



Commission économique pour l'Europe

Comité des transports intérieurs

**Forum mondial de l'harmonisation
des Règlements concernant les véhicules****193^e session**

Genève, 25-28 juin 2024

Point 4.7.1 de l'ordre du jour provisoire

Accord de 1958 :**Examen de projets d'amendements à des Règlements ONU
existants, soumis par le GRPE****Proposition de complément 12 à la série 05 d'amendements
au Règlement ONU n° 49 (Émissions des moteurs à allumage
par compression et des moteurs à allumage commandé
(GPL et GNC))****Communication du Groupe de travail de la pollution et de l'énergie***

Le texte ci-après, adopté par le Groupe de travail de la pollution et de l'énergie (GRPE) à sa quatre-vingt-dixième session (ECE/TRANS/WP.29/GRPE/90, par. 39), est fondé sur le document ECE/TRANS/WP.29/GRPE/2024/13. Il est soumis au Forum mondial de l'harmonisation des Règlements concernant les véhicules (WP.29) et au Comité d'administration de l'Accord de 1958 (AC.1) pour examen à leurs sessions de juin 2024.

* Conformément au programme de travail du Comité des transports intérieurs pour 2024 tel qu'il figure dans le projet de budget-programme pour 2024 (A/78/6 (Sect. 20), tableau 20.5), le Forum mondial a pour mission d'élaborer, d'harmoniser et de mettre à jour les Règlements ONU en vue d'améliorer les caractéristiques fonctionnelles des véhicules. Le présent document est soumis en vertu de ce mandat.



Paragraphe 1.1, lire :

« Tableau A
Applicabilité

Catégorie de véhicule ¹	Moteurs à allumage commandé				Moteur bicarburant	Moteurs à allumage par compression		
	Essence	GN ^a	GPL ^b	H ₂ ^e		Gazole	Éthanol	H ₂ ^e
M ₁	R49 ou R83 ^c	R49 ou R83 ^c	R49 ou R83 ^c	R49 ou R83 ^c	R49 ^d	R49 ou R83 ^c	R49 ou R83 ^c	R49 ou R83 ^c
M ₂	R49 ou R83 ^c	R49 ou R83 ^c	R49 ou R83 ^c	R49 ou R83 ^c		R49 ou R83 ^c	R49 ou R83 ^c	R49 ou R83 ^c
M ₃	R49	R49	R49	R49		R49	R49	R49
N ₁	R49 ou R83 ^c	R49 ou R83 ^c	R49 ou R83 ^c	R49 ou R83 ^c		R49 ou R83 ^c	R49 ou R83 ^c	R49 ou R83 ^c
N ₂	R49 ou R83 ^c	R49 ou R83 ^c	R49 ou R83 ^c	R49 ou R83 ^c		R49 ou R83 ^c	R49 ou R83 ^c	R49 ou R83 ^c
N ₃	R49	R49	R49	R49		R49	R49	R49

¹ Selon les définitions de la Résolution d'ensemble sur la construction des véhicules (R.E.3) (document ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.3, par. 2).

^a Gaz naturel.

^b Gaz de pétrole liquéfié.

^c Le Règlement n° 83 s'applique aux véhicules ayant une masse de référence $\leq 2\,610$ kg et en tant qu'extension de l'homologation accordée pour les véhicules ayant une masse de référence $\leq 2\,840$ kg.

^d Les dispositions relatives aux véhicules bicarburant et à leurs moteurs figurant dans le Règlement n° 49 ne s'appliquent qu'aux véhicules et aux moteurs relevant du champ d'application du Règlement (Révision 5).

^e Hydrogène servant de carburant tel que spécifié au paragraphe 4.6.3.3 a) ou c).

^f Hydrogène servant de carburant tel que spécifié au paragraphe 4.6.3.3 b) ou d).

Tableau B
Applicabilité

	Moteurs à allumage commandé				Moteur bicarburant ^f	Moteurs à allumage par compression		
	Essence	GN	GPL	H ₂ ^d		Gazole	Éthanol	H ₂ ^e
Gaz polluants	-	Oui	Oui	Oui ^f	Oui	Oui	Oui	Oui ^f
Particules	-	Oui ^a	Oui ^a	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Fumée	-	-	-	-	Oui	Oui	Oui	-
Durée de service	-	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Conformité en service	-	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Système d'autodiagnostic OBD	-	Oui ^b	Oui ^b	Oui ^b	Oui	Oui	Oui	Oui

^a S'applique uniquement au stade C du tableau 2 du paragraphe 5.2.1.

^b Les dates d'application sont celles prescrites au paragraphe 5.4.2.

^c Conformément aux prescriptions de l'annexe 11.

^d Hydrogène servant de carburant tel que spécifié au paragraphe 4.6.3.3 a) ou c).

^e Hydrogène servant de carburant tel que spécifié au paragraphe 4.6.3.3 b) ou d).

^f Il n'est pas nécessaire de mesurer le CH₄ et le CO₂ et le constructeur, le service technique ou l'autorité d'homologation de type peut choisir de mesurer les émissions totales d'hydrocarbures (HCT) plutôt que les émissions d'hydrocarbures non méthaniques. ».

Paragraphe 2.1.37, lire :

« 2.1.37 “Moteur fonctionnant au gaz”, un moteur à allumage commandé qui fonctionne au GN, au GPL ou au H₂, comme spécifié au paragraphe 4.6.3.3 a) (T) ou au paragraphe 4.6.3.3 b) (TD) ; ».

Paragraphe 2.2.2, lire :

« 2.2.2	Symboles des composants chimiques
	CH ₄ Méthane
	C ₂ H ₆ Éthane
	C ₂ H ₅ OH Éthanol
	C ₃ H ₈ Propane
	CO Monoxyde de carbone
	DOP Di-octylphalate
	CO ₂ Dioxyde de carbone
	H ₂ Hydrogène
	HC Hydrocarbures
	HCNM Hydrocarbures non méthaniques
	NO _x Oxydes d’azote
	NO Monoxyde d’azote
	NO ₂ Dioxyde d’azote
	O ₂ Oxygène
	PT Particules ».

