



---

**Commission économique pour l'Europe**

Comité des transports intérieurs

**Forum mondial de l'harmonisation  
des Règlements concernant les véhicules**

Groupe de travail de la pollution et de l'énergie

Quatre-vingt-septième session

Genève, 10-13 janvier 2023

Point 4 a) de l'ordre du jour provisoire

**Véhicules utilitaires lourds : Règlements ONU n<sup>os</sup> 49  
(Émissions des moteurs à allumage par compression  
et des moteurs à allumage commandé (GPL et GNC))  
et 132 (Dispositifs antipollution de mise à niveau)****Proposition de nouveau complément à la série 07  
d'amendements au Règlement ONU n<sup>o</sup> 49 (Émissions  
des moteurs à allumage par compression et des moteurs  
à allumage commandé (GPL et GNC))****Communication des experts de l'Union européenne et de l'Organisation  
internationale des constructeurs d'automobiles\***

Le texte ci-après, établi par les experts de l'Union européenne et de l'Organisation internationale des constructeurs d'automobiles (OICA), vise à permettre l'utilisation de l'hydrogène (H<sub>2</sub>) en tant que carburant pour l'homologation des véhicules utilitaires lourds en ce qui concerne leurs émissions. Il est soumis au GRPE pour examen à sa session de janvier 2023. Les modifications qu'il est proposé d'apporter au texte actuel du Règlement ONU figurent en caractères gras pour les ajouts et biffés pour les suppressions.

---

\* Conformément au programme de travail du Comité des transports intérieurs pour 2022 tel qu'il figure dans le projet de budget-programme pour 2023 (A/77/6 (Sect. 20), tableau 20.6), le Forum mondial a pour mission d'élaborer, d'harmoniser et de mettre à jour les Règlements ONU en vue d'améliorer les caractéristiques fonctionnelles des véhicules. Le présent document est soumis en vertu de ce mandat.



## I. Proposition

Ajouter un paragraphe portant le numéro 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 4.6.2, lire :

- « 4.6.2           S’il autorise à faire fonctionner la famille de moteurs avec des carburants courants qui ne correspondent ni aux carburants de référence mentionnés à l’annexe 5, ni à la norme CEN EN 228 (dans le cas de l’essence sans plomb) **ou à la classe D (type I ou II) de la norme ISO 14687 (dans le cas de l’hydrogène)** ou à la norme CEN EN 590 (dans le cas du gazole), tels que l’EMAG B100 (norme CEN EN 14214), les gazoles à haute teneur en EMAG B20/B30 (norme CEN EN 16709) ou les gazoles paraffiniques (norme CEN EN 15940), le constructeur doit satisfaire aux prescriptions du paragraphe 4.6.1 ainsi qu’aux prescriptions suivantes : ».

Ajouter un paragraphe portant le numéro 4.12.3.3.8, libellé comme suit :

- « **4.12.3.3.8**    **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 commandé homologué et réglé pour l’hydrogène liquéfié. ».

Ajouter un paragraphe portant le numéro 5.1.6, libellé comme suit :

- « **5.1.6**           **Dispositions relatives aux moteurs à hydrogène**
- 5.1.6.1**          **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 5.3, lire :

« 5.3 Limites d'émission

Le tableau 1 ci-après indique les limites d'émissions applicables en vertu du présent Règlement.

**Tableau 1**  
**Limites d'émissions**

	Valeurs limites							
	CO (mg/kWh)	HCT (mg/kWh)	HCNM*** (mg/kWh)	CH <sub>4</sub> *** (mg/kWh)	NO <sub>x</sub> * (mg/kWh)	NH <sub>3</sub> (ppm)	Masse de particules (mg/kWh)	Nombre de particules (nbre/kWh)
Procédure d'essai WHSC (APC)	1 500	130			400	10	10	8,0 x 10 <sup>11</sup> **
Procédure d'essai WHTC (APC)	4 000	160			460	10	10	6,0 x 10 <sup>11</sup> **
Procédure d'essai WHTC (AC)	4 000		160	500	460	10	10	6,0 x 10 <sup>11</sup> **

Notes :

AC = allumage commandé.

APC = allumage par compression.

