CS mode maintien de la charge ;

CD mode épuisement de la charge ;

CO_2 émissions massiques de CO_2 ;

REESS système rechargeable de stockage de l'énergie électrique.

Tableau A8/9
Calcul des résultats finals pondérés en mode maintien de la charge et en mode épuisement de la charge

Source	*Données d'entrée*	*Processus*	*Données de sortie*	*Étape n°*
Sortie de l'étape 1, tableau A8/8	$M_{i,CD,j}$, g/km $PN_{CD,j}$, particules par km $PM_{CD,c}$, mg/km $M_{CO2,CD,j}$, g/km $\Delta E_{REESS,j}$, Wh d_j, km AER, km E_{AC}, Wh	Données d'entrées tirées du traitement aval des résultats des essais en mode maintien et épuisement de la charge.	$M_{i,CD,j}$, g/km $PN_{CD,j}$, particules par km $PM_{CD,c}$, mg/km $M_{CO2,CD,j}$, g/km $\Delta E_{REESS,j}$, Wh d_j, km AER, km E_{AC}, Wh	1
Sortie de l'étape 7, tableau A8/8	$AER_{city,ave}$, km		$AER_{city,ave}$, km n_{veh} R_{CDC}, km	
Sortie de l'étape 3, tableau A8/8	n_{veh} R_{CDC}, km		$n_{veh,L}$ $n_{veh,H}$ $UF_{phase,j}$ $UF_{cycle,c}$	
Sortie de l'étape 4, tableau A8/8	$n_{veh,L}$ $n_{veh,H}$		$M_{i,CS,c,6}$, g/km $M_{CO2,CS}$, g/km	
Sortie de l'étape 8, tableau A8/8	$UF_{phase,j}$ $UF_{cycle,c}$			
Sortie de l'étape 6, tableau A8/5	$M_{i,CS,c,6}$, g/km			
Sortie de l'étape 7, tableau A8/5	$M_{CO2,CS}$, g/km			
		Les données de sortie pour le mode épuisement sont disponibles pour chaque essai d'épuisement de la charge. Les données de sortie pour le mode maintien sont disponibles une seule fois car c'est la moyenne des résultats des essais en mode maintien de la charge qui est retenue. Si la méthode d'interpolation est appliquée, les données de sortie (sauf K_{CO2}) sont disponibles pour le véhicule H, L et, le cas échéant, M.		
	$K_{CO2,}$ (g/km)/(Wh/km)	Un coefficient de correction des émissions massiques de CO_2 (K_{CO2}) peut être nécessaire conformément à l'appendice 2 de la présente annexe.	$K_{CO2,}$ (g/km)/(Wh/km)	

Source	*Données d'entrée*	*Processus*	*Données de sortie*	*Étape n°*
Sortie de l'étape 1	$M_{i,CD,j}$, g/km $PN_{CD,j}$, particules par km $PM_{CD,c}$, mg/km n_{veh} $n_{veh,L}$ $UF_{phase,j}$ $UF_{cycle,c}$ $M_{i,CS,c,6}$, g/km	Calcul des émissions pondérées (sauf $M_{CO2,weighted}$) conformément aux paragraphes 4.1.3.1 à 4.1.3.3 de la présente annexe. Remarque : $M_{i,CS,c,6}$ inclut $PN_{CS,c}$ et $PM_{CS,c}$. Données de sorties disponibles pour chaque essai d'épuisement de la charge. Si la méthode d'interpolation est appliquée, les données de sortie sont disponibles pour chaque véhicule L, H et, le cas échéant, M.	$M_{i,weighted}$, g/km $PN_{weighted}$, particules par km $PM_{weighted}$, mg/km	2
Sortie de l'étape 1	$M_{CO2,CD,j}$, g/km $\Delta E_{REESS,j}$, Wh d_j, km n_{veh} R_{CDC}, km $M_{CO2,CS}$, g/km	Calcul de l'l'autonomie équivalente en mode électrique pur conformément aux paragraphes 4.4.4.1 et 4.4.4.2 de la présente annexe, et de l'autonomie réelle en mode épuisement de la charge conformément au paragraphe 4.4.5 de la présente annexe. Données de sorties disponibles pour chaque essai d'épuisement de la charge. Si la méthode d'interpolation est appliquée, les données de sortie sont disponibles pour chaque véhicule L, H et, le cas échéant, M.	EAER, km $EAER_p$, km R_{CDA}, km	3
Sortie de l'étape 1 Sortie de l'étape 3	AER, km R_{CDA}, km	Données de sorties disponibles pour chaque essai d'épuisement de la charge. Si la méthode d'interpolation est appliquée, vérifier s'il est possible de procéder à l'interpolation de l'autonomie en mode électrique (AER) entre les véhicules H, L et, le cas échéant, M conformément au paragraphe 4.5.7.1 de la présente annexe. Si la méthode d'interpolation est appliquée, chaque essai doit satisfaire aux critères.	Possibilité d'interpolation d'AER.	4
Sortie de l'étape 1	AER, km	Calcul de la moyenne d'AER et déclaration d'AER. Si la méthode d'interpolation est appliquée et que les critères pour l'interpolation d'AER sont satisfaits, les données de sorties sont disponibles pour chaque véhicule L, H et, le cas échéant, M. Si les critères ne sont pas satisfaits, l'AER du véhicule H doit être appliquée à l'ensemble de la famille d'interpolation.	AER_{ave}, km AER_{dec}, km	5
Sortie de l'étape 1	$M_{i,CD,j}$, g/km $M_{CO2,CD,j}$, g/km n_{veh} $n_{veh,L}$ $UF_{phase,j}$ $M_{i,CS,c,6}$, g/km $M_{CO2,CS}$, g/km	Calcul des valeurs pondérées des émissions massiques de CO_2 et de la consommation de carburant conformément aux paragraphes 4.1.3.1 et 4.2.3 de la présente annexe. Données de sorties disponibles pour chaque essai d'épuisement de la charge.	$M_{CO2,weighted}$, g/km $FC_{weighted}$, l/100 km	6

Source	*Données d'entrée*	*Processus*	*Données de sortie*	*Étape n°*
		Si la méthode d'interpolation est appliquée, $n_{veh,L}$ cycles doivent être exécutés. Par conséquent, compte tenu de l'explication fournie au paragraphe 4.1.2 de l'annexe 8, il est nécessaire de corriger $M_{CO2,CD,j}$ pour le cycle de confirmation conformément à l'appendice 2 de l'annexe 8. Si la méthode d'interpolation est appliquée, les données de sortie sont disponibles pour chaque véhicule L, H et, le cas échéant, M.		
Sortie de l'étape 1 Sortie de l'étape 3	E_{AC}, Wh EAER, km $EAER_p$, km	Calcul de la consommation d'énergie électrique en fonction de l'autonomie équivalente en mode électrique pur conformément aux paragraphes 4.3.3.1 et 4.3.3.2 de la présente annexe. Données de sorties disponibles pour chaque essai d'épuisement de la charge. Si la méthode d'interpolation est appliquée, les données de sortie sont disponibles pour chaque véhicule L, H et, le cas échéant, M.	EC, Wh/km EC_p, Wh/km	7
Sortie de l'étape 1 Sortie de l'étape 5 Sortie de l'étape 6 Sortie de l'étape 7 Sortie de l'étape 3	$AER_{city, ave}$, km AER_{dec}, km $M_{CO2,weighted}$, g/km $FC_{weighted}$, l/100 km EC, Wh/km EC_p, Wh/km EAER, km $EAER_p$, km	Calcul de la moyenne et arrondi intermédiaire. Si la méthode d'interpolation est appliquée, les données de sortie sont disponibles pour chaque véhicule L, H et, le cas échéant, M.	$AER_{city,final}$, km AER_{final}, km $M_{CO2,weighted,final}$, g/km $FC_{weighted,final}$, l/100 km EC_{final}, Wh/km $EC_{p,final}$, Wh/km $EAER_{final}$, km $EAER_{p,final}$, km	8
Sortie de l'étape 8 Sortie de l'étape 4	$AER_{city,final}$, km AER_{final}, km $M_{CO2,weighted,final}$, g/km $FC_{weighted,final}$, l/100 km EC_{final}, Wh/km $EC_{p,final}$, Wh/km $EAER_{final}$, km $EAER_{p,final}$, km Possibilité d'interpolation d'AER	Interpolation des valeurs individuelles en fonction des valeurs pour les véhicules L, M et H conformément au paragraphe 4.5 de la présente annexe, et arrondi final. Données de sortie disponibles pour des véhicules donnés.	$AER_{city,ind}$, km AER_{ind}, km $M_{CO2,weighted,ind}$, g/km $FC_{weighted,ind}$, l/100 km EC_{ind}, Wh/km $EC_{p,ind}$, Wh/km $EAER_{ind}$, km $EAER_{p,ind}$, km	9

4.7 Procédure par étapes pour le calcul des résultats d'essai finals des VEP

Les résultats doivent être calculés dans l'ordre indiqué au tableau A8/10 dans le cas de la procédure avec cycles consécutifs et dans l'ordre indiqué au tableau A8/11 dans le cas de la procédure d'essai abrégée. Tous les résultats applicables dans la colonne « Données de sortie » doivent être enregistrés. La colonne « Processus » indique les paragraphes à appliquer pour les calculs ou contient des calculs additionnels.

4.7.1 Procédure par étapes pour le calcul des résultats d'essai finals des VEP dans le cas de la procédure avec cycles consécutifs

Dans le tableau ci-après, la nomenclature suivante est utilisée dans les équations et les résultats :

j indice pour la période considérée.

Tableau A8/10
Calcul des résultats d'essai finals des VEP obtenus en suivant la procédure d'essai du type 1 avec cycles consécutifs

Source	*Données d'entrée*	*Processus*	*Données de sortie*	*Étape n°*
Annexe 8	Résultats d'essai	Résultats mesurés conformément à l'appendice 3 de la présente annexe, calculs préliminaires effectués conformément au paragraphe 4.3 de la présente annexe. Énergie utilisable de la batterie conformément au paragraphe 4.4.2.2.1 de la présente annexe. Énergie électrique rechargée conformément au paragraphe 3.4.4.3 de l'annexe 8. Données de sortie disponibles pour chaque essai. Si la méthode d'interpolation est appliquée, les données de sortie sont disponibles pour les véhicules H et L.	$\Delta E_{REESS,j}$, Wh d_j, km UBE_{CCP}, Wh E_{AC}, Wh	1
Sortie de l'étape 1	$\Delta E_{REESS,j}$, Wh UBE_{CCP}, Wh	Détermination du nombre de phases et de cycles WLTC applicables entièrement exécutés conformément au paragraphe 4.4.2.2 de la présente annexe. Données de sortie disponibles pour chaque essai. Si la méthode d'interpolation est appliquée, les données de sortie sont disponibles pour les véhicules H et L.	n_{WLTC} n_{city} n_{low} n_{med} n_{high} n_{exHigh}	2
Sortie de l'étape 1 Sortie de l'étape 2	$\Delta E_{REESS,j}$, Wh UBE_{CCP}, Wh n_{WLTC} n_{city} n_{low} n_{med} n_{high} n_{exHigh}	Calcul des facteurs de pondération conformément au paragraphe 4.4.2.2 de la présente annexe. *Note* : Le nombre de facteurs de pondération dépend du cycle applicable utilisé (WLTC à 3 ou 4 phases). Dans le cas d'un cycle WLTC à 4 phases, les données de sortie entre parenthèses peuvent également être nécessaires. Données de sortie disponibles pour chaque essai. Si la méthode d'interpolation est appliquée, les données de sortie sont disponibles pour les véhicules H et L.	$K_{WLTC,1}$ $K_{WLTC,2}$ $K_{WLTC,3}$ ($K_{WLTC,4}$) $K_{city,1}$ $K_{city,2}$ $K_{city,3}$ ($K_{city,4}$) $K_{low,1}$ $K_{low,2}$ $K_{low,3}$ ($K_{low,4}$) $K_{med,1}$ $K_{med,2}$ $K_{med,3}$ ($K_{med,4}$) $K_{high,1}$ $K_{high,2}$ $K_{high,3}$ ($K_{high,4}$) $K_{exHigh,1}$ $K_{exHigh,2}$ $K_{exHigh,3}$ ($K_{exHigh,4}$)	3