Paragraphe 2.2.4, lire :

« 2.2.4	Symboles s’appliquant à la composition du carburant
	W _{ALF} Teneur en hydrogène du carburant, en pourcentage masse
	W _{BET} Teneur en carbone du carburant, en pourcentage masse
	W _{GAM} Teneur en soufre du carburant, en pourcentage masse
	W _{DEL} Teneur en azote du carburant, en pourcentage masse
	W _{EPS} Teneur en oxygène du carburant, en pourcentage masse
	α Rapport molaire pour l’hydrogène
	β Rapport molaire pour le carbone
	γ Rapport molaire pour le soufre
	δ Rapport molaire pour l’azote
	ε Rapport molaire pour l’oxygène
	sur la base d’un carburant CH _α O _ε N _δ S _γ
	β = 1 pour les carburants à base de carbone, β = 0 pour les carburants à base d’hydrogène ».

Paragraphe 2.2.5, lire :

« 2.2.5	Normes référencées par le présent Règlement
ISO 15031-1	ISO 15031-1: 2001 “Véhicules routiers – Communications entre un véhicule et un équipement externe pour le diagnostic relatif aux émissions – Partie 1 : Informations générales”
ISO 15031-2	ISO/PRF TR 15031-2: 2004 “Véhicules routiers – Communications entre un véhicule et un équipement externe pour le diagnostic relatif aux émissions – Partie 2 : Termes, définitions, abréviations et acronymes”
ISO 15031-3	ISO 15031-3: 2004 “Communications entre un véhicule et un équipement externe pour le diagnostic relatif aux émissions – Partie 3 : Connecteur de diagnostic et circuits électriques associés : spécifications et utilisation”
SAE J1939-13	SAE J1939-13 : “Off-Board Diagnostic Connector”
ISO 15031-4	ISO DIS 15031-4.3: 2004 “Véhicules routiers – Communications entre un véhicule et un équipement externe pour le diagnostic relatif aux émissions – Partie 4 : Équipement d’essai externe”
SAE J1939-73	SAE J1939-73 : “Application Layer – Diagnostics”
ISO 15031-5	ISO DIS 15031-5.4: 2004 “Véhicules routiers – Communications entre un véhicule et un équipement externe pour le diagnostic relatif aux émissions – Partie 5 : Services de diagnostic relatif aux émissions”
ISO 15031-6	ISO/DIS 15031-6.4: 2004 “Véhicules routiers – Communications entre un véhicule et un équipement externe pour le diagnostic relatif aux émissions – Partie 6 : Définition des codes d’anomalie de diagnostic”
SAE J2012	SAE J2012 : “Diagnostic Trouble Code Definitions Equivalent to ISO/DIS 15031-6”, 30 avril 2002
ISO 15031-7	ISO 15031-7: 2001 “Véhicules routiers – Communications entre un véhicule et un équipement externe pour le diagnostic relatif aux émissions – Partie 7 : Sécurité de la liaison de données”
SAE J2186	SAE J2186: “E/E Data Link Security”, datée d’octobre 1996
ISO 15765-4	ISO 15765-4: 2001 “Véhicules routiers – Diagnostic sur réseau local de commande (CAN) – Partie 4 : Exigences applicables aux systèmes associés aux émissions”
SAE J1939	SAE J1939, “Recommended Practice for a Serial Control and Communications Vehicle Network”
ISO 16185	ISO 16185: 2000 “Véhicules routiers – Familles de moteurs pour homologation”
ISO 2575	ISO 2575: 2000 “Véhicules routiers – Symboles pour les commandes, indicateurs et témoins”
ISO 16183	ISO 16183: 2002 “Moteurs de poids lourds – Détermination, sur cycle transitoire, des émissions de gaz polluants par mesure des concentrations dans les gaz d’échappement bruts et des émissions de particules en utilisant un système de dilution partielle”

ISO 14687 ISO 14687-2019 “Qualité du carburant hydrogène
– Spécification de produit” ».

Ajouter le nouveau paragraphe 3.5, libellé comme suit :

- « 3.5 Demande d’homologation de type de moteurs à hydrogène
- 3.5.1 Dans le cas d’une demande d’homologation de moteurs à hydrogène, celui-ci doit être le carburant pour lequel le moteur est avant tout conçu. Le présent Règlement ne prévoit pas encore de prescriptions relatives aux moteurs bicarburant à hydrogène. ».

Paragraphe 4.1.1, lire :

- « 4.1.1 Dans le cas d’un moteur alimenté au gazole, à l’éthanol, au GNL₂₀ ou à l’hydrogène, si le moteur de base satisfait aux prescriptions du présent Règlement pour la marche avec le carburant de référence prescrit à l’annexe 5. ».

Ajouter le nouveau paragraphe 4.6.3.3, libellé comme suit :

- « 4.6.3.3 Pour les moteurs à hydrogène, la marque d’homologation doit contenir, après le symbole du pays, un code composé d’une ou plusieurs lettres indiquant le type de carburant et le principe de fonctionnement pour lesquels l’homologation a été accordée, comme suit :
- a) “T” dans le cas d’un moteur à allumage commandé homologué et réglé pour l’hydrogène gazeux ;
- b) “TD” dans le cas d’un moteur à allumage par compression homologué et réglé pour l’hydrogène gazeux ;
- c) “U” dans le cas d’un moteur à allumage commandé homologué et réglé pour l’hydrogène liquéfié ;
- d) “UD” dans le cas d’un moteur à allumage par compression homologué et réglé pour l’hydrogène liquéfié. ».