\* Le niveau admissible de la composante NO<sub>2</sub> dans la valeur limite des NO<sub>x</sub> peut être défini à un stade ultérieur.

\*\* La limite s'applique à partir des dates indiquées à la ligne B du tableau 1 de l'appendice 9 de l'annexe 1 du présent Règlement.

\*\*\* 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 4, il n'est pas nécessaire de mesurer le CH<sub>4</sub> 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 5.3 du présent Règlement pour les émissions d'hydrocarbures non méthaniques.

Paragraphe 8.3.3.3, lire :

« 8.3.3.3 Pour les moteurs à gazole, à éthanol (ED95), à essence, à E85, à hydrogène, à GNL20, à GNL et à GPL, y compris lorsqu'ils sont bicarburant, 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. Cela concerne les essais figurant au paragraphe 4 du présent Règlement. ».

Annexe 1, paragraphe 3.2.2.2, lire :

« 3.2.2.2 Véhicules utilitaires lourds : gazole/essence/GPL/GN-H/GN-L/GN-HL/éthanol (ED95)/ éthanol (E85)/Hydrogène (T) /Hydrogène (TD) /Hydrogène (U) /Hydrogène (UD)<sup>1</sup> ».

Annexe 1, paragraphe 3.2.17.1, lire :

« 3.2.17.1 Carburant : GPL /NG-H/NG-L /NG-HL /Hydrogène (T) /Hydrogène (TD) /Hydrogène (U) /Hydrogène (UD)<sup>1</sup> ».

Additif à l'annexe 2A, paragraphe 1.1.5, lire :

« 1.1.5 Catégorie de moteur : gazole/essence/GPL/GN-H/GN-L/GN-HL/éthanol (ED95)/éthanol (E85)/ GNL/GNL20<sup>1</sup> /Hydrogène (T) /Hydrogène (TD) /Hydrogène (U) /Hydrogène (UD)<sup>1</sup> ».

Additif à l'annexe 2A, paragraphe 1.4.1, lire :

« 1.4.1 Essai WHSC

Tableau 4

Essai WHSC

Essai WHSC (selon le cas)*, **							
Facteur de détérioration Mult/add <sup>1</sup>	CO	HCT	HCNM***, ‡	NO <sub>x</sub>	Masse de particules	NH <sub>3</sub>	Nombre de particules
Émissions	CO (mg/kWh)	HCT (mg/kWh)	HCNM***, ‡ (mg/kWh)	NO <sub>x</sub> (mg/kWh)	Masse de particules (mg/kWh)	NH <sub>3</sub> ppm	Nombre de particules (nbre/kWh)
Résultat de l'essai							
Calcul avec le facteur de détérioration							
Émissions de CO <sub>2</sub> (massiques, en g/kWh)*** :							
Consommation de carburant (g/kWh) :							

Notes :

\* Dans le cas des moteurs visés aux paragraphes 4.6.3 et 4.6.6 du présent Règlement, répéter les informations pour tous les carburants mis à l'essai, lorsqu'il y a lieu.

\*\* Dans le cas des moteurs bicarburant de type 1B, 2B et 3B (selon les définitions de l'annexe 15 au présent Règlement), répéter les informations pour le mode bicarburant et le mode diesel.

\*\*\* **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 4, il n'est pas nécessaire de mesurer le CO<sub>2</sub> 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 5.3 du présent Règlement pour les émissions d'hydrocarbures non méthaniques.**

‡ Dans les cas visés au tableau 1 de l'annexe 15 au présent Règlement pour les moteurs bicarburant, et pour les moteurs à allumage commandé. ».

Additif à l'annexe 2A, paragraphe 1.4.2, lire :

« 1.4.2 Essai WHTC

Tableau 5

Essai WHTC

Essai WHTC*, **								
Facteur de détérioration Mult/add <sup>1</sup>	CO	HCT	HCNM***, ‡	CH <sub>4</sub> ***, ‡	NO <sub>x</sub>	Masse de particules	NH <sub>3</sub>	Nombre de particules
Émissions	CO (mg/kWh)	HCT (mg/kWh)	HCNM***, ‡ (mg/kWh)	CH <sub>4</sub> ***, ‡ (mg/kWh)	NO <sub>x</sub> (mg/kWh)	Masse de particules (mg/kWh)	NH <sub>3</sub> ppm	Nombre de particules
Démarrage à froid								
Démarrage à chaud sans régénération								
Démarrage à chaud avec régénération <sup>1</sup>								

k <sub>r,u</sub> (mult/add) <sup>1</sup>								
k <sub>r,d</sub> (mult/add) <sup>1</sup>								
Résultat pondéré de l'essai								
Résultat final de l'essai avec le facteur de détérioration								
Émissions de CO <sub>2</sub> (massiques, en g/kWh) <sup>***</sup> :								
Consommation de carburant (g/kWh) :								