Source	*Données d'entrée*	*Processus*	*Données de sortie*	*Étape nº*
Sortie de l'étape 1 Sortie de l'étape 2 Sortie de l'étape 3	$\Delta E_{REESS,j}$, Wh d_j, km UBE_{CCP}, Wh n_{WLTC} n_{city} n_{low} n_{med} n_{high} n_{exHigh} Tous les facteurs de pondération	Calcul de la consommation d'énergie électrique des SRSEE conformément au paragraphe 4.4.2.2 de la présente annexe. Option régionale : $EC_{DC,COP,1}$ Données de sortie disponibles pour chaque essai. Si la méthode d'interpolation est appliquée, les données de sortie sont disponibles pour les véhicules H et L.	$EC_{DC,WLTC}$, Wh/km $EC_{DC,city}$, Wh/km $EC_{DC,low}$, Wh/km $EC_{DC,med}$, Wh/km $EC_{DC,high}$, Wh/km $EC_{DC,exHigh}$, Wh/km $EC_{DC,COP,1}$, Wh/km	4
Sortie de l'étape 1 Sortie de l'étape 4	UBE_{CCP}, Wh $EC_{DC,WLTC}$, Wh/km $EC_{DC,city}$, Wh/km $EC_{DC,low}$, Wh/km $EC_{DC,med}$, Wh/km $EC_{DC,high}$, Wh/km $EC_{DC,exHigh}$, Wh/km	Calcul de l'autonomie en mode électrique pur conformément au paragraphe 4.4.2.2 de la présente annexe. Données de sortie disponibles pour chaque essai. Si la méthode d'interpolation est appliquée, les données de sortie sont disponibles pour les véhicules H et L.	PER_{WLTC}, km PER_{city}, km PER_{low}, km PER_{med}, km PER_{high}, km PER_{exHigh}, km	5
Sortie de l'étape 1 Sortie de l'étape 5	E_{AC}, Wh PER_{WLTC}, km PER_{city}, km PER_{low}, km PER_{med}, km PER_{high}, km PER_{exHigh}, km	Calcul de la consommation d'énergie électrique au niveau du secteur conformément au paragraphe 4.3.4 de la présente annexe. Données de sortie disponibles pour chaque essai. Si la méthode d'interpolation est appliquée, les données de sortie sont disponibles pour les véhicules H et L.	EC_{WLTC}, Wh/km EC_{city}, Wh/km EC_{low}, Wh/km EC_{med}, Wh/km EC_{high}, Wh/km EC_{exHigh}, Wh/km	6
Sortie de l'étape 5 Sortie de l'étape 6 Sortie de l'étape 4	PER_{WLTC}, km PER_{city}, km PER_{low}, km PER_{med}, km PER_{high}, km PER_{exHigh}, km EC_{WLTC}, Wh/km EC_{city}, Wh/km EC_{low}, Wh/km EC_{med}, Wh/km EC_{high}, Wh/km EC_{exHigh}, Wh/km $EC_{DC,COP,1}$, Wh/km	Calcul de la moyenne des essais pour toutes les valeurs d'entrée. Option régionale : $EC_{DC,COP,ave}$ Déclaration de $PER_{WLTC,dec}$ et d'$EC_{WLTC,dec}$ sur la base de $PER_{WLTC,ave}$ et d'$EC_{WLTC,ave}$. Si la méthode d'interpolation est appliquée, les données de sortie sont disponibles pour les véhicules H et L.	$PER_{WLTC,dec}$, km $PER_{WLTC,ave}$, km $PER_{city,ave}$, km $PER_{low,ave}$, km $PER_{med,ave}$, km $PER_{high,ave}$, km $PER_{exHigh,ave}$, km $EC_{WLTC,dec}$, Wh/km $EC_{WLTC,ave}$, Wh/km $EC_{city,ave}$, Wh/km $EC_{low,ave}$, Wh/km $EC_{med,ave}$, Wh/km $EC_{high,ave}$, Wh/km $EC_{exHigh,ave}$, Wh/km $EC_{DC,COP,ave}$, Wh/km	7
Sortie de l'étape 7	$EC_{WLTC,dec}$, Wh/km $EC_{WLTC,ave}$, Wh/km $EC_{DC,COP,ave}$, Wh/km	Option régionale : Détermination du facteur d'ajustement et application à $EC_{DC,COP,ave}$. Par exemple : $AF = \frac{EC_{WLTC,dec}}{EC_{WLTC,ave}}$ $EC_{DC,COP} = EC_{DC,COP,ave} \times AF$ Si la méthode d'interpolation est appliquée, les données de sortie sont disponibles pour les véhicules H et L.	$EC_{DC,COP}$, Wh/km	8

Source	*Données d'entrée*	*Processus*	*Données de sortie*	*Étape nº*
Sortie de l'étape 7 Sortie de l'étape 8	$PER_{WLTC,dec}$, km $PER_{city,ave}$, km $PER_{low,ave}$, km $PER_{med,ave}$, km $PER_{high,ave}$, km $PER_{exHigh,ave}$, km $EC_{WLTC,dec}$, Wh/km $EC_{city,ave}$, Wh/km $EC_{low,ave}$, Wh/km $EC_{med,ave}$, Wh/km $EC_{high,ave}$, Wh/km $EC_{exHigh,ave}$, Wh/km $EC_{DC,COP}$, Wh/km	Arrondi intermédiaire. Option régionale : $EC_{DC,COP,final}$ Si la méthode d'interpolation est appliquée, les données de sortie sont disponibles pour les véhicules H et L.	$PER_{WLTC,final}$, km $PER_{city,final}$, km $PER_{low,final}$, km $PER_{med,final}$, km $PER_{high,final}$, km $PER_{exHigh,final}$, km $EC_{WLTC,final}$, Wh/km $EC_{city,final}$, Wh/km $EC_{low,final}$, Wh/km $EC_{med,final}$, Wh/km $EC_{high,final}$, Wh/km $EC_{exHigh,final}$, Wh/km $EC_{DC,COP,final}$, Wh/km	9
Sortie de l'étape 9	$PER_{WLTC,final}$, km $PER_{city,final}$, km $PER_{low,final}$, km $PER_{med,final}$, km $PER_{high,final}$, km $PER_{exHigh,final}$, km $EC_{WLTC,final}$, Wh/km $EC_{city,final}$, Wh/km $EC_{low,final}$, Wh/km $EC_{med,final}$, Wh/km $EC_{high,final}$, Wh/km $EC_{exHigh,final}$, Wh/km $EC_{DC,COP,final}$, Wh/km	Interpolation conformément au paragraphe 4.5 de la présente annexe,et arrondi final. Option régionale : $EC_{DC,COP,ind}$ Si la méthode d'interpolation est appliquée, les données de sortie sont disponibles pour chaque véhicule donné.	$PER_{WLTC,ind}$, km $PER_{city,ind}$, km $PER_{low,ind}$, km $PER_{med,ind}$, km $PER_{high,ind}$, km $PER_{exHigh,ind}$, km $EC_{WLTC,ind}$, Wh/km $EC_{city,ind}$, Wh/km $EC_{low,ind}$, Wh/km $EC_{med,ind}$, Wh/km $EC_{high,ind}$, Wh/km $EC_{exHigh,ind}$, Wh/km $EC_{DC,COP,ind}$, Wh/km	10

4.7.2. Procédure par étapes pour le calcul des résultats d'essai finals des VEP dans le cas de la procédure d'essai abrégée

Dans le tableau ci-après, la nomenclature suivante est utilisée dans les équations et les résultats :

j indice pour la période considérée.

Tableau A8/11
Calcul des résultats d'essai finals des VEP obtenus en suivant la procédure d'essai du type 1 abrégée

Source	*Données d'entrée*	*Processus*	*Données de sortie*	*Étape n°*
Annexe 8	Résultats d'essai	Résultats mesurés conformément à l'appendice 3 de la présente annexe, calculs préliminaires effectués conformément au paragraphe 4.3 de la présente annexe. Énergie utilisable de la batterie conformément au paragraphe 4.4.2.1.1 de la présente annexe. Énergie électrique rechargée conformément au paragraphe 3.4.4.3 de la présente annexe. Données de sortie disponibles pour chaque essai. Si la méthode d'interpolation est appliquée, les données de sortie sont disponibles pour les véhicules L et H.	$\Delta E_{REESS,j}$, Wh d_j, km UBE_{STP}, Wh E_{AC}, Wh	1
Sortie de l'étape 1	$\Delta E_{REESS,j}$, Wh UBE_{STP}, Wh	Calcul des facteurs de pondération conformément au paragraphe 4.4.2.1 de la présente annexe. Données de sortie disponibles pour chaque essai. Si la méthode d'interpolation est appliquée, les données de sortie sont disponibles pour les véhicules L et H.	$K_{WLTC,1}$ $K_{WLTC,2}$ $K_{city,1}$ $K_{city,2}$ $K_{city,3}$ $K_{city,4}$ $K_{low,1}$ $K_{low,2}$ $K_{low,3}$ $K_{low,4}$ $K_{med,1}$ $K_{med,2}$ $K_{med,3}$ $K_{med,4}$ $K_{high,1}$ $K_{high,2}$ $K_{exHigh,1}$ $K_{exHigh,2}$	2
Sortie de l'étape 1 Sortie de l'étape 2	$\Delta E_{REESS,j}$, Wh d_j, km UBE_{STP}, Wh Tous les facteurs de pondération	Calcul de la consommation d'énergie électrique des SRSEE conformément au paragraphe 4.4.2.1 de la présente annexe. Option régionale : $EC_{DC,COP,1}$ Données de sortie disponibles pour chaque essai. Si la méthode d'interpolation est appliquée, les données de sortie sont disponibles pour les véhicules L et H.	$EC_{DC,WLTC}$, Wh/km $EC_{DC,city}$, Wh/km $EC_{DC,low}$, Wh/km $EC_{DC,med}$, Wh/km $EC_{DC,high}$, Wh/km $EC_{DC,exHigh}$, Wh/km $EC_{DC,COP,1}$, Wh/km	3
Sortie de l'étape 1 Sortie de l'étape 3	UBE_{STP}, Wh $EC_{DC,WLTC}$, Wh/km $EC_{DC,city}$, Wh/km $EC_{DC,low}$, Wh/km $EC_{DC,med}$, Wh/km $EC_{DC,high}$, Wh/km $EC_{DC,exHigh}$, Wh/km	Calcul de l'autonomie en mode électrique pur conformément au paragraphe 4.4.2.1 de la présente annexe. Données de sortie disponibles pour chaque essai. Si la méthode d'interpolation est appliquée, les données de sortie sont disponibles pour les véhicules L et H.	PER_{WLTC}, km PER_{city}, km PER_{low}, km PER_{med}, km PER_{high}, km PER_{exHigh}, km	4

Source	*Données d'entrée*	*Processus*	*Données de sortie*	*Étape n°*
Sortie de l'étape 1 Sortie de l'étape 4	E_{AC}, Wh PER_{WLTC}, km PER_{city}, km PER_{low}, km PER_{med}, km PER_{high}, km PER_{exHigh}, km	Calcul de la consommation d'énergie électrique au niveau du secteur conformément au paragraphe 4.3.4 de la présente annexe. Données de sortie disponibles pour chaque essai. Si la méthode d'interpolation est appliquée, les données de sortie sont disponibles pour les véhicules L et H.	EC_{WLTC}, Wh/km EC_{city}, Wh/km EC_{low}, Wh/km EC_{med}, Wh/km EC_{high}, Wh/km EC_{exHigh}, Wh/km	5
Sortie de l'étape 4 Sortie de l'étape 5 Sortie de l'étape 3	PER_{WLTC}, km PER_{city}, km PER_{low}, km PER_{med}, km PER_{high}, km PER_{exHigh}, km EC_{WLTC}, Wh/km EC_{city}, Wh/km EC_{low}, Wh/km EC_{med}, Wh/km EC_{high}, Wh/km EC_{exHigh}, Wh/km $EC_{DC,COP,1}$, Wh/km	Calcul de la moyenne des essais pour toutes les valeurs d'entrée. Option régionale : $EC_{DC,COP,ave}$ Déclaration de $PER_{WLTC,dec}$ et d'$EC_{WLTC,dec}$ sur la base de $PER_{WLTC,ave}$ et d'$EC_{WLTC,ave}$. Si la méthode d'interpolation est appliquée, les données de sortie sont disponibles pour les véhicules L et H.	$PER_{WLTC,dec}$, km $PER_{WLTC,ave}$, km $PER_{city,ave}$, km $PER_{low,ave}$, km $PER_{med,ave}$, km $PER_{high,ave}$, km $PER_{exHigh,ave}$, km $EC_{WLTC,dec}$, Wh/km $EC_{WLTC,ave}$, Wh/km $EC_{city,ave}$, Wh/km $EC_{low,ave}$, Wh/km $EC_{med,ave}$, Wh/km $EC_{high,ave}$, Wh/km $EC_{exHigh,ave}$, Wh/km $EC_{DC,COP,ave}$, Wh/km	6
Sortie de l'étape 6	$EC_{WLTC,dec}$, Wh/km $EC_{WLTC,ave}$, Wh/km $EC_{DC,COP,ave}$, Wh/km	Option régionale : Détermination du facteur d'ajustement et application à $EC_{DC,COP,ave}$. Par exemple : $AF = \frac{EC_{WLTC,dec}}{EC_{WLTC,ave}}$ $EC_{DC,COP} = EC_{DC,COP,ave} \times AF$ Si la méthode d'interpolation est appliquée, les données de sortie sont disponibles pour les véhicules L et H.	$EC_{DC,COP}$, Wh/km	7
Sortie de l'étape 6 Sortie de l'étape 7	$PER_{WLTC,dec}$, km $PER_{city,ave}$, km $PER_{low,ave}$, km $PER_{med,ave}$, km $PER_{high,ave}$, km $PER_{exHigh,ave}$, km $EC_{WLTC,dec}$, Wh/km $EC_{city,ave}$, Wh/km $EC_{low,ave}$, Wh/km $EC_{med,ave}$, Wh/km $EC_{high,ave}$, Wh/km $EC_{exHigh,ave}$, Wh/km $EC_{DC,COP}$, Wh/km	Arrondi intermédiaire. Option régionale : $EC_{DC,COP,final}$ Si la méthode d'interpolation est appliquée, les données de sortie sont disponibles pour les véhicules L et H.	$PER_{WLTC,final}$, km $PER_{city,final}$, km $PER_{low,final}$, km $PER_{med,final}$, km $PER_{high,final}$, km $PER_{exHigh,final}$, km $EC_{WLTC,final}$, Wh/km $EC_{city,final}$, Wh/km $EC_{low,final}$, Wh/km $EC_{med,final}$, Wh/km $EC_{high,final}$, Wh/km $EC_{exHigh,final}$, Wh/km $EC_{DC,COP,final}$, Wh/km	8

Source	*Données d'entrée*	*Processus*	*Données de sortie*	*Étape n°*
Sortie de l'étape 8	$PER_{WLTC,final}$, km $PER_{city,final}$, km $PER_{low,final}$, km $PER_{med,final}$, km $PER_{high,final}$, km $PER_{exHigh,final}$, km $EC_{WLTC,final}$, Wh/km $EC_{city,final}$, Wh/km $EC_{low,final}$, Wh/km $EC_{med,final}$, Wh/km $EC_{high,final}$, Wh/km $EC_{exHigh,final}$, Wh/km $EC_{DC,COP,final}$, Wh/km	Interpolation conformément au paragraphe 4.5 de la présente annexe, et arrondi final. Option régionale : $EC_{DC,COP,ind}$ Données de sortie disponibles pour chaque véhicule donné.	$PER_{WLTC,ind}$, km $PER_{city,ind}$, km $PER_{low,ind}$, km $PER_{med,ind}$, km $PER_{high,ind}$, km $PER_{exHigh,ind}$, km $EC_{WLTC,ind}$, Wh/km $EC_{city,ind}$, Wh/km $EC_{low,ind}$, Wh/km $EC_{med,ind}$, Wh/km $EC_{high,ind}$, Wh/km $EC_{exHigh,ind}$, Wh/km $EC_{DC,COP,ind}$, Wh/km	9