Ajouter le nouveau paragraphe 5.1.10, libellé comme suit :

- « 5.1.10 Dispositions relatives aux moteurs à hydrogène
- 5.1.10.1 Dans le cas d’une demande d’homologation de moteurs à hydrogène, le système de mesure des émissions doit être compatible avec la plus forte teneur en eau des gaz d’échappement prévue lors des essais d’émissions. Il convient notamment de veiller à ce que les températures de tous les composants du système de mesure des émissions transportant du gaz échantillon, à l’exception des sécheurs d’échantillons, restent à une température d’au moins 10 K au-dessus du point de rosée du gaz échantillon à l’emplacement correspondant. ».

Paragraphe 5.2.1, lire :

- « 5.2.1 Valeurs limites
- La masse spécifique de monoxyde de carbone, d’hydrocarbures totaux, d’oxydes d’azote et de particules, déterminée lors de l’essai ESC, et l’opacité des fumées, déterminée lors de l’essai ELR, ne doivent pas dépasser les valeurs indiquées au tableau 1.
- La masse spécifique de monoxyde de carbone, d’hydrocarbures non méthaniques, de méthane, d’oxydes d’azote et de particules, déterminée lors de l’essai ETC, ne doit pas dépasser les valeurs indiquées au tableau 2.

Tableau 1
Valeurs limites – Essais ESC et ELR

Ligne	Masse de monoxyde de carbone (CO) g/kWh	Masse d'hydrocarbures (HC) g/kWh	Masse d'oxydes d'azote (NO _x) g/kWh	Masse de particules (PT) g/kWh	Fumées ^b m ⁻¹
A (2000)	2,1	0,66	5,0	0,10 // 0,13 ^a	0,8
B1 (2005)	1,5	0,46	3,5	0,02	0,5
B2 (2008)	1,5	0,46	2,0	0,02	0,5
C [véhicules écologiques améliorés (EEV)]	1,5	0,25	2,0	0,02	0,15

^a Pour les moteurs ayant une cylindrée unitaire de moins de 0,75 dm³ et un régime de puissance nominale de plus de 3 000 min⁻¹.

^b Non applicable aux moteurs à hydrogène tel qu'indiqué au paragraphe 4.6.3.3.

Tableau 2
Valeurs limites – Essai ETC

Ligne	Masse de monoxyde de carbone (CO) g/kWh	Masse d'hydrocarbures non méthaniques (HCNM) g/kWh	Masse de méthane (CH ₄) ^a g/kWh	Masse d'oxydes d'azote (NO _x) g/kWh	Masse de particules (PT) ^b g/kWh
A (2000)	5,45	0,78	1,6	5,0	0,16 // 0,21 ^c
B1 (2005)	4,0	0,55	1,1	3,5	0,03
B2 (2008)	4,0	0,55	1,1	2,0	0,03
C (EEV)	3,0	0,40	0,65	2,0	0,02

^a Pour les moteurs à gaz naturel seulement.

^b Ne s'applique pas aux moteurs à gaz ni aux stades B1 et B2.

^c Pour les moteurs ayant une cylindrée unitaire de moins de 0,75 dm³ et un régime de puissance nominale de plus de 3 000 min⁻¹.

^d Pour les moteurs dont tous les carburants ont un rapport molaire carbone/hydrogène égal à 0, selon la définition du paragraphe 8 de l'annexe 4A, il n'est pas nécessaire de mesurer le CH₄ et le constructeur, le service technique ou l'autorité d'homologation de type peut choisir de mesurer les émissions totales d'hydrocarbures (HCT) plutôt que les émissions d'hydrocarbures non méthaniques. Dans ce cas, la limite pour les émissions totales d'hydrocarbures est la même que celle indiquée au paragraphe 5.2 du présent Règlement pour les émissions d'hydrocarbures non méthaniques. ».

Paragraphe 7.2.1, lire :

« 7.2.1 Moteurs à allumage par compression ».

Paragraphe 7.2.2, lire :

« 7.2.2 Moteurs allumage commandé ».

Ajouter le nouveau paragraphe 8.3.2.6, libellé comme suit :

« 8.3.2.6 Pour les moteurs à hydrogène, tous ces essais peuvent être effectués avec des carburants courants. Toutefois, à la demande du constructeur, les carburants de référence décrits dans l'annexe 5 du présent Règlement peuvent être utilisés. ».

Paragraphe 8.3.2.7, lire :

« 8.3.2.7 Les essais de conformité de la production pour un moteur à gaz conçu pour fonctionner sur une composition donnée de carburant doivent être effectués avec le carburant pour lequel le moteur a été réglé. ».

Annexe 1, lire :

« Annexe 1 Document d'information

Le présent document d'information se rapporte à l'homologation conformément au Règlement n° 49, qui porte sur les mesures à prendre pour réduire les émissions de gaz polluants et de particules émises par les moteurs à allumage par compression, y compris les moteurs à hydrogène (TD/UD), utilisés pour la propulsion des véhicules et les émissions de gaz polluants émises par les moteurs à allumage commandé fonctionnant au gaz naturel, au gaz de pétrole liquéfié ou à l'hydrogène (T/U) utilisés pour la propulsion des véhicules.

Type de véhicule/moteur de base/type de moteur¹

0. Généralités
- 0.1 Marque (nom de l'entreprise) :
- 0.2 Type et nom commercial (mentionner les variantes éventuelles) :
- 0.3 Moyen et emplacement de l'identification du type, s'il est indiqué sur le véhicule :
- 0.4 Catégorie du véhicule (le cas échéant) :
- 0.5 Catégorie du moteur : diesel/gaz naturel/GPL/éthanol/hydrogène¹ :
- 0.6 Nom et adresse du constructeur :
- 0.7 Emplacement et mode d'apposition des plaques et inscriptions réglementaires :
- 0.8 Dans le cas de composants et d'entités techniques distincts, emplacement et mode de fixation de la marque d'homologation CEE :
- 0.9 Adresse(s) de l'atelier (des ateliers) de montage : ».