Annexe 8 − Appendice 1

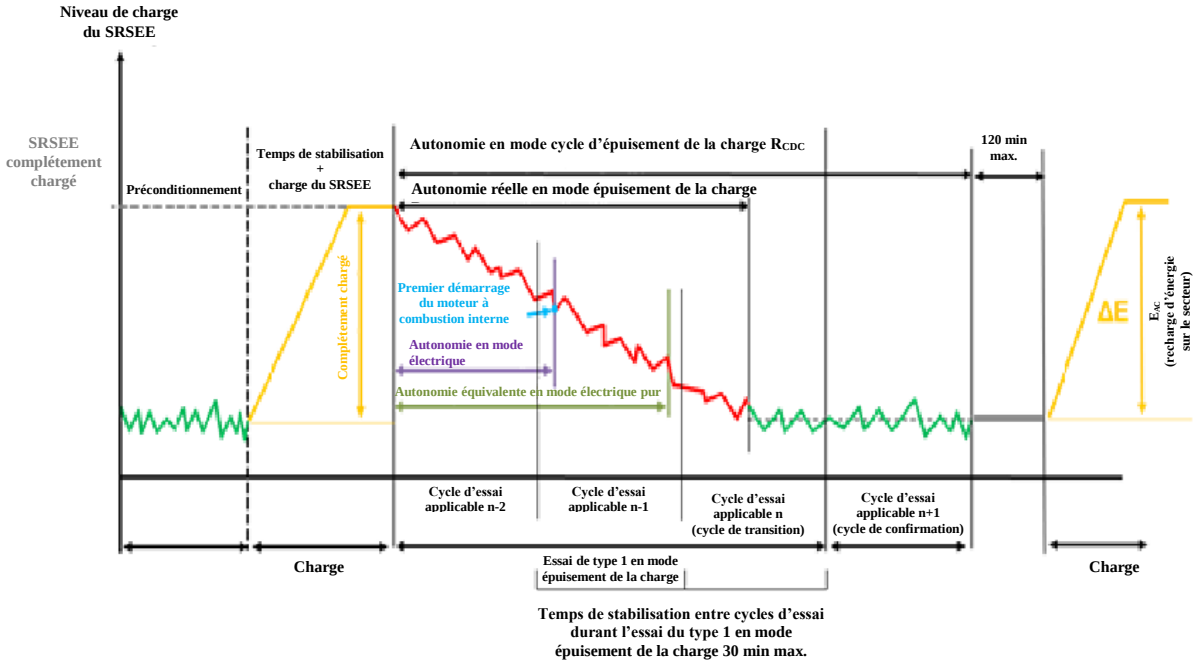
Profil de niveau de charge du SRSEE

1. Séquences d'essais et profils du SRSEE : VHE-RE, essai d'épuisement de la charge et essai de maintien de la charge

1.1 Séquence d'essais VHE-RE selon l'option 1

Essai d'épuisement de la charge du type 1, non suivi d'un essai de maintien de la charge du type 1 (fig. A8.App1/1)

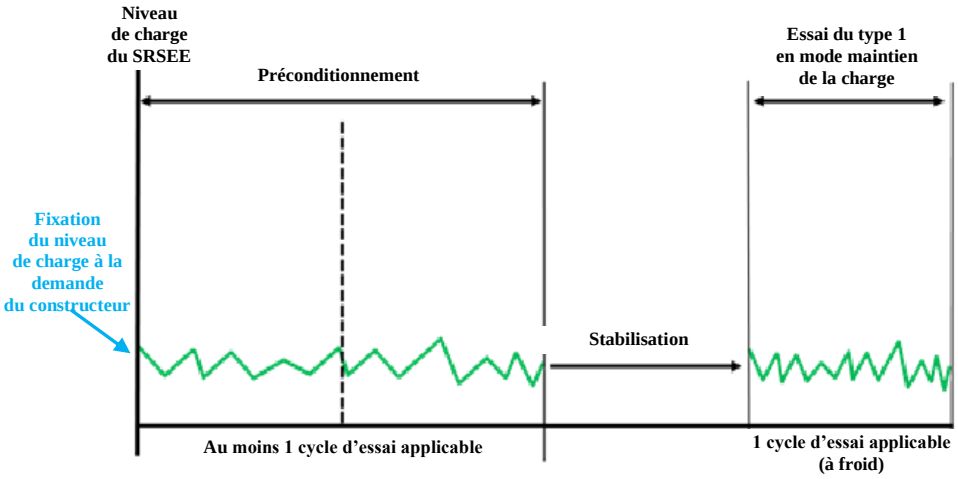
Figure A8.App1/1
VHE-RE, essai d'épuisement de la charge du type 1



1.2 Séquence d'essais VHE-RE selon l'option 2

Essai de maintien de la charge du type 1, non suivi d'un essai d'épuisement de la charge du type 1 (fig. A8.App1/2).

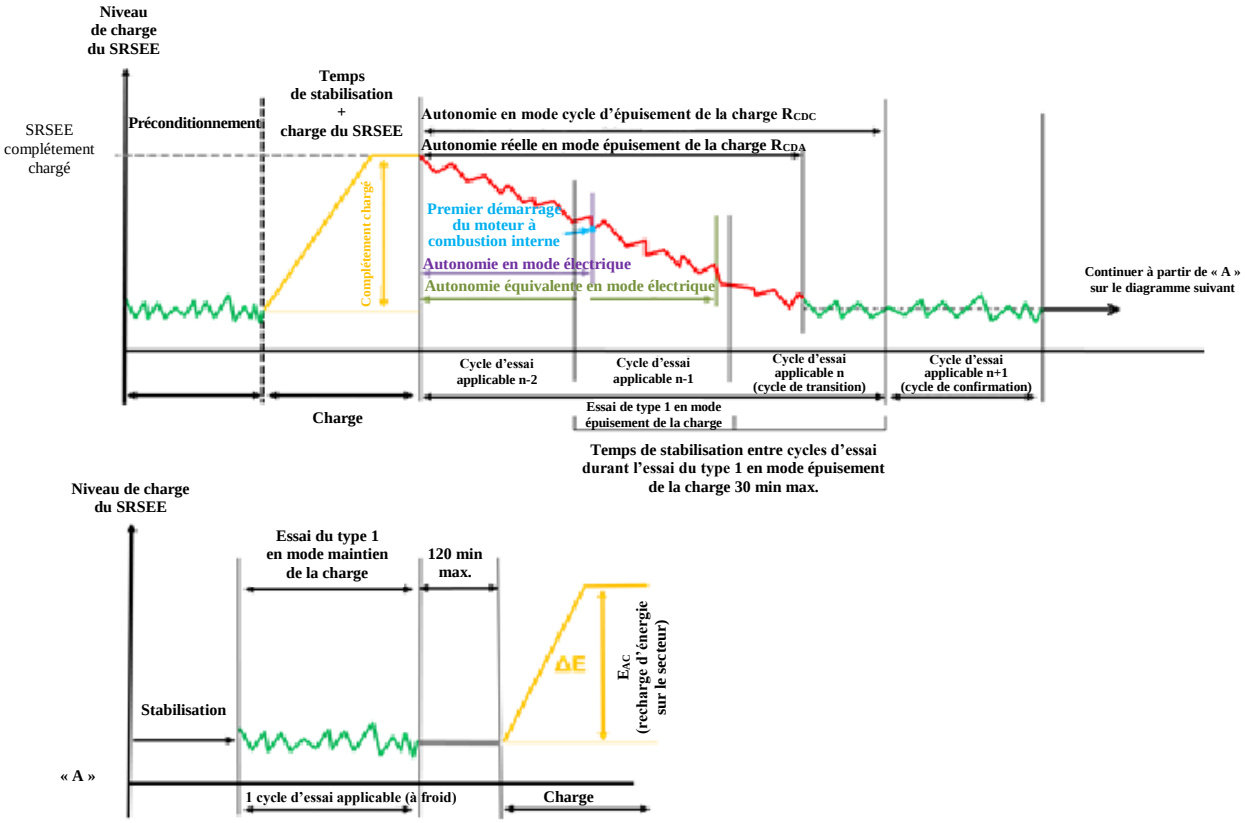
Figure A8.App1/2
VHE-RE, essai de maintien de la charge du type 1



1.3 Séquence d'essais VHE-RE selon l'option 3

Essai d'épuisement de la charge du type 1 suivi d'un essai de maintien de la charge du type 1 (fig. A8.App1/3)

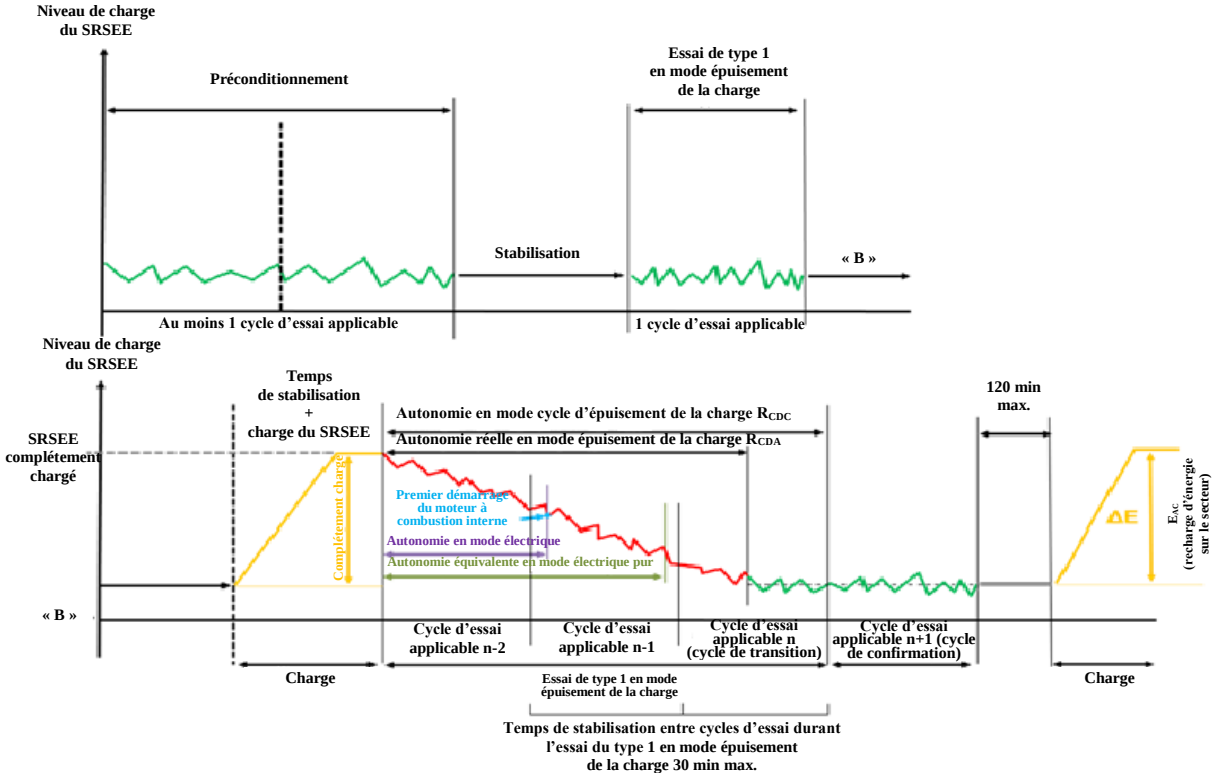
Figure A8.App1/3
VHE-RE, essai d'épuisement de la charge du type 1 suivi d'un essai de maintien de la charge du type 1



1.4 Séquence d'essais VHE-RE selon l'option 4

Essai de maintien de la charge du type 1 suivi d'un essai d'épuisement de la charge du type 1 (fig. A8.App1/4).

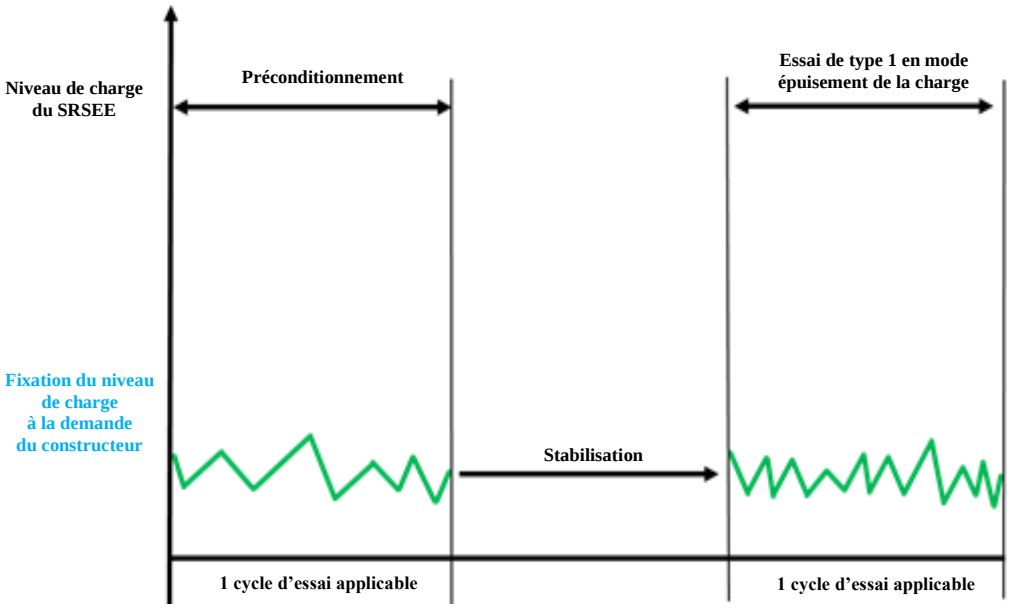
Figure A8.App1/4
VHE-RE, essai de maintien de la charge du type 1 suivi d'un essai d'épuisement de la charge du type 1



2. Séquence d'essais VHE-NRE et VHPC-NRE

Essai de maintien de la charge du type 1 (fig. A8.App1/5)