Annexe 1, appendice 1, paragraphe 1.14, lire :

« 1.14 Carburant : gazole/GPL/GN-H/GN-L/GN-HL/éthanol/GNL/GNL₂₀/hydrogène (T)/hydrogène (TD)/hydrogène (U)/hydrogène (UD)^{2,5} ».

Annexe 1, appendice 1, paragraphe 3.1, lire :

« 3.1 Moteurs à allumage par compression, y compris les moteurs bicarburant ».

Annexe 1, appendice 1, paragraphe 3.2, lire :

« 3.2 Moteurs à allumage commandé, y compris les moteurs bicarburant ».

Annexe 1, appendice 1, paragraphe 9.3, lire :

« 9.3 Moteurs à allumage par compression/ à allumage commandé ».

Annexe 1, appendice 2, paragraphe 2.1, lire :

« 2.1 Nom de la famille de moteurs à allumage par compression : ».

Annexe 1, appendice 2, paragraphe 2.2, lire :

« 2.2 Nom de la famille de moteurs à allumage commandé : ».

Annexe 1, appendice 3, paragraphe 1.14, lire :

« 1.14 Carburant : gazole/GPL/GN-H/GN-L/GN-HL/éthanol/GNL/GNL₂₀/hydrogène (T)/hydrogène (TD)/hydrogène (U)/hydrogène (UD)^{2,5} ».

Annexe 1, appendice 3, paragraphe 3.1, lire :

« 3.1 Moteurs à allumage par compression, y compris les moteurs bicarburant ».

Annexe 1, appendice 3, paragraphe 3.2, lire :

« 3.2 Moteurs à allumage commandé, y compris les moteurs bicarburant ».

Annexe 1, appendice 1, paragraphe 6.3.1, lire :

« 6.3.1 Moteurs à allumage par compression/à allumage commandé⁴ ».

Annexe 2A, lire :

« ... d'un type ou d'une famille de moteurs à allumage par compression (diesel, éthanol, hydrogène (TD) ou hydrogène (UD)), ou d'un type ou d'une famille de moteurs à allumage commandé (GN, GPL, hydrogène (T) ou hydrogène (U))², en tant qu'entité technique séparée en ce qui concerne l'émission de polluants en application du Règlement n° 49, série 05 d'amendements ».

Annexe 2A, paragraphe 11.4, lire :

«

Essai ETC					
DF	CO	HCNM	CH ₄	NO _x	PT
Émissions	(CO) g/kWh	HCNM (g/kWh) ^{2,4}	CH ₄ (g/kWh) ^{2,4}	(NO _x) g/kWh	PT (g/kWh) ²
Mesurées avec régénération					
Mesurées sans régénération					
Mesurées/pondérées					
Calculées avec DF					

».

Annexe 2A, notes de bas de page, lire :

¹ Numéro distinctif du pays qui a délivré/étendu/refusé/retiré l'homologation (voir les dispositions du Règlement relatives à l'homologation).

² Biffer la mention inutile.

³ Les données doivent être spécifiées pour chaque moteur d'une même famille.

⁴ Pour les moteurs dont tous les carburants ont un rapport molaire carbone/hydrogène égal à 0, selon la définition du paragraphe 8 de l'annexe 4A, il n'est pas nécessaire de mesurer le CH₄ et le constructeur, le service technique ou l'autorité d'homologation de type peut choisir de mesurer les émissions totales d'hydrocarbures (HCT) plutôt que les émissions d'hydrocarbures non méthaniques. Dans ce cas, la limite pour les émissions totales d'hydrocarbures est la même que celle indiquée au paragraphe 5.2 du présent Règlement pour les émissions d'hydrocarbures non méthaniques. ».

Annexe 2B, paragraphe 9.4, lire :

«

Essai ETC					
DF	CO	HCNM	CH ₄	NO _x	PT
Émissions	CO (g/kWh)	HCNM (g/kWh) ^{2,4}	CH ₄ (g/kWh) ^{2,4}	NO _x (g/kWh)	PT (g/kWh) ²
Mesurées avec régénération					
Mesurées sans régénération					
Mesurées/pondérées					
Calculées avec DF					

».

Annexe 2B, notes de bas de page, lire :

¹ Numéro distinctif du pays qui a délivré/étendu/refusé/retiré l'homologation (voir les dispositions du Règlement relatives à l'homologation).

² Biffer la mention inutile.

³ Pour les moteurs dont tous les carburants ont un rapport molaire carbone/hydrogène

égal à 0, selon la définition du paragraphe 8 de l'annexe 4A, il n'est pas nécessaire de mesurer le CH₄ et le constructeur, le service technique ou l'autorité d'homologation de type peut choisir de mesurer les émissions totales d'hydrocarbures (HCT) plutôt que les émissions d'hydrocarbures non méthaniques. Dans ce cas, la limite pour les émissions totales d'hydrocarbures est la même que celle indiquée au paragraphe 5.2 du présent Règlement pour les émissions d'hydrocarbures non méthaniques. ».

Annexe 4A, appendice 1, paragraphe 5, lire :

« 5. Calcul des émissions gazeuses

Le calcul des hydrocarbures et/ou des hydrocarbures non méthaniques est fondé sur les rapports molaires carbone/hydrogène/oxygène suivants pour le carburant considéré :

CH_{1,85} pour le gazole ;

CH_{3O0,5} pour l'éthanol destiné aux moteurs à allumage par compression spéciaux ;

CH_{2,525} pour le GPL (gaz de pétrole liquéfié) ;

CH_{2,93} pour le GN (hydrocarbures non méthaniques (HCNM)) ;

CH₄ pour le GN ;

H₂ pour l'hydrogène. ».