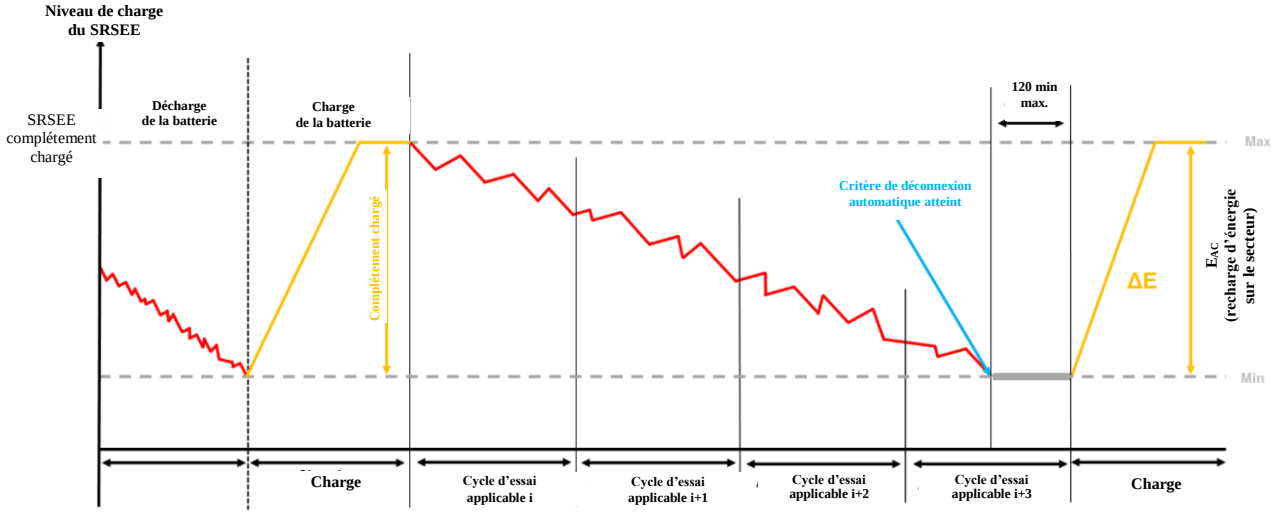
Figure A8.App1/5
VHE-NRE et VHPC-NRE, essai de maintien de la charge du type 1



3. Séquences d'essais VEP

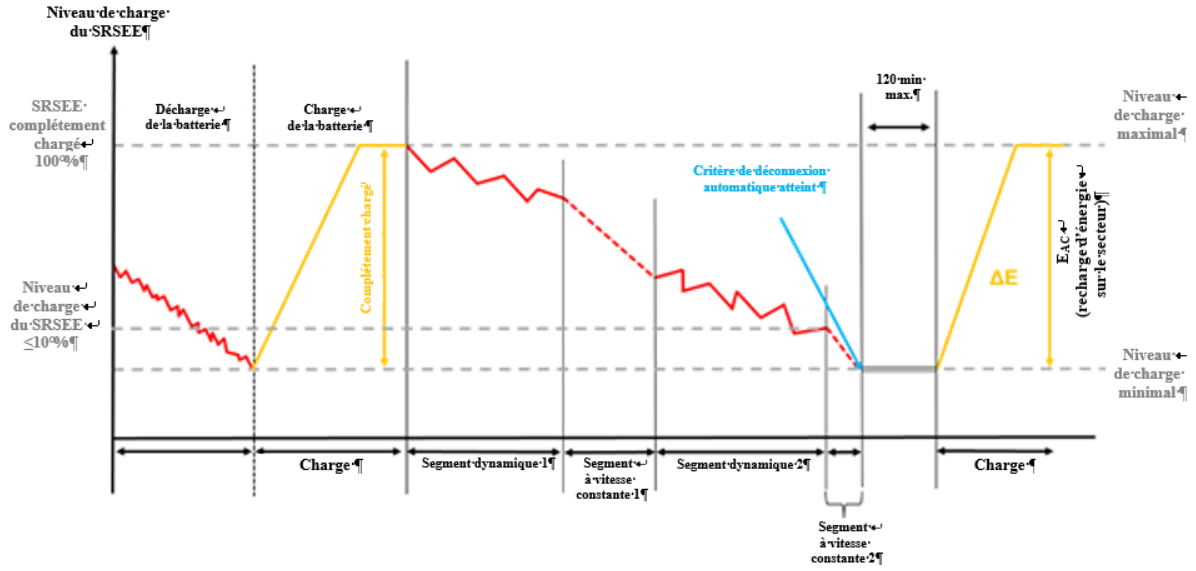
3.1 Procédure des cycles consécutifs (fig. A8.App1/6)

Figure A8.App1/6
Séquence d'essais des cycles consécutifs − VEP



3.2 Procédure d’essai abrégée (fig. A8.App1/7)

Figure A8.App1/7
Séquence d’essais abrégée pour les VEP



Annexe 8 − Appendice 2

Procédure de correction en fonction de la variation d'énergie du SRSEE

On trouvera dans le présent appendice la procédure de correction des émissions massiques de CO_2 de l'essai du type 1 en mode maintien de la charge pour les VHE-NRE et les VHE-RE, et de la consommation de carburant pour les VHPC-NRE, en fonction de la variation d'énergie électrique de l'ensemble des SRSEE.

1. Prescriptions générales

1.1 Applicabilité des dispositions du présent appendice

1.1.1 La consommation de carburant spécifique par phase pour les VHPC-NRE et les émissions massiques de CO_2 pour les VHE-NRE et les VHE-RE doivent être corrigées.

1.1.2 En cas d'application d'une correction de la consommation de carburant pour les VHPC-NRE, ou d'une correction des émissions massiques de CO_2 pour les VHE-NRE et les VHE-RE, mesurées sur le cycle complet, dans les conditions indiquées au paragraphe 1.1.3 ou 1.1.4 du présent appendice, on doit se reporter au paragraphe 4.3 de la présente annexe pour calculer la variation d'énergie du SRSEE en mode maintien de la charge, $\Delta E_{REESS,CS}$, dans le cadre de l'essai du type 1 en mode maintien de la charge. La période j considérée au paragraphe 4.3 ci-dessus est définie dans l'essai du type 1 en mode maintien de la charge.

1.1.3 La correction doit être appliquée dans le cas où $\Delta E_{REESS,CS}$ est négatif, ce qui correspond à une décharge du SRSEE, et où la valeur du critère de correction c, calculée au paragraphe 1.2 du présent appendice, est supérieure au seuil applicable, spécifié au tableau A8.App2/1.

1.1.4 Il est possible d'ignorer la correction et d'utiliser des valeurs non corrigées si :

a) $\Delta E_{REESS,CS}$ est positif, ce qui correspond à une charge du SRSEE, et si la valeur du critère de correction c, calculée au paragraphe 1.2 du présent appendice, est supérieure au seuil applicable, spécifié au tableau A8.App2/1 ;

b) La valeur du critère de correction c, calculée au paragraphe 1.2 du présent appendice, est inférieure au seuil applicable, spécifié au tableau A8.App2/1 ;

c) Le constructeur peut démontrer à l'autorité compétente, au moyen de mesures, qu'il n'existe aucune relation entre $\Delta E_{REESS,CS}$ et les émissions massiques de CO_2 en mode maintien de la charge et $\Delta E_{REESS,CS}$ et la consommation de carburant, respectivement.

1.2 Le critère de correction c représente le rapport entre la valeur absolue de la variation d'énergie électrique du SRSEE, $\Delta E_{REESS,CS}$ et le carburant. Il est calculé comme suit :

$$c = \frac{|\Delta E_{REESS,CS}|}{E_{fuel,CS}}$$

où :

$\Delta E_{REESS,CS}$ est la variation d'énergie du SRSEE en mode maintien de la charge, conformément au paragraphe 1.1.2 du présent appendice, en Wh ;

$E_{fuel,CS}$ est le contenu énergétique du carburant consommé en mode maintien de la charge, conformément au paragraphe 1.2.1 du

présent appendice dans le cas des VHE-NRE et des VHE-RE, et conformément au paragraphe 1.2.2 du présent appendice dans le cas des VHPC-NRE, en Wh.

1.2.1 Contenu énergétique du carburant consommé en mode maintien de la charge pour les VHE-NRE et les VHE-RE

Le contenu énergétique du carburant consommé en mode maintien de la charge pour les VHE-NRE et les VHE-RE est calculé au moyen de l'équation suivante :

$$E_{fuel,CS} = 10 \times HV \times FC_{CS,nb} \times d_{CS}$$

où :

$E_{fuel,CS}$ est le contenu énergétique du carburant consommé en mode maintien de la charge, dans le cadre du cycle d'essai WLTP applicable de l'essai du type 1 en mode maintien de la charge, en Wh ;

HV est le pouvoir calorifique, conformément au tableau A6.App2/1, en kWh/l ;

$FC_{CS,nb}$ est la consommation de carburant non compensée en mode maintien de la charge pour l'essai du type 1 en mode maintien de la charge, non corrigée pour le bilan énergétique, déterminée conformément au paragraphe 6 de l'annexe 7, sur la base des valeurs d'émissions gazeuses du tableau A8/5, étape nº 2, en l/100 km ;

d_{CS} est la distance parcourue sur le cycle d'essai WLTP applicable correspondant, en km ;

10 est le facteur de conversion en Wh.

1.2.2 Contenu énergétique du carburant consommé en mode maintien de la charge pour les VHPC-NRE

Le contenu énergétique du carburant consommé en mode maintien de la charge pour les VHPC-NRE est calculé au moyen de l'équation suivante :

$$E_{fuel,CS} = \frac{1}{0,36} \times 121 \times FC_{CS,nb} \times d_{CS}$$

$E_{fuel,CS}$ est le contenu énergétique du carburant consommé en mode maintien de la charge, dans le cadre du cycle d'essai WLTP applicable de l'essai du type 1 en mode maintien de la charge, en Wh ;

121 est le pouvoir calorifique inférieur de l'hydrogène en MJ/kg ;

$FC_{CS,nb}$ est la consommation de carburant non compensée en mode maintien de la charge pour l'essai du type 1 en mode maintien de la charge, non corrigée pour le bilan énergétique, déterminée conformément au tableau A8/7, étape nº 1, en kg/100 km ;

d_{CS} est la distance parcourue sur le cycle d'essai WLTP applicable correspondant, en km ;

$\frac{1}{0,36}$ est le facteur de conversion en Wh.

Tableau A8.App2/1
Seuils de correction du RCB

Cycle d'essai du type 1 applicable	*Low + Medium*	*Low + Medium + High*	*Low + Medium + High + Extra High*
Seuil pour le critère de correction c	0,015	0,01	0,005

2. Calcul des coefficients de correction

2.1 Le coefficient de correction des émissions massiques de CO_2, K_{CO2}, le coefficient de correction de la consommation de carburant, $K_{fuel,FCHV}$, et, si le constructeur le demande, les coefficients de correction spécifiques par phase, $K_{CO2,p}$ et $K_{fuel,FCHV,p}$, doivent être définis sur la base des cycles d'essai du type 1 en mode maintien de la charge applicables.

Dans le cas où le véhicule H a été soumis à essai en vue de la définition du coefficient de correction pour les émissions massiques de CO_2 des VHE-NRE et des VHE-RE, ledit coefficient peut être appliqué dans la famille d'interpolation.

2.2 Les coefficients de correction doivent être déterminés à partir d'un ensemble d'essais du type 1 en mode maintien de la charge conformément au paragraphe 3 du présent appendice. Le nombre d'essais réalisé par le constructeur doit être égal ou supérieur à cinq.

Le constructeur peut demander que le niveau de charge du SRSEE soit fixé avant l'essai conformément à sa recommandation et comme indiqué au paragraphe 3 du présent appendice. Cette façon de procéder ne doit être employée que pour réaliser un essai du type 1 en mode maintien de la charge avec un signe opposé pour $\Delta E_{REESS,CS}$, sous réserve de l'accord de l'autorité compétente.

L'ensemble de mesures doit satisfaire aux critères suivants :

a) Il doit comprendre au moins un essai pour lequel $\Delta E_{REESS,CS,n} \leq 0$ et au moins un essai pour lequel $\Delta E_{REESS,CS,n} > 0$. $\Delta E_{REESS,CS,n}$ est la somme des variations d'énergie électrique de tous les SRSEE pour l'essai n, calculée conformément au paragraphe 4.3 de la présente annexe ;

b) L'écart de valeur pour $M_{CO2,CS}$ entre la variation d'énergie électrique négative la plus haute et la variation d'énergie électrique positive la plus haute doit être supérieur ou égal à 5 g/km. Ce critère n'est cependant pas applicable pour la détermination de $K_{fuel,FCHV}$.

S'agissant de la détermination de K_{CO2}, le nombre d'essais requis peut être réduit à trois s'il est satisfait aux critères ci-après en plus des critères a) et b) :

c) L'écart de valeur pour $M_{CO2,CS}$ entre deux mesures consécutives, en ce qui concerne la variation d'énergie électrique durant l'essai, doit être inférieur ou égal à 10 g/km ;

d) Outre le critère b), l'essai pour lequel la variation d'énergie électrique négative est la plus haute et l'essai pour lequel la variation d'énergie électrique positive est la plus haute ne doivent pas produire des résultats se trouvant dans la plage définie comme suit :

$$-0{,}01 \leq \frac{\Delta E_{REESS}}{E_{fuel}} \leq +0{,}01$$

où :

E_{fuel} est le contenu énergétique du carburant consommé, calculé conformément au paragraphe 1.2 du présent appendice, en Wh ;

e) L'écart de valeur pour $M_{CO2,CS}$ entre l'essai produisant la variation d'énergie électrique négative la plus haute et le point médian, et l'écart de valeur pour $M_{CO2,CS}$ entre le point médian et l'essai produisant la variation d'énergie électrique positive la plus haute doivent être comparables et doivent figurer de préférence dans la plage spécifiée pour le critère d). S'il est impossible de respecter cette prescription, l'autorité compétente doit décider si un nouvel essai est nécessaire.

Les coefficients de correction déterminés par le constructeur doivent être examinés et approuvés par l'autorité compétente avant d'être appliqués.

Si un ensemble de cinq essais au moins ne satisfait pas au critère a) ou au critère b), ou à ces deux critères à la fois, le constructeur doit expliquer à l'autorité compétente pourquoi le véhicule ne peut satisfaire à l'un de ces critères ou aux deux. Si elle n'est pas satisfaite par cette explication, l'autorité compétente peut demander l'exécution d'essais supplémentaires. S'il n'est toujours pas satisfait aux critères à l'issue des essais supplémentaires, l'autorité compétente doit choisir un coefficient de correction modéré en fonction des mesures.

2.3 Calcul des coefficients de correction $K_{fuel,FCHV}$ et K_{CO2}

2.3.1 Détermination du coefficient de correction de la consommation de carburant $K_{fuel,FCHV}$

Pour les VHPC-NRE, le coefficient de correction de la consommation de carburant $K_{fuel,FCHV}$, déterminé en exécutant un ensemble d'essais du type 1 en mode maintien de la charge, s'obtient au moyen de l'équation suivante :

$$K_{fuel,FCHV} = \frac{\sum_{n=1}^{n_{CS}} \left(\left(EC_{DC,CS,n} - EC_{DC,CS,avg} \right) \times \left(FC_{CS,nb,n} - FC_{CS,nb,avg} \right) \right)}{\sum_{n=1}^{n_{CS}} \left(EC_{DC,CS,n} - EC_{DC,CS,avg} \right)^2}$$

où :

$K_{fuel,FCHV}$ est le coefficient de correction de la consommation de carburant (kg/100 km)/(Wh/km) ;

$EC_{DC,CS,n}$ est la consommation d'énergie électrique en mode maintien de la charge pour l'essai n, sur la base de l'épuisement de la charge du SRSEE conformément à l'équation ci-après, en Wh/km ;

$EC_{DC,CS,avg}$ est la consommation d'énergie électrique moyenne en mode maintien de la charge pour les n_{CS} essais, sur la base de l'épuisement de la charge du SRSEE conformément à l'équation ci-après, en Wh/km ;

$FC_{CS,nb,n}$ est la consommation de carburant en mode maintien de la charge pour l'essai n, non corrigée pour le bilan énergétique, déterminée conformément au tableau A8/7, étape n° 1, en kg/100 km ;

$FC_{CS,nb,avg}$ est la moyenne arithmétique des consommations de carburant en mode maintien de la charge pour les n_{CS} essais fondés sur la consommation de carburant, non corrigée pour le bilan énergétique, conformément à l'équation ci-après, en kg/100 km ;

n est le numéro d'ordre de l'essai considéré ;

n_{CS} est le nombre total d'essais ;

et :

$$EC_{DC,CS,avg} = \frac{1}{n_{CS}} \times \sum_{n=1}^{n_{CS}} EC_{DC,CS,n}$$

et :

$$FC_{CS,nb,avg} = \frac{1}{n_{CS}} \times \sum_{n=1}^{n_{CS}} FC_{CS,nb,n}$$

et :

$$EC_{DC,CS,n} = \frac{\Delta E_{REESS,CS,n}}{d_{CS,n}}$$

où :

$\Delta E_{REESS,CS,n}$ est la variation d'énergie électrique du SRSEE en mode maintien de la charge pour l'essai n conformément au paragraphe 1.1.2 du présent appendice, en Wh ;

$d_{CS,n}$ est la distance parcourue au cours de l'essai n correspondant du type 1 en mode maintien de la charge, en km.

Le coefficient de correction de la consommation de carburant doit être arrondi à quatre chiffres significatifs. La signification statistique de ce coefficient doit être évaluée par l'autorité compétente.

2.3.1.1 Il est permis d'utiliser le coefficient de correction de la consommation de carburant obtenu à partir des essais sur tout le cycle d'essai WLTP applicable aux fins de la correction de chaque phase.

2.3.1.2 En sus des dispositions du paragraphe 2.2 du présent appendice, il est possible de calculer des coefficients de correction de la consommation de carburant distincts pour les différentes phases, $K_{fuel,FCHV,p}$, à la demande du constructeur et sous réserve de l'accord de l'autorité compétente. Dans ce cas, il convient de respecter pour chaque phase les mêmes critères que ceux énoncés au paragraphe 2.2 ci-dessus et d'appliquer pour chaque phase la procédure décrite au paragraphe 2.3.1 du présent appendice de façon à déterminer le coefficient de correction spécifique pour la phase considérée.

2.3.2 Détermination du coefficient de correction des émissions massiques de CO_2 K_{CO2}

Pour les VHE-RE et les VHE-NRE, le coefficient de correction des émissions massiques de CO_2 K_{CO2}, déterminé en exécutant un ensemble d'essais du type 1 en mode maintien de la charge, s'obtient au moyen de l'équation suivante :

$$\mathbf{K_{CO2}} = \frac{\sum_{n=1}^{n_{CS}} \left(\left(\mathbf{EC_{DC,CS,n}} - \mathbf{EC_{DC,CS,avg}} \right) \times \left(\mathbf{M_{CO2,CS,nb,n}} - \mathbf{M_{CO2,CS,nb,avg}} \right) \right)}{\sum_{n=1}^{n_{CS}} \left(\mathbf{EC_{DC,CS,n}} - \mathbf{EC_{DC,CS,avg}} \right)^2}$$

où :

K_{CO2} est le coefficient de correction des émissions massiques de CO_2 (g/km)/(Wh/km) ;

$EC_{DC,CS,n}$ est la consommation d'énergie électrique en mode maintien de la charge pour l'essai n, sur la base de l'épuisement de la charge du SRSEE conformément au paragraphe 2.3.1 du présent appendice, en Wh/km ;

$EC_{DC,CS,avg}$ est la moyenne arithmétique des consommations d'énergie électrique en mode maintien de la charge pour les n_{CS} essais, sur la base de l'épuisement de la charge du SRSEE conformément au paragraphe 2.3.1 du présent appendice, en Wh/km ;

$M_{CO2,CS,nb,n}$ représente les émissions massiques de CO_2 en mode maintien de la charge pour l'essai n, non corrigées pour le bilan énergétique, calculées conformément au tableau A8/5, étape nº 2, en g/km ;

$M_{CO2,CS,nb,avg}$ est la moyenne arithmétique des émissions massiques de CO_2 en mode maintien de la charge pour les n_{CS} essais fondés sur les émissions massiques de CO_2, non corrigées pour le bilan énergétique, conformément à l'équation ci-après, en g/km ;

n est le numéro d'ordre de l'essai considéré ;

n_{CS} est le nombre total d'essais ;

et :

$$M_{CO2,CS,nb,avg} = \frac{1}{n_{CS}} \times \sum_{n=1}^{n_{CS}} M_{CO2,CS,nb,n}$$

Le coefficient de correction des émissions massiques de CO_2 doit être arrondi à quatre chiffres significatifs. La signification statistique de ce coefficient doit être évaluée par l'autorité compétente.

2.3.2.1 Il est permis d'utiliser le coefficient de correction des émissions massiques de CO_2 obtenu à partir des essais sur tout le cycle d'essai WLTP applicable aux fins de la correction de chaque phase.

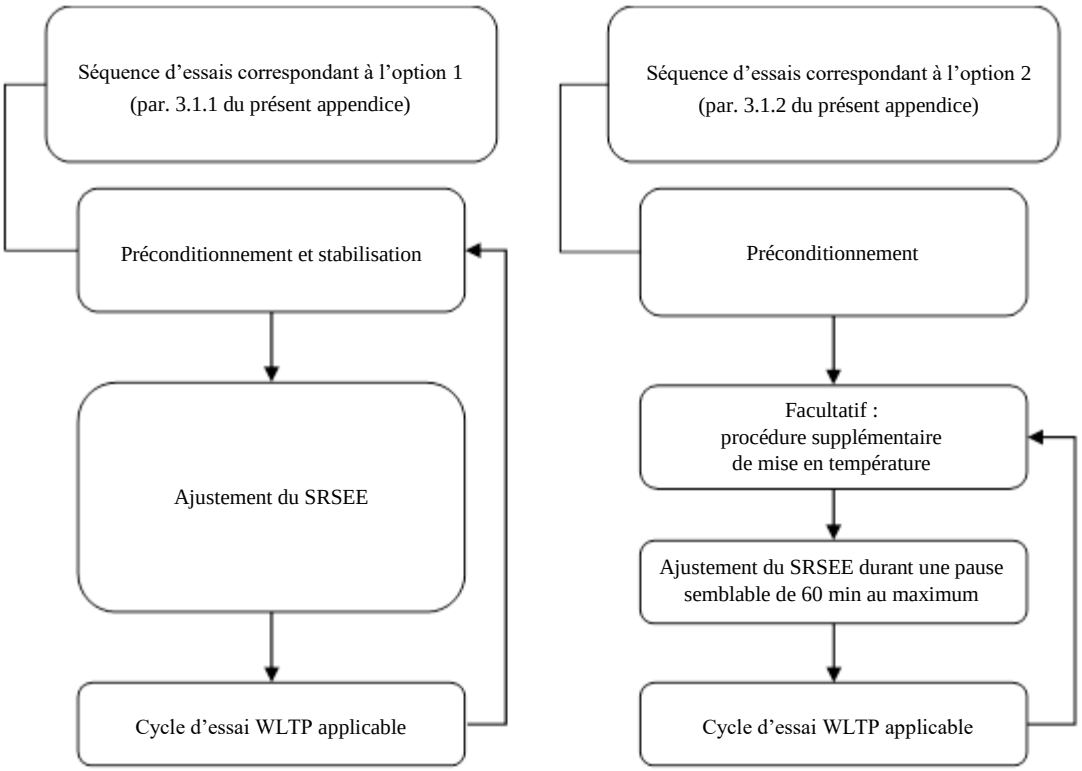
2.3.2.2 En sus des dispositions du paragraphe 2.2 du présent appendice, il est possible de calculer des coefficients de correction des émissions massiques de CO_2 distincts pour les différentes phases, $K_{CO2,p}$, à la demande du constructeur et avec l'accord de l'autorité compétente. Dans ce cas, il convient de respecter pour chaque phase les mêmes critères que ceux énoncés au paragraphe 2.2 ci-dessus et d'appliquer pour chaque phase la procédure décrite au paragraphe 2.3.2 du présent appendice de façon à déterminer le coefficient de correction spécifique pour la phase considérée.

3. Procédure d'essai pour la détermination des coefficients de correction

3.1 VHE-RE

En ce qui concerne les VHE-RE, l'une des séquences d'essais ci-après (voir la figure A8.App2/1) doit être appliquée pour obtenir toutes les valeurs requises en vue de déterminer les coefficients de correction conformément au paragraphe 2 du présent appendice.

Figure A8.App2/1
Séquences d'essais pour les VHE-RE



3.1.1 Séquence d'essais correspondant à l'option 1

3.1.1.1 Préconditionnement et stabilisation thermique

Les véhicules doivent subir un préconditionnement et une stabilisation thermique conformément au paragraphe 2.1 de l'appendice 4 de la présente annexe.

3.1.1.2 Ajustement du SRSEE

Avant d'exécuter la procédure d'essai décrite au paragraphe 3.1.1.3 du présent appendice, le constructeur peut ajuster le SRSEE. Dans tous les cas, il doit démontrer que les conditions requises pour lancer l'essai décrit au 3.1.1.3 du présent appendice sont réunies.

3.1.1.3 Procédure d'essai

3.1.1.3.1 Le mode de fonctionnement du véhicule pour le cycle d'essai WLTP applicable doit être sélectionné conformément au paragraphe 3 de l'appendice 6 de la présente annexe.

3.1.1.3.2 Dans le cadre de l'essai, il convient d'exécuter le cycle d'essai WLTP applicable conformément au paragraphe 1.4.2 de la présente annexe.

3.1.1.3.3 Sauf indication contraire dans le présent appendice, le véhicule doit être soumis à la procédure d'essai du type 1 décrite à l'annexe 6.

3.1.1.3.4 Afin d'obtenir un ensemble de cycles d'essai WLTP applicables en vue de déterminer les coefficients de correction, on peut faire suivre l'essai du nombre de séquences consécutives requis, conformément au paragraphe 2.2 du présent appendice, comprenant les opérations des paragraphes 3.1.1.1 à 3.1.1.3 dudit appendice.

3.1.2 Séquence d'essais correspondant à l'option 2

3.1.2.1 Préconditionnement

Le véhicule soumis à essai doit être préconditionné conformément au paragraphe 2.1.1 ou 2.1.2 de l'appendice 4 de la présente annexe.

3.1.2.2 Ajustement du SRSEE

À la suite du préconditionnement, la phase de stabilisation thermique, exécutée conformément au paragraphe 2.1.3 de l'appendice 4 de la présente annexe, doit être ignorée et une pause, permettant de procéder à l'ajustement du SRSEE, doit être observée durant 60 min au maximum. Chaque essai doit être précédé d'une pause semblable. Une fois le temps de pause écoulé, il convient d'exécuter sans délai la procédure décrite au paragraphe 3.1.2.3 ci-après.

À la demande du constructeur, une procédure supplémentaire de mise en température peut être exécutée avant l'ajustement du SRSEE de façon à obtenir des conditions de démarrage semblables pour la détermination des coefficients de correction. Si le constructeur demande que cette procédure supplémentaire ait lieu, la même procédure doit être reproduite au cours de la séquence d'essais.

3.1.2.3 Procédure d'essai

3.1.2.3.1 Le mode de fonctionnement du véhicule pour le cycle d'essai WLTP applicable doit être sélectionné conformément au paragraphe 3 de l'appendice 6 de la présente annexe.

3.1.2.3.2 Dans le cadre de l'essai, il convient d'exécuter le cycle d'essai WLTP applicable conformément au paragraphe 1.4.2 de la présente annexe.