Annexe 4A, appendice 1, paragraphe 5.2, lire :

« 5.2 Corrections pour conditions sèches ou conditions humides

La concentration mesurée doit être convertie en concentration en conditions humides au moyen des formules ci-après si elle n'est pas d'emblée mesurée en conditions humides. La conversion doit être effectuée pour chaque mode individuel.

Les valeurs u_{gas} et les rapports molaires tels qu'ils sont définis aux paragraphes A.5.2 et A.5.3 de l'appendice 5 à l'annexe 11 doivent être appliqués pour les moteurs bicarburant fonctionnant en mode bicarburant,

$$c_{wet} = k_w \times c_{dry}$$

Pour les gaz d'échappement bruts :

a)

$$K_{w,r} = \left(1 - \frac{1,2442 \times H_a + 111,19 \times w_{ALF} \times \frac{q_{mf}}{q_{mad}}}{773,4 + 1,2442 \times H_a + \frac{q_{mf}}{q_{mad}} \times k_f \times 1000} \right) \times 1,008$$

ou

b)

$$K_{w,r} = \left(1 - \frac{1,2442 \times H_a + 111,19 \times w_{ALF} \times \frac{q_{mf}}{q_{mad}}}{773,4 + 1,2442 \times H_a + \frac{q_{mf}}{q_{mad}} \times k_f \times 1000} \right) \left/ \left(1 - \frac{p_r}{p_b} \right) \right.$$

ou

c)

$$K_{w,a} = \left(\frac{1}{1 + \alpha \times 0,005 \times (c_{CO_2} + c_{CO})} - k_{w1} \right) \times 1,008$$

avec

$$k_f = 0,055594 \times W_{ALF} + 0,0080021 \times W_{DEL} + 0,0070046 \times W_{EPS}$$

et

$$K_{w1} = \frac{1,608 \times H_a}{1000 + (1,608 \times H_a)}$$

Où :

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

W_{ALF} = teneur en hydrogène du carburant, en % masse

$q_{mf,i}$ = débit massique instantané du carburant, en kg/s

$q_{mad,i}$ = débit massique instantané de l'air d'admission sec, en kg/s

p_r = pression de vapeur d'eau après le bain de refroidissement, en kPa

p_b = pression atmosphérique totale, en kPa

W_{DEL} = teneur en azote du carburant, en % masse

W_{EPS} = teneur en oxygène du carburant, en % masse

α = rapport molaire pour l'hydrogène du carburant

c_{CO_2} = concentration de CO₂ en conditions sèches, en %

c_{CO} = concentration de CO en conditions sèches, en %.

Les équations a) et b) sont pour l'essentiel identiques, le facteur de 1,008 utilisé dans les équations a) et c) étant une approximation pour le dénominateur plus précis utilisé dans l'équation b). L'équation c) n'est pas applicable si l'un des carburants utilisés a un rapport molaire carbone/hydrogène égal à 0. Les équations a) à c) ne sont pas applicables en cas d'injection d'eau.

Pour les gaz d'échappement dilués :

d)

$$K_{we1} = \left(1 - \frac{\alpha \times \% c_{wCO_2}}{200} \right) - K_{w1}$$

ou

e)

$$K_{we2} = \left(\frac{(1 - K_{w1})}{1 + \frac{\alpha \times \% c_{dCO_2}}{200}} \right)$$

Les équations d) et e) ne sont pas applicables si l'un des carburants utilisés a un rapport molaire carbone/hydrogène égal à 0.

... ».

Annexe 4A, appendice 1, paragraphe 5.5, tableau 6, lire :

« Tableau 6

Valeurs de u_{gas} dans les gaz d'échappement bruts et dilués pour divers constituants des gaz d'échappement

Carburant		NO_x	CO	HCT/HCNM	CO ₂	CH ₄	Densité
Gazole	Gaz d'échappement bruts	0,001587	0,000966	0,000479	0,001518	0,000553	1,2943
	Gaz d'échappement dilués	0,001588	0,000967	0,000480	0,001519	0,000553	1,293
Éthanol	Gaz d'échappement bruts	0,001609	0,000980	0,000805	0,001539	0,000561	1,2757
	Gaz d'échappement dilués	0,001588	0,000967	0,000795	0,001519	0,000553	1,293
Gaz naturel comprimé	Gaz d'échappement bruts	0,001622	0,000987	0,000523	0,001552	0,000565	1,2661
	Gaz d'échappement dilués	0,001588	0,000967	0,000584	0,001519	0,000553	1,293
Propane	Gaz d'échappement bruts	0,001603	0,000976	0,000511	0,001533	0,000559	1,2805
	Gaz d'échappement dilués	0,001588	0,000967	0,000507	0,001519	0,000553	1,293
Butane	Gaz d'échappement bruts	0,001600	0,000974	0,000505	0,001530	0,000558	1,2832
	Gaz d'échappement dilués	0,001588	0,000967	0,000501	0,001519	0,000553	1,293
Hydrogène	Gaz d'échappement bruts	0,001729	0,001053	0,000075	0,001654	0,000603	1,1872

Notes :

- Valeurs u des gaz d'échappement bruts sur la base des propriétés de gaz parfaits à $\lambda = 2$, air sec, 273 K, 101,3 kPa.
- Valeurs u des gaz d'échappement dilués sur la base des propriétés de gaz parfaits et de la densité de l'air.
- Valeurs u du gaz naturel comprimé avec une justesse de 0,2 % pour la composition massique de C = 66 à 76 %, H = 22 à 25 %, N = 0 à 12 %.
- Valeur u du gaz naturel comprimé pour HC correspondant à CH_{2,93} (pour les hydrocarbures totaux, utiliser la valeur u de CH₄).

... ».