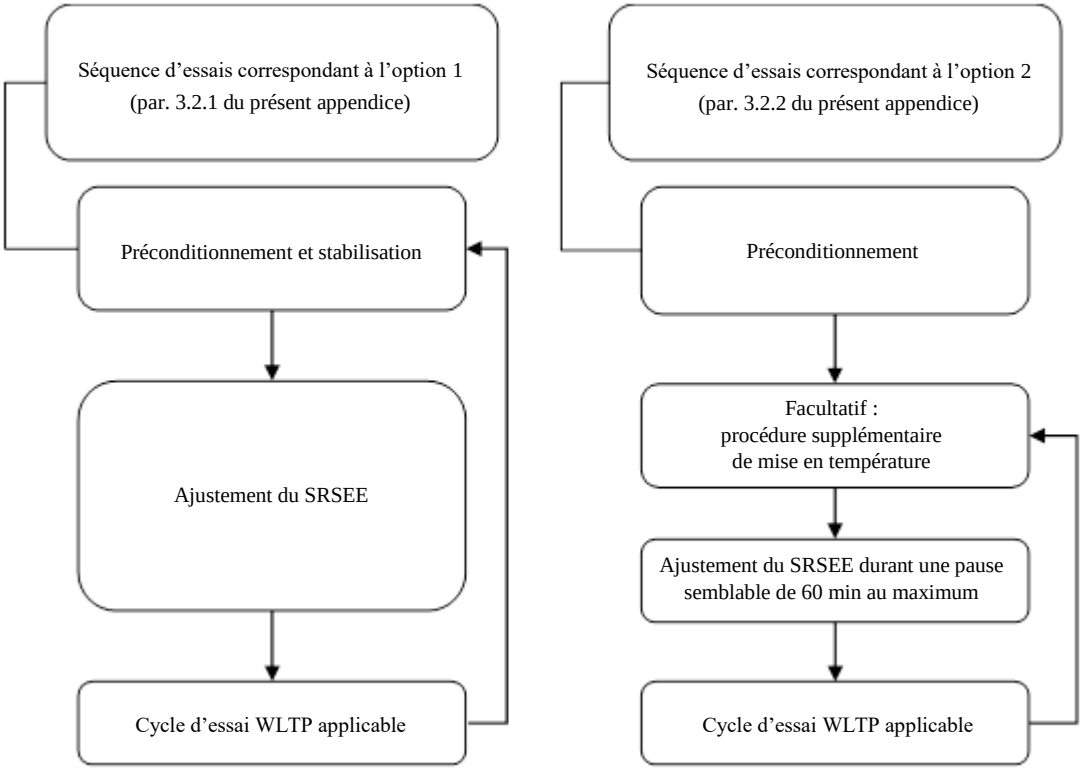
3.1.2.3.3 Sauf indication contraire dans le présent appendice, le véhicule doit être soumis à la procédure d'essai du type décrite à l'annexe 6.

3.1.2.3.4 Afin d'obtenir un ensemble de cycles d'essai WLTP applicables en vue de déterminer les coefficients de correction, on peut faire suivre l'essai du nombre de séquences consécutives requis, conformément au paragraphe 2.2 du présent appendice, comprenant les opérations des paragraphes 3.1.2.2 et 3.1.2.3 dudit appendice.

3.2 VHE-NRE et VHPC-NRE

En ce qui concerne les VHE-NRE et les VHPC-NRE, l'une des séquences d'essais ci-après (voir la figure A8.App2/2) doit être appliquée pour obtenir toutes les valeurs requises en vue de déterminer les coefficients de correction conformément au paragraphe 2 du présent appendice.

Figure A8.App2/2
Séquences d'essais pour les VHE-NRE et les VHPC-NRE



3.2.1 Séquence d'essais correspondant à l'option 1

3.2.1.1 Préconditionnement et stabilisation thermique

Le véhicule soumis à essai doit subir un préconditionnement et une stabilisation thermique conformément au paragraphe 3.3.1 de la présente annexe.

3.2.1.2 Ajustement du SRSEE

Avant d'exécuter la procédure d'essai décrite au paragraphe 3.2.1.3 du présent appendice, le constructeur peut ajuster le SRSEE. Dans tous les cas, il doit démontrer que les conditions requises pour lancer l'essai décrit au 3.2.1.3 du présent appendice sont réunies.

3.2.1.3 Procédure d'essai

3.2.1.3.1 Le mode de fonctionnement du véhicule doit être sélectionné conformément au paragraphe 3 de l'appendice 6 de la présente annexe.

3.2.1.3.2 Dans le cadre de l'essai, il convient d'exécuter le cycle d'essai WLTP applicable conformément au paragraphe 1.4.2 de la présente annexe.

3.2.1.3.3 Sauf indication contraire dans le présent appendice, le véhicule doit être soumis à la procédure d'essai du type 1 en mode maintien de la charge décrite à l'annexe 6.

3.2.1.3.4 Afin d'obtenir un ensemble de cycles d'essai WLTP applicables en vue de déterminer les coefficients de correction, on peut faire suivre l'essai du nombre de séquences consécutives requis, conformément au paragraphe 2.2 du présent appendice, comprenant les opérations des paragraphes 3.2.1.1 à 3.2.1.3 dudit appendice.

3.2.2 Séquence d'essais correspondant à l'option 2

3.2.2.1 Préconditionnement

Le véhicule soumis à essai doit subir un préconditionnement conformément au paragraphe 3.3.1.1 de la présente annexe.

3.2.2.2 Ajustement du SRSEE

À la suite du préconditionnement, la phase de stabilisation thermique, exécutée conformément au paragraphe 3.3.1.2 de la présente annexe, doit être ignorée et une pause, permettant de procéder à l'ajustement du SRSEE, doit être observée durant 60 min au maximum. Chaque essai doit être précédé d'une pause semblable. Une fois le temps de pause écoulé, il convient d'exécuter sans délai la procédure décrite au paragraphe 3.2.2.3 ci-après.

À la demande du constructeur, une procédure supplémentaire de mise en température peut être exécutée avant l'ajustement du SRSEE de façon à obtenir des conditions de démarrage semblables pour la détermination des coefficients de correction. Si le constructeur demande que cette procédure supplémentaire ait lieu, la même procédure doit être reproduite au cours de la séquence d'essais.

3.2.2.3 Procédure d'essai

3.2.2.3.1 Le mode de fonctionnement du véhicule pour le cycle d'essai WLTP applicable doit être sélectionné conformément au paragraphe 3 de l'appendice 6 de la présente annexe.

3.2.2.3.2 Dans le cadre de l'essai, il convient d'exécuter le cycle d'essai WLTP applicable conformément au paragraphe 1.4.2 de la présente annexe.

3.2.2.3.3 Sauf indication contraire dans le présent appendice, le véhicule doit être soumis à la procédure d'essai du type 1 décrite à l'annexe 6.

3.2.2.3.4 Afin d'obtenir un ensemble de cycles d'essai WLTP applicables en vue de déterminer les coefficients de correction, on peut faire suivre l'essai du nombre de séquences consécutives requis, conformément au paragraphe 2.2 du présent appendice, comprenant les opérations des paragraphes 3.2.2.2 et 3.2.2.3 dudit appendice.

Annexe 8 − Appendice 3

Détermination du courant et de la tension des SRSEE pour les VHE-NRE, VHE-RE, VEP et VHPC-NRE

1. Introduction

1.1 Le présent appendice définit la méthode et les instruments à utiliser pour déterminer le courant et la tension des SRSEE des VHE-NRE, VHE-RE, VEP et VHPC-NRE.

1.2 La mesure du courant et de la tension d'un SRSEE doit débuter au moment où débute l'essai et doit prendre fin à la fin de l'essai auquel le véhicule est soumis.

1.3 Le courant et la tension du SRSEE doivent être déterminés pour chaque phase.

1.4 La liste des instruments employés par le constructeur pour mesurer la tension et le courant du SRSEE (comportant des informations sur le fabricant de l'instrument, la référence du modèle, le numéro de série et les dernières dates d'étalonnage (s'il y a lieu)) durant :

a) L'essai du type 1 conformément au paragraphe 3 de la présente annexe ;

b) La procédure permettant de déterminer les coefficients de correction conformément à l'appendice 2 de la présente annexe (s'il y a lieu) ;

c) Toute procédure pouvant être requise par une Partie contractante ;

doit être communiquée à l'autorité compétente.

2. Courant du SRSEE

L'épuisement de la charge du SRSEE est considéré comme un courant négatif.

2.1 Mesure extérieure du courant du SRSEE

2.1.1 Lors des essais, le ou les courants doivent être mesurés à l'aide d'un ampèremètre du type à pince ou en boucle fermée. Le système de mesure du courant doit satisfaire aux prescriptions du tableau A8/1 de la présente annexe. Le ou les transducteurs de courant doivent pouvoir faire face aux courants de pointe lors du démarrage du moteur et aux conditions thermiques au point de mesure.

Pour une mesure précise, on effectuera un réglage du zéro et une démagnétisation avant l'essai conformément aux instructions du fabricant.

2.1.2 Les transducteurs de courant doivent être reliés à l'un quelconque des SRSEE au moyen de l'un des conducteurs directement raccordés au SRSEE et doivent inclure la totalité du courant du SRSEE.

Dans le cas de câbles blindés, des méthodes appropriées doivent être appliquées conformément aux instructions de l'autorité compétente.

Pour faciliter la mesure du courant du SRSEE à l'aide d'un appareil de mesure extérieur, le constructeur devrait monter d'origine sur le véhicule des points de raccordement appropriés, sûrs et accessibles. Si cela n'est pas faisable, le constructeur est tenu d'aider l'autorité compétente en fournissant les moyens de relier de la manière décrite ci-dessus un transducteur de courant à l'un des conducteurs directement raccordés au SRSEE.

2.1.3 Le courant à la sortie du transducteur doit être échantillonné à une fréquence de 20 Hz au minimum. Le courant mesuré doit être intégré dans le temps de façon à obtenir la valeur mesurée Q, exprimée en ampères-heures (Ah). L'intégration peut être effectuée dans le système de mesure du courant.

2.2 Données des calculateurs embarqués

Au lieu d'appliquer les dispositions du paragraphe 2.1 du présent appendice pour la mesure du courant d'un SRSEE, le constructeur peut également avoir recours aux données des calculateurs embarqués. L'exactitude de ces données doit être démontrée à l'autorité compétente.

3. Tension du SRSEE

3.1 Mesure extérieure de la tension du SRSEE

Lors des essais décrits au paragraphe 3 de la présente annexe, la tension du SRSEE doit être mesurée au moyen des appareils et selon les exigences de précision spécifiés au paragraphe 1.1 de la même annexe. Aux fins de la mesure de la tension du SRSEE à l'aide d'un appareil de mesure extérieur, les constructeurs doivent indiquer à l'autorité compétente des points de mesure.

3.2 Tension nominale du SRSEE

En ce qui concerne les VHE-NRE, les VHPC-NRE et les VHE-RE, plutôt que d'utiliser la tension mesurée conformément au paragraphe 3.1 du présent appendice, on peut se servir de la tension nominale du SRSEE, déterminée selon la CEI 60050-482.

3.3 Données des calculateurs embarqués

Au lieu d'appliquer les dispositions des paragraphes 3.1 et 3.2 ci-dessus, le constructeur peut avoir recours aux données des calculateurs embarqués. L'exactitude de ces données doit être démontrée à l'autorité compétente.

Annexe 8 − Appendice 4

Conditions de préconditionnement, de stabilisation thermique et de charge des SRSEE pour les VEP et les VHE-RE

1. On trouvera dans le présent appendice la procédure à suivre pour le préconditionnement du SRSEE et du moteur à combustion en vue de préparer :

   a) Les mesures de l'autonomie électrique, de la décharge et du maintien de la charge dans le cadre de l'essai d'un VHE-RE ;

   b) Les mesures de l'autonomie électrique et de la consommation d'énergie électrique dans le cadre de l'essai d'un VEP.

2. Préconditionnement et stabilisation thermique d'un VHE-RE

2.1 Préconditionnement et stabilisation thermique lorsque la procédure d'essai débute par un essai de maintien de la charge

2.1.1 Pour le préconditionnement du moteur à combustion, il convient de soumettre le véhicule à un cycle d'essai WLTP applicable au minimum. Lors de chaque cycle de préconditionnement exécuté, le niveau de charge du SRSEE doit être déterminé. Le préconditionnement doit être arrêté à la fin du cycle d'essai WLTP applicable lorsqu'il est satisfait au critère de déconnexion automatique conformément aux dispositions du paragraphe 3.2.4.5 de la présente annexe.

2.1.2 Au lieu d'appliquer les dispositions du paragraphe 2.1.1 du présent appendice, il est également possible, à la demande du constructeur et avec l'accord de l'autorité compétente, de fixer le niveau de charge du SRSEE pour l'essai du type 1 en mode maintien de la charge suivant la recommandation du constructeur, de manière à exécuter un essai de maintien de la charge.

Dans ce cas, on aura recours à une procédure de préconditionnement telle que celle applicable aux véhicules équipés uniquement d'un moteur à combustion interne décrite au paragraphe 2.6 de l'annexe 6.

2.1.3 La stabilisation thermique du véhicule doit s'effectuer conformément aux prescriptions du paragraphe 2.7 de l'annexe 6.

2.2 Préconditionnement et stabilisation thermique lorsque la procédure d'essai débute par un essai d'épuisement de la charge

2.2.1 Les VHE-RE doivent être soumis à un cycle d'essai WLTP applicable au minimum. Lors de chaque cycle de préconditionnement exécuté, le niveau de charge du SRSEE doit être déterminé. Le préconditionnement doit être arrêté à la fin du cycle d'essai WLTP applicable lorsqu'il est satisfait au critère de déconnexion automatique conformément aux dispositions du paragraphe 3.2.4.5 de la présente annexe.

2.2.2 La stabilisation thermique du véhicule doit s'effectuer conformément aux prescriptions du paragraphe 2.7 de l'annexe 6. Les véhicules préconditionnés en vue de l'essai du type 1 ne doivent pas être soumis à un refroidissement forcé. Lors de la stabilisation thermique, le SRSEE doit être chargé conformément à la procédure de charge normale décrite ci-après.

2.2.3 Application d'une charge normale

2.2.3.1 Le SRSEE doit être chargé à la température ambiante, comme indiqué au paragraphe 2.2.2.2 de l'annexe 6 :

   a) Au moyen du chargeur embarqué, si un tel chargeur existe ;

   b) Au moyen d'un chargeur externe recommandé par le constructeur, en suivant le mode de charge prescrit pour une charge normale.

Ces méthodes excluent tous les types de recharges spéciales qui pourraient être lancées automatiquement ou manuellement, comme par exemple les recharges d'égalisation ou d'entretien. Le constructeur doit déclarer qu'il n'y a pas eu d'opération de recharge spéciale au cours de l'essai.

2.2.3.2 Critère de fin de charge

Il est satisfait au critère de fin de charge lorsque les instruments embarqués ou externes détectent une charge complète pour le SRSEE.

3. Préconditionnement d'un VEP

3.1 Charge initiale du SRSEE

Pour charger le SRSEE initialement, il convient de le décharger puis d'appliquer une charge normale.

3.1.1 Décharge du SRSEE

La procédure d'épuisement de la charge doit être exécutée conformément à la recommandation du constructeur. Ce dernier doit garantir que le SRSEE est déchargé autant qu'il est possible de le faire au moyen de la procédure d'épuisement de la charge.

3.1.2 Application d'une charge normale

Le SRSEE doit être chargé conformément aux dispositions du paragraphe 2.2.3.1 du présent appendice.