Annexe 4A, appendice 2, paragraphe 3, lire :

« 3. Exécution de l'essai de mesure des émissions

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

Les moteurs fonctionnant au gaz naturel, au GPL et à l'hydrogène doivent être rodés par l'exécution de l'essai ETC. Le moteur doit fonctionner sur un minimum de deux cycles ETC et jusqu'à ce que les émissions de CO mesurées sur un cycle ETC ne dépassent pas de plus de 10 % les émissions de CO mesurées lors du cycle ETC précédent. ».

Annexe 4A, appendice 2, paragraphe 4.2.5, lire :

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

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

$$q_{\text{mew},i} = q_{\text{maw},i} \times \left(1 + \frac{1}{A/F_{\text{st}} \times \lambda_i} \right)$$

avec

$$A/F_{\text{st}} = \frac{138,0 \times (\beta + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma)}{12,011 \times \beta + 1,00794 \times \alpha + 15,9994 \times \varepsilon + 14,0067 \times \delta + 32,065 \times \gamma}$$

$\lambda_i =$

$$\frac{\beta \times \left(100 - \frac{c_{\text{COd}} \times 10^{-4}}{2} - c_{\text{HCw}} \times 10^{-4} \right) + \left(\frac{\alpha}{4} \times \frac{1 - \frac{2 \times c_{\text{COd}} \times 10^{-4}}{3,5 \times c_{\text{CO2d}}}}{1 + \frac{c_{\text{CO}} \times 10^{-4}}{3,5 \times c_{\text{CO2d}}}} - \frac{\varepsilon}{2} \frac{\delta}{2} \right) \times (c_{\text{CO2d}} + c_{\text{COd}} \times 10^{-4})}{4,764 \times (\beta + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma) \times (c_{\text{CO2d}} + c_{\text{COd}} \times 10^{-4} + c_{\text{HCw}} \times 10^{-4})}$$

où :

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

β = rapport molaire pour le carbone du carburant, avec $\beta = 1$ pour les carburants contenant du carbone et $\beta = 0$ pour les carburants ayant un rapport molaire carbone/hydrogène égal à 0, selon la définition du paragraphe 4 de la présente annexe

λ = rapport d'excès d'air calculé au moyen de l'équation λ_i ou mesuré à l'aide d'une sonde lambda

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

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

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

L'équation λ_i n'est pas applicable si l'un des carburants utilisés a un rapport molaire carbone/hydrogène égal à 0, selon la définition du paragraphe 4 de la présente annexe.

Le débitmètre d'air doit être conforme aux prescriptions de justesse du paragraphe 2.2 de l'appendice 4 de la présente annexe, l'analyseur de CO_2 utilisé doit être conforme aux prescriptions du paragraphe 3.3.2 de l'appendice 4 de la présente annexe et l'ensemble du système doit être conforme aux prescriptions de justesse pour le débit de gaz d'échappement.

À titre optionnel, la mesure du rapport d'excès d'air peut être effectuée à l'aide d'un appareillage de mesure du rapport air/carburant, tel qu'un capteur de type dioxyde de zirconium, conformément aux prescriptions du paragraphe 3.3.6 de l'appendice 4 de la présente annexe. ».

Annexe 4A, appendice 5, paragraphe 1.9.1, lire :

« 1.9.1 Contrôle de l'interaction avec l'analyseur de CO

L'eau et le CO_2 peuvent interférer avec les résultats de l'analyseur de CO. C'est pourquoi il doit être effectué un contrôle avec un gaz de réglage d'échelle CO_2 ayant une concentration de 80 à 100 % de la pleine échelle de la plage la plus élevée utilisée pendant les essais, qui est envoyé dans l'analyseur après barbotage dans un bain d'eau à température ambiante. La réponse de l'analyseur est alors enregistrée. Elle ne doit pas dépasser 2 % de la concentration moyenne de CO escomptée lors de l'essai ou 20 ppm, la valeur la plus grande étant retenue. ».

Annexe 4A, appendice 5, paragraphe 3.2.2, lire :

« 3.2.2 Contrôle du débit de carbone

- a) Il est recommandé d'effectuer un contrôle du débit de carbone sur les gaz d'échappement réels pour détecter les éventuels problèmes de mesure et de réglage du système et contrôler le bon fonctionnement du système à dilution en flux partiel. Le contrôle du débit de carbone devrait être effectué au moins à chaque installation d'un nouveau moteur ou à chaque modification notable apportée à la configuration de la chambre d'essai ;
- b) Le moteur doit fonctionner à pleine charge au régime de couple maximal ou sur tout autre mode stabilisé produisant un taux de CO_2 de 5 % ou plus. Le système de prélèvement en flux partiel doit fonctionner avec un rapport de dilution d'environ 15 à 1 ;
- c) Si un contrôle du débit de carbone est effectué, la procédure décrite à l'appendice 6 de la présente annexe doit être appliquée. Les débits de carbone doivent être calculés conformément aux paragraphes 2.1 à 2.3 de l'appendice 6 de la présente annexe. Toutes les valeurs de débit de carbone devraient concorder à 6 % près. Dans le cas où un moteur à

hydrogène doit être soumis à l'essai, le contrôle du débit de carbone doit être effectué sur un moteur diesel avant l'installation du moteur à hydrogène. ».

Annexe 4A, appendice 6, paragraphe 2.4, lire :

« 2.4 La masse moléculaire (M_{re}) des gaz d'échappement est calculée comme suit :

$$M_{re} = \frac{1 + \frac{q_{mf}}{q_{maw}}}{\frac{q_{mf}}{q_{maw}} \times \frac{\frac{\alpha}{4} + \frac{\varepsilon}{2} + \frac{\delta}{2}}{12,01 \times \beta + 1,0079 \times \alpha + 15,999 \times \varepsilon + 14,006 \times \delta + 32,06 \times \gamma} + \frac{H_a \times 10^{-3}}{2 \times 1,0079 + 15,999} + \frac{1}{1 + H_a \times 10^{-3}}} \frac{H_a \times 10^{-3}}{2 \times 1,0079 + 15,999} + \frac{1}{1 + H_a \times 10^{-3}}} M_{ra}$$

Où :

q_{mf} = débit massique du carburant, en kg/s

q_{maw} = débit massique de l'air d'admission en conditions humides, en kg/s

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

M_{ra} = masse molaire de l'air d'admission sec (= 28,9 g/mol)

$\alpha, \delta, \varepsilon, \gamma$ = rapports molaires se rapportant à un carburant $C_\beta H_\alpha O_\delta N_\varepsilon S_\gamma$.

Les masses moléculaires ci-après peuvent également être utilisées :

M_{re} (gazole) = 28,9 g/mol

M_{re} (GPL) = 28,6 g/mol

M_{re} (GN) = 28,3 g/mol. ».

Annexe 5, ajouter le nouveau paragraphe 4, libellé comme suit :

- « 4. Caractéristiques techniques des carburants à hydrogène de référence à utiliser pour les essais des moteurs à allumage par compression ou à allumage commandé et des moteurs bicarburant

Caractéristiques	Unités	Limites		Méthode d'essai
		Valeur minimale	Valeur maximale	
Indice du combustible hydrogène	% mol	99,97		^a
Gaz totaux autres que l'hydrogène	µmol/mol		300	
Gaz autres que l'hydrogène et spécifications pour chaque contaminant ^f				
Eau (H ₂ O)	µmol/mol		5	^e
Hydrocarbures totaux ^b à l'exception du méthane (équivalent C1)	µmol/mol		2	^e
Méthane (CH ₄)	µmol/mol		100	^e
Oxygène (O ₂)	µmol/mol		5	^e
Hélium (He)	µmol/mol		300	^e
Total azote (N ₂) et argon (Ar) ^b	µmol/mol		300	^e
Dioxyde de carbone (CO ₂)	µmol/mol		2	^e
Monoxyde de carbone (CO) ^c	µmol/mol		0,2	^e
Total composés sulfurés ^d (Base H ₂ S)	µmol/mol		0,004	^e
Formaldéhyde (HCHO)	µmol/mol		0,2	^e
Acide formique (HCOOH)	µmol/mol		0,2	^e
Ammoniac (NH ₃)	µmol/mol		0,1	^e
Total composés halogénés ^e (Base halogène ion)	µmol/mol		0,05	^e

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

^b Les hydrocarbures totaux à l'exception du méthane incluent les espèces organiques oxygénées.

^c La somme des valeurs mesurées pour le CO, le HCHO et le HCOOH ne doit pas dépasser 0,2 µmol/mol.

^d Au minimum, les composés sulfurés totaux incluent H₂S, COS, CS₂ et les mercaptans, qui sont normalement présents dans le gaz naturel.

^e La méthode d'essai doit être spécifiée. On utilisera de préférence les méthodes définies dans la norme ISO 21087.

^f L'analyse de contaminants particuliers liés au processus de production n'est pas requise. Le constructeur du véhicule doit fournir à l'autorité compétente les motifs de l'omission des contaminants concernés. ».

Annexe 9A, paragraphe 3.2.1, lire :

- « 3.2.1 Introduction

À partir des dates indiquées au paragraphe 5.4.2 du présent Règlement, le système OBD de tous les moteurs à allumage par compression et de tous les véhicules équipés d'un moteur à allumage par compression doit signaler la défaillance d'un composant ou d'un système lié aux émissions, lorsque cette défaillance a pour conséquence une augmentation des émissions au-delà des

seuils OBD applicables indiqués au tableau du paragraphe 5.4.4 du présent Règlement. ».

Annexe 9A, paragraphe 3.2.3.1, lire :

« 3.2.3.1 Au lieu d'assurer une surveillance sur la base des seuils OBD applicables en ce qui concerne les paragraphes 3.2.2.1 à 3.2.2.4 de la présente annexe, les systèmes OBD des moteurs à allumage par compression peuvent, conformément au paragraphe 5.4.1.1 du présent Règlement, détecter un éventuel défaut de fonctionnement majeur des composants suivants :

... ».

Annexe 9A, paragraphe 3.3.1, lire :

« 3.3.1 À partir des dates indiquées au paragraphe 5.4.2 du présent Règlement, le système OBD de tous les moteurs à allumage par compression ou à allumage commandé et de tous les véhicules équipés d'un moteur à allumage par compression ou à allumage commandé doit indiquer la défaillance d'un composant ou d'un système relatif aux émissions, lorsque cette défaillance a pour conséquence une augmentation des émissions au-delà des seuils OBD applicables indiqués au tableau du paragraphe 5.4.4 du présent Règlement.

... ».

Annexe 9B, paragraphe 3.36, lire :

« 3.36 Abréviations

AES	Stratégie auxiliaire en matière d'émissions
CI	Allumage par compression
CV	Ventilation du carter
DOC	Catalyseur à oxydation pour moteur diesel
DPF	Filtre à particules, notamment filtre à catalyse ou à régénération continue (CRT) et autres filtres à particules de suie
DTC	Code défaut
RGE	Recyclage des gaz d'échappement
HC	Hydrocarbure
LNT	Piège à NO _x ou absorbeur de NO _x
GPL	Gaz de pétrole liquéfié
MECS	Stratégie antipollution en cas de défaut de fonctionnement
NG	Gaz naturel
NO _x	Oxydes d'azote
OTL	Valeur limite OBD
PI	Allumage commandé
PM	Particules
SCR	Réduction catalytique sélective
SW	Essuie-glaces
TFF	Surveillance d'une défaillance total de la fonction
VGT	Turbocompresseur à géométrie variable
VVT	Diagramme de distribution variable. ».