Annexe 8 − Appendice 5

Facteurs d'utilisation pour les VHE-RE

1. Chaque Partie contractante peut définir ses propres facteurs d'utilisation.

2. La méthode recommandée pour obtenir une courbe des facteurs d'utilisation sur la base des statistiques de conduite est présentée dans la norme SAE J2841 (de septembre 2010 ; norme publiée en mars 2009 et révisée en septembre 2010).

3. Pour le calcul d'un facteur d'utilisation partiel, UF_j, aux fins de la pondération de la période j, on applique l'équation suivante en utilisant les coefficients du tableau A8.App5/1 :

$$UF_j(d_j) = 1 - \exp\left\{-\left(\sum_{i=1}^{k} C_i \times \left(\frac{d_j}{d_n}\right)^i\right)\right\} - \sum_{l=1}^{j-1} UF_l$$

où :

UF_j est le facteur d'utilisation pour la période j ;

d_j est la distance parcourue constatée à la fin de la période j, en km ;

C_i est le i^e coefficient (voir le tableau A8.App5/1) ;

d_n est la distance normalisée (voir le tableau A8.App5/1), en km ;

k est le nombre de termes et de coefficients dans l'exposant ;

j est le numéro d'ordre de la période considérée ;

i est le numéro d'ordre du terme/coefficient considéré ;

$\sum_{l=1}^{j-1} UF_1$ est la somme des facteurs d'utilisation calculés jusqu'à la période (j-1).

Tableau A8.App5/1
Paramètres à prendre en compte pour la détermination régionale des facteurs d'utilisation partiels

Paramètre	*Europe*	*Japon*	*États-Unis (parc)*	*États-Unis (individuel)*
d_n	800 km	400 km	399,9 miles	400 miles
C1	26,25	11,9	10,52	13,1
C2	-38,94	-32,5	-7,282	-18,7
C3	-631,05	89,5	-26,37	5,22
C4	5 964,83	-134	79,08	8,15
C5	-25 095	98,9	-77,36	3,53
C6	60 380,2	-29,1	26,07	-1,34
C7	-87 517	NA	NA	-4,01
C8	75 513,8	NA	NA	-3,9
C9	-35 749	NA	NA	-1,15
C10	7154,94	NA	NA	3,88

Annexe 8 − Appendice 6

Sélection des modes de fonctionnement sélectionnables

1. Prescription générale

1.1 Le constructeur doit sélectionner un mode de fonctionnement sélectionnable par le conducteur pour la procédure d'essai du type 1 conformément aux dispositions des paragraphes 2 à 4 du présent appendice. Le véhicule peut ainsi être soumis au cycle d'essai considéré dans le respect des tolérances relatives à la courbe de vitesse spécifiées au paragraphe 2.6.8.3 de l'annexe 6. Cela s'applique à tous les systèmes embarqués à modes sélectionnables, y compris ceux qui ne concernent pas uniquement la transmission.

1.2 Le constructeur doit faire les démonstrations suivantes pour l'autorité compétente :

a) Disponibilité d'un mode prédominant dans les conditions considérées ;

b) Vitesse maximale du véhicule considéré ;

et, si nécessaire :

c) Modes correspondant au cas le plus favorable et au cas le plus défavorable, comme indiqué par la consommation de carburant et, s'il y a lieu, les émissions massiques de CO_2 dans tous les modes. Voir le paragraphe 2.6.5.3.3 de l'annexe 6 ;

d) Mode dans lequel la consommation d'énergie électrique est la plus forte ;

e) Demande d'énergie sur le cycle (conformément au paragraphe 5 de l'annexe 7, dans lequel la vitesse visée est remplacée par la vitesse effective).

1.3 Les modes sélectionnables spéciaux, tels que le mode « montagne » ou le mode « entretien », qui ne sont pas conçus pour un usage quotidien normal, mais pour un usage particulier dans certaines circonstances, ne doivent pas être pris en compte.

2. VHE-RE dotés d'un mode sélectionnable, en condition d'épuisement de la charge

S'agissant des véhicules dotés d'un mode sélectionnable, le mode pour l'essai du type 1 exécuté en condition d'épuisement de la charge doit être sélectionné dans les conditions ci-après.

Le diagramme présenté à la figure A8.App6/1 illustre la sélection du mode conformément au présent paragraphe.

2.1 S'il existe un mode prédominant dans lequel le véhicule peut suivre le cycle d'essai de référence en condition d'épuisement de la charge, ce mode doit être sélectionné.

2.2 S'il n'existe pas de mode prédominant, ou s'il existe un mode prédominant mais que ce dernier ne permet pas au véhicule de suivre le cycle d'essai de référence en condition d'épuisement de la charge, le mode pour l'essai doit être sélectionné comme suit :

a) Si un seul mode permet au véhicule de suivre le cycle d'essai de référence en condition d'épuisement de la charge, celui-ci doit être sélectionné ;

b) Si plusieurs modes permettent au véhicule de suivre le cycle d'essai de référence en condition d'épuisement de la charge, il convient de

sélectionner celui dans lequel la consommation d'énergie électrique est la plus forte.

2.3 S'il n'existe aucun mode, conformément aux dispositions des paragraphes 2.1 et 2.2 du présent appendice, qui permette au véhicule de suivre le cycle d'essai de référence, ce cycle doit être modifié conformément aux dispositions du paragraphe 9 de l'annexe 1 :

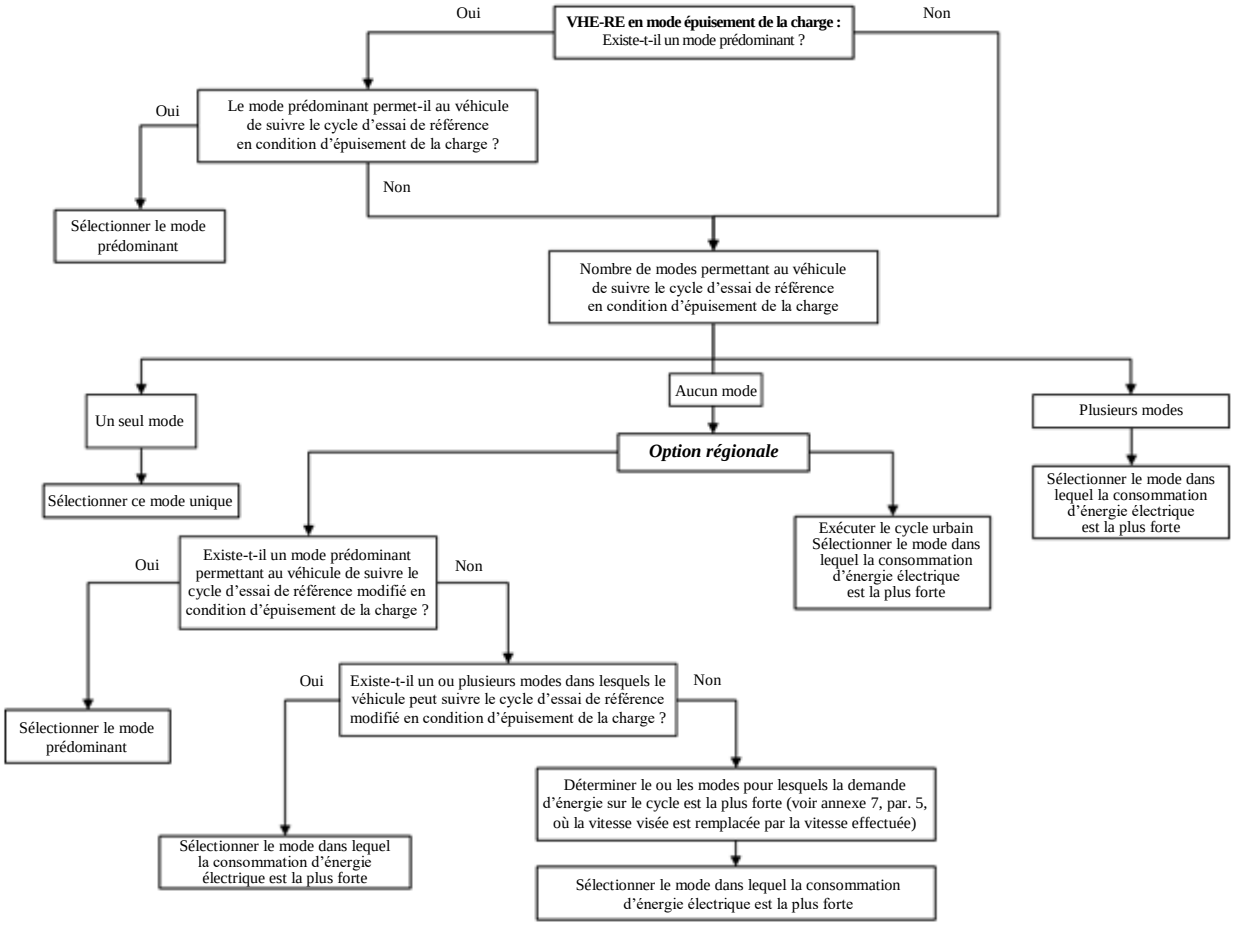
a) S'il existe un mode prédominant dans lequel le véhicule peut suivre le cycle d'essai de référence modifié en condition d'épuisement de la charge, ce mode doit être sélectionné ;

b) S'il n'existe pas de mode prédominant mais d'autres modes dans lesquels le véhicule peut suivre le cycle d'essai de référence modifié en condition d'épuisement de la charge, il convient de sélectionner celui dans lequel la consommation d'énergie électrique est la plus forte ;

c) S'il n'existe aucun mode permettant au véhicule de suivre le cycle d'essai de référence modifié en condition d'épuisement de la charge, le ou les modes pour lesquels la demande d'énergie sur le cycle est la plus forte doivent être présélectionnés, à la suite de quoi on retient le mode dans lequel la consommation d'énergie électrique est la plus forte ;

d) La Partie contractante peut choisir de remplacer le cycle d'essai de référence par le cycle d'essai WLTP urbain applicable. Dans ce cas, elle doit sélectionner le mode dans lequel la consommation d'énergie électrique est la plus forte.

Figure A8.App6/1
Sélection d'un mode de fonctionnement pour un VHE-RE en condition d'épuisement de la charge



3. VHE-RE, VHE-NRE et VHPC-NRE dotés d'un mode sélectionnable, en condition de maintien de la charge

S'agissant des véhicules dotés d'un mode sélectionnable, le mode pour l'essai du type 1 exécuté en condition de maintien de la charge doit être sélectionné dans les conditions ci-après.

Le diagramme présenté à la figure A8.App6/2 illustre la sélection du mode conformément au présent paragraphe.

3.1 S'il existe un mode prédominant dans lequel le véhicule peut suivre le cycle d'essai de référence en condition de maintien de la charge, ce mode doit être sélectionné.

3.2 S'il n'existe pas de mode prédominant, ou s'il existe un mode prédominant mais que ce dernier ne permet pas au véhicule de suivre le cycle d'essai de référence en condition de maintien de la charge, le mode pour l'essai doit être sélectionné comme suit :

a) Si un seul mode permet au véhicule de suivre le cycle d'essai de référence en condition de maintien de la charge, celui-ci doit être sélectionné ;

b) Si plusieurs modes permettent au véhicule de suivre le cycle d'essai de référence en condition de maintien de la charge, le constructeur peut soit sélectionner le mode correspondant au cas le plus défavorable, soit

sélectionner à la fois le mode correspondant au cas le plus favorable et le mode correspondant au cas le plus défavorable et faire la moyenne arithmétique des résultats de l'essai.

3.3 S'il n'existe aucun mode, conformément aux dispositions des paragraphes 3.1 et 3.2 du présent appendice, qui permette au véhicule de suivre le cycle d'essai de référence, ce cycle doit être modifié conformément aux dispositions du paragraphe 9 de l'annexe 1 :

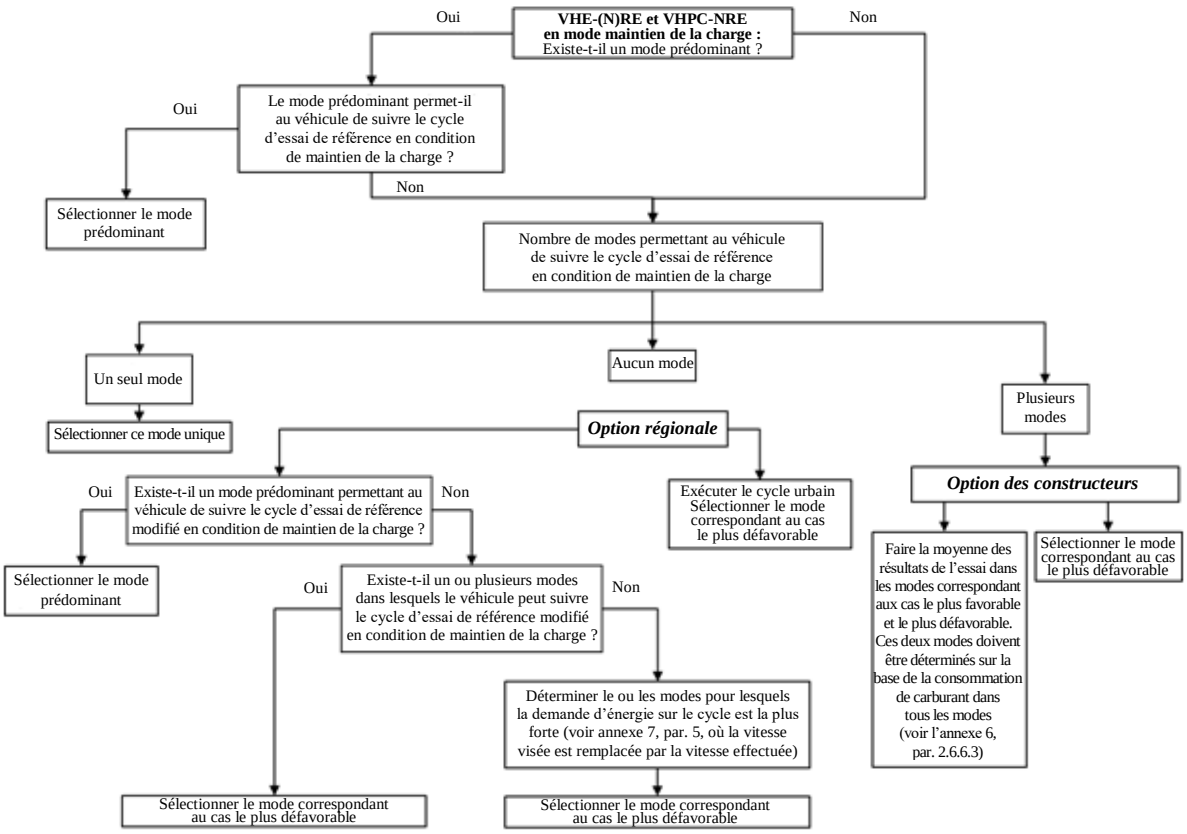
a) S'il existe un mode prédominant dans lequel le véhicule peut suivre le cycle d'essai de référence modifié en condition de maintien de la charge, ce mode doit être sélectionné ;

b) S'il n'existe pas de mode prédominant mais d'autres modes dans lesquels le véhicule peut suivre le cycle d'essai de référence modifié en condition de maintien de la charge, il convient de sélectionner le mode correspondant au cas le plus défavorable ;

c) S'il n'existe aucun mode permettant au véhicule de suivre le cycle d'essai de référence modifié en condition de maintien de la charge, le ou les modes pour lesquels la demande d'énergie sur le cycle est la plus forte doivent être présélectionnés, à la suite de quoi on retient le mode correspondant au cas le plus défavorable ;

d) La Partie contractante peut choisir de remplacer le cycle d'essai de référence par le cycle d'essai WLTP urbain applicable. Dans ce cas, elle doit sélectionner le mode correspondant au cas le plus défavorable.

Figure A8.App6/2
Sélection d'un mode de fonctionnement pour un VHE-RE, un VHE-NRE ou un VHPC-NRE en condition de maintien de la charge



4. VEP dotés d'un mode sélectionnable

S'agissant des véhicules dotés d'un mode sélectionnable, le mode pour l'essai doit être sélectionné dans les conditions ci-après.

Le diagramme présenté à la figure A8.App1b/3 illustre la sélection du mode conformément au présent paragraphe.

4.1 S'il existe un mode prédominant dans lequel le véhicule peut suivre le cycle d'essai de référence, ce mode doit être sélectionné.

4.2 S'il n'existe pas de mode prédominant, ou s'il existe un mode prédominant mais que ce dernier ne permet pas au véhicule de suivre le cycle d'essai de référence, le mode pour l'essai doit être sélectionné comme suit :

a) Si un seul mode permet au véhicule de suivre le cycle d'essai de référence, celui-ci doit être sélectionné ;

b) Si plusieurs modes permettent au véhicule de suivre le cycle d'essai de référence, il convient de sélectionner celui dans lequel la consommation d'énergie électrique est la plus forte.

4.3 S'il n'existe aucun mode, conformément aux dispositions des paragraphes 4.1 et 4.2 du présent appendice, qui permette au véhicule de suivre le cycle d'essai de référence, ce cycle doit être modifié conformément aux dispositions du paragraphe 9 de l'annexe 1. Le cycle d'essai résultant devient alors le cycle d'essai WLTP applicable :

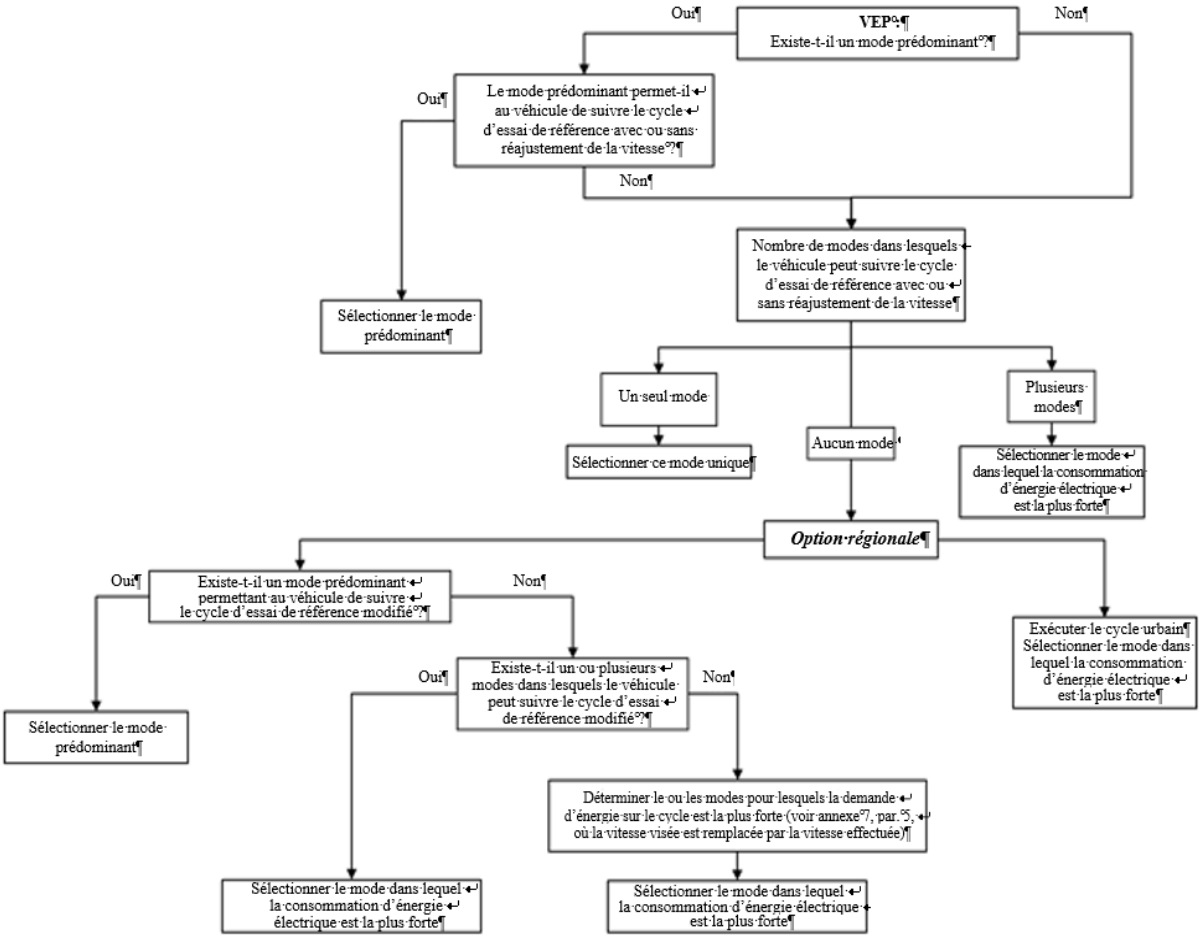
a) S'il existe un mode prédominant dans lequel le véhicule peut suivre le cycle d'essai de référence modifié, ce mode doit être sélectionné ;

b) S'il n'existe pas de mode prédominant mais d'autres modes dans lesquels le véhicule peut suivre le cycle d'essai de référence modifié, il convient de sélectionner celui dans lequel la consommation d'énergie électrique est la plus forte ;

c) S'il n'existe aucun mode permettant au véhicule de suivre le cycle d'essai de référence modifié, le ou les modes pour lesquels la demande d'énergie sur le cycle est la plus forte doivent être présélectionnés, à la suite de quoi on retient le mode dans lequel la consommation d'énergie électrique est la plus forte ;

d) La Partie contractante peut choisir de remplacer le cycle d'essai de référence par le cycle d'essai WLTP urbain applicable. Dans ce cas, elle doit sélectionner le mode dans lequel la consommation d'énergie électrique est la plus forte.

Figure A8.App6/3
Sélection d'un mode de fonctionnement pour un VEP



Annexe 8 − Appendice 7

Mesure de la consommation de carburant des véhicules à pile à combustible alimentés en hydrogène comprimé

1. Prescriptions générales

La consommation de carburant doit être mesurée par la méthode gravimétrique, conformément aux dispositions du paragraphe 2 du présent appendice.

À la demande du constructeur et avec l'accord de l'autorité compétente, la consommation de carburant peut être mesurée par la méthode de la pression ou par la méthode du flux. Dans ce cas, le constructeur doit faire la démonstration technique que la méthode employée produit des résultats équivalents. Les méthodes de la pression et du flux sont décrites dans la norme ISO 23828.

2. Méthode gravimétrique

La consommation de carburant doit être calculée en mesurant la masse du réservoir à carburant avant et après l'essai.

2.1 Équipement et paramétrage

2.1.1 L'équipement est illustré à titre d'exemple à la figure A8.App7/1. On utilise un ou plusieurs réservoirs extérieurs au véhicule pour mesurer la consommation. Le ou les réservoirs extérieurs doivent être reliés au circuit de distribution du carburant entre le réservoir à carburant d'origine et le système de pile à combustible.

2.1.2 Pour le préconditionnement, on peut utiliser le réservoir d'origine ou une source d'hydrogène extérieure.

2.1.3 La pression de ravitaillement doit correspondre à la pression recommandée par le constructeur.

2.1.4 La différence de pression de gaz dans les tuyaux doit être réduite au minimum par permutation de ceux-ci.

Dans le cas où une incidence de la différence de pression est prévue, le constructeur et l'autorité compétente doivent s'entendre sur la nécessité éventuelle d'effectuer un ajustement.

2.1.5 Balance

2.1.5.1 La balance utilisée pour la mesure de la consommation de carburant doit être conforme aux prescriptions du tableau A8.App7/1.

Tableau A8.App7/1
Critères de vérification de la balance de précision

Appareil de mesure	*Résolution*	*Précision*
Balance	0,1 g max.	±0,02 max.[1]

[1] Consommation de carburant (niveau de charge du SRSEE = 0) durant l'essai, en masse, écart-type.

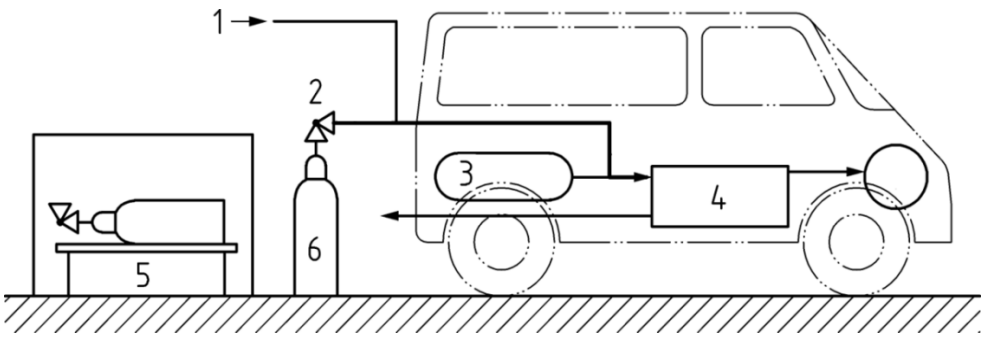
2.1.5.2 La balance doit être étalonnée conformément aux prescriptions du fabricant, ou au moins selon le calendrier indiqué dans le tableau A8.App7/2.

Tableau A8.App7/2
Périodicité d'étalonnage de l'appareil

Critère de contrôle de l'appareil	*Périodicité*
Précision	Une fois par an et lors de chaque opération d'entretien majeure

2.1.5.3 Des moyens appropriés pour réduire les effets de la vibration et de la convection, tels qu'un plateau d'amortissement ou un pare-vent, doivent être prévus.

Figure A8.App7/1
Exemple d'équipement



où :

1 est le dispositif extérieur d'alimentation en carburant aux fins du préconditionnement ;

2 est le régulateur de pression ;

3 est le réservoir d'origine ;

4 est le système de pile à combustible ;

5 est la balance ;

6 est le réservoir(s) extérieur(s) pour la mesure de la consommation de carburant.

2.2 Procédure d'essai

2.2.1 Mesurer la masse du réservoir extérieur avant l'essai.

2.2.2 Relier le réservoir extérieur à la tuyauterie d'alimentation en carburant comme indiqué à la figure A8.App7/1.

2.2.3 Exécuter l'essai par prélèvement de carburant depuis le réservoir extérieur.

2.2.4 Déconnecter le réservoir extérieur du circuit du carburant.

2.2.5 Mesurer la masse du réservoir extérieur après l'essai.

2.2.6 La consommation de carburant non compensée en mode maintien de la charge, $FC_{CS,nb}$, est calculée au moyen de l'équation suivante, sur la base de la masse du réservoir mesurée avant et après l'essai :

$$FC_{CS,nb} = \frac{g_1 - g_2}{d} \times 100$$

où :

$FC_{CS,nb}$ est la consommation de carburant non compensée en mode maintien de la charge mesurée au cours de l'essai, en kg/100 km ;

g_1 est la masse du réservoir au début de l'essai, en kg ;

g_2 est la masse du réservoir à la fin de l'essai, en kg ;

d est la distance parcourue durant l'essai, en km.

2.2.7 Si une Partie contractante le demande, la consommation de carburant pour chaque phase, $FC_{CS,nb,p}$, telle que définie aux paragraphes 4.2.1.2.4 et 4.2.1.2.5 de la présente annexe, doit être calculée séparément conformément aux dispositions du paragraphe 2.2 du présent appendice. La procédure d'essai doit alors être exécutée avec des réservoirs extérieurs et des branchements au circuit de carburant mis en place séparément pour chaque phase.

Annexe 9

Détermination de l'équivalence d'une méthode

1. Prescription générale

À la demande du constructeur, l'autorité compétente peut approuver d'autres méthodes de mesure si elles produisent des résultats équivalents conformément aux dispositions du paragraphe 1.1 de la présente annexe. L'équivalence de l'autre méthode proposée doit être démontrée à l'autorité compétente.

1.1 Décision relative à l'équivalence

Toute autre méthode est jugée équivalente si les résultats obtenus en ce qui concerne l'exactitude et la précision sont égaux à ceux obtenus avec la méthode de référence, ou meilleurs.

1.2 Détermination de l'équivalence

La détermination de l'équivalence d'une méthode s'effectue sur la base d'une étude de corrélation entre la méthode proposée et la méthode de référence. Les méthodes à employer pour l'essai de corrélation doivent être approuvées par l'autorité compétente.

La détermination de l'exactitude et de la précision pour la méthode proposée et la méthode de référence doit s'effectuer conformément aux instructions de la norme ISO 5725, sixième partie, annexe 8, portant sur la comparaison de différentes méthodes de mesure.

1.3 Prescriptions relatives à l'application (RÉSERVÉ)