Annexe 9B, paragraphe 5.2.3, lire :

« 5.2.3 Niveau faible du carburant dans le réservoir

Les constructeurs peuvent demander l'autorisation de désactiver les systèmes de surveillance affectés par un niveau bas/une pression faible du carburant dans le réservoir ou une panne sèche (ce qui pourrait par exemple engendrer un diagnostic de défaut de fonctionnement du système d'alimentation ou de ratés d'allumage), comme suit :

	Réservoir carburant liquide	Réservoir carburant gazeux
a) Le niveau de carburant dans le réservoir est considéré comme bas lorsqu'il ne dépasse pas 100 litres ou 20 % de la contenance nominale du réservoir, si cette dernière valeur est plus basse.	X	
b) La pression de carburant dans le réservoir considérée comme basse pour une telle désactivation ne doit pas être supérieure à 20 % de la plage utilisable de pression de carburant dans le réservoir.		X

».

Annexe 9B, appendice 3, point 6, lire :

« Appendice 3 – Point 6

Surveillance du système de recirculation des gaz d'échappement (EGR)

Le système OBD surveille, sur les moteurs qui en sont équipés, la bonne marche des composants ci-dessous du système de recirculation des gaz d'échappement, en ce qui concerne :

	Moteur à allumage par compression	Moteur à allumage commandé
a1) La capacité du système EGR à maintenir le flux prescrit, en décelant ses insuffisances ou ses excès – surveillance des valeurs limites d'émission.	X	
a2) La capacité du système EGR à maintenir le flux prescrit, en décelant ses insuffisances ou ses excès – surveillance de l'efficacité. (Cette prescription relative à la surveillance fera l'objet d'un complément d'examen.)		X
b) La capacité du système EGR à parvenir au flux prescrit, dans le délai prescrit par le constructeur – surveillance de l'efficacité.	X	X
c) La capacité du système EGR à parvenir au refroidissement prescrit par le constructeur – surveillance de l'efficacité.	X	X

... ».

Annexe 9B, appendice 3, point 7, lire :

« Appendice 3 – Point 7

Surveillance du système d'alimentation en carburant

Le système OBD surveille, sur les moteurs qui en sont équipés, la bonne marche des composants ci-dessous du système d'alimentation en carburant, en ce qui concerne :

	Moteur à allumage par compression	Moteur à allumage commandé
a) La capacité du système d'alimentation en carburant à parvenir à la pression prescrite dans un circuit en boucle fermée – surveillance de l'efficacité.	X	
b) La capacité du système à parvenir à la pression prescrite dans un circuit en boucle fermée lorsque le système est conçu de telle sorte que la pression puisse être commandée indépendamment d'autres paramètres – surveillance de l'efficacité.	X	
c) La capacité du système d'alimentation en carburant à respecter le point d'injection prévu pendant au moins un cycle d'injection lorsque le moteur est équipé des sondes appropriées – surveillance de l'efficacité.	X	
d) La capacité du système d'injection à maintenir le rapport aircarburant souhaité (y compris les caractéristiques d'autoadaptation) – surveillance de l'efficacité.		X

».

Annexe 9B, appendice 3, point 8, lire :

« Appendice 3 – Point 8

Système de commande de l'admission d'air et de la pression de suralimentation dans le turbocompresseur

Le système OBD surveille, sur les moteurs qui en sont équipés, la bonne marche des composants ci-dessous du système de commande de l'admission d'air et de la pression de suralimentation dans le turbocompresseur, en ce qui concerne :

	Moteur à allumage par compression	Moteur à allumage commandé
a1) La capacité du turbocompresseur à maintenir la pression de suralimentation prescrite et à détecter à la fois les pressions insuffisantes et les pressions excessives – surveillance des valeurs limites d'émission.	X	
a2) La capacité du turbocompresseur à maintenir la pression de suralimentation prescrite et à détecter à la fois les pressions insuffisantes et les pressions excessives – surveillance de l'efficacité. (Cette prescription relative à la surveillance doit faire l'objet d'un examen approfondi.)		X

b) La capacité du turbocompresseur à géométrie variable à se mettre dans la configuration prescrite dans le délai imparti par le constructeur – surveillance de l'efficacité.	X	X
c) L'efficacité du système de refroidissement de l'air d'admission – défaut de fonctionnement complet.	X	X

... ».

Annexe 9B, appendice 3, point 10, lire :

« Appendice 3 – Point 10

Surveillance des ratés d'allumage

	Moteur à allumage par compression	Moteur à allumage commandé
a) Aucune prescription.	X	
b) Raté d'allumage qui peut endommager le catalyseur (par exemple en surveillant un certain pourcentage de ratés d'allumage durant une certaine période) – surveillance de l'efficacité. (Cette prescription relative à la surveillance doit faire l'objet d'un complément d'examen, en même temps que les points 6 et 8.)		X

».

Annexe 9B, appendice 3, point 13, lire :

« Appendice 3 – Point 13

Surveillance de la sonde des gaz d'échappement et des capteurs d'oxygène

Le système OBD surveille :

	Moteur à allumage par compression	Moteur à allumage commandé
a) Sur les moteurs qui en sont équipés, la bonne marche des composants électriques de la sonde des gaz d'échappement conformément au point 1 du présent appendice – surveillance des composants.	X	X
b) Les capteurs d'oxygène primaires et secondaires (contrôle du carburant). Ces capteurs sont considérés comme des sondes des gaz d'échappement dont il convient de surveiller le bon fonctionnement conformément au point 1 du présent appendice – surveillance des composants.		X

».

Annexe 9B, appendice 3, point 15, lire :

« Appendice 3 – Point 15

Catalyseur à trois voies

Le système OBD surveille, sur les moteurs qui en sont équipés, la bonne marche du catalyseur à trois voies, en ce qui concerne :

	Moteur à allumage par compression	Moteur à allumage commandé
a) La capacité du catalyseur à trois voies à transformer les NO _x et le CO – surveillance de l'efficacité.		X

».