*Notes :*

\* Dans le cas des moteurs visés aux paragraphes 4.6.3 et 4.6.6 du présent Règlement, répéter les informations pour tous les carburants mis à l'essai, lorsqu'il y a lieu.

\*\* Dans le cas des moteurs bicarburant de type 1B, 2B et 3B (selon les définitions de l'annexe 15 au présent Règlement), répéter les informations pour le mode bicarburant et le mode diesel.

**\*\*\* 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 4, il n'est pas nécessaire de mesurer le CH<sub>4</sub> et le CO<sub>2</sub> 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 5.3 du présent Règlement pour les émissions d'hydrocarbures non méthaniques.**

‡ Dans les cas visés au tableau 1 de l'annexe 15 au présent Règlement pour les moteurs bicarburant, et pour les moteurs à allumage commandé. ».

*Additif à l'annexe 2C, paragraphe 1.1.5, lire :*

« 1.1.5 Catégorie de moteur : gazole/essence/GPL/GN-H/GN-L/GN-HL/ éthanol (ED95)/éthanol(E85)/GNL/GNL20<sup>1</sup>/Hydrogène (T)/Hydrogène (TD)/Hydrogène (U)/Hydrogène (UD)<sup>1</sup> ».

Additif à l'annexe 2C, paragraphe 1.4.1, lire :

« 1.4.1 Essai WHSC

Tableau 4

**Essai WHSC**

WHSC test (selon le cas)*.**							
Facteur de détérioration Mult/add <sup>1</sup>	CO	HCT	HCNM***: ‡	NO <sub>x</sub>	Masse de particules	NH <sub>3</sub>	Nombre de particules
	Émissions	CO (mg/kwh)	HCT (mg/kWh)	HCNM***: ‡ (mg/kWh)	NO <sub>x</sub> (mg/kWh)	Masse de particules (mg/kWh)	NH <sub>3</sub> ppm
Résultat de l'essai							
Calcul avec le facteur de détérioration							
Émissions de CO <sub>2</sub> (massiques, en g/kWh)*** :							
Consommation de carburant (g/kWh) :							

Notes :

\* Dans le cas des moteurs visés aux paragraphes 4.6.3 et 4.6.6 du présent Règlement, répéter les informations pour tous les carburants mis à l'essai, lorsqu'il y a lieu.

\*\* Dans le cas des moteurs bicarburant de type 1B, 2B et 3B (selon les définitions de l'annexe 15 au présent Règlement), répéter les informations pour le mode bicarburant et le mode diesel.

\*\*\* **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 4, il n'est pas nécessaire de mesurer le CO<sub>2</sub> 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 5.3 du présent Règlement pour les émissions d'hydrocarbures non méthaniques.**

‡ Dans les cas visés au tableau 1 de l'annexe 15 au présent Règlement pour les moteurs bicarburant, et pour les moteurs à allumage commandé. ».

Additif à l'annexe 2C, paragraphe 1.4.2, lire :

« 1.4.2 Essai WHTC

Tableau 5  
Essai WHTC

Essai WHTC* **								
Facteur de détérioration Mult/add <sup>1</sup>	CO	HCT	HCNM*** ‡	CH <sub>4</sub> *** ‡	NO <sub>x</sub>	Masse de particules	NH <sub>3</sub>	Nombre de particules
Émissions	CO (mg/kWh)	HCT (mg/kWh)	HCNM*** ‡ (mg/kWh)	CH <sub>4</sub> *** ‡ (mg/kWh)	NO <sub>x</sub> (mg/kWh)	Masse de particules (mg/kWh)	NH <sub>3</sub> ppm	Nombre de particules (nombre/kWh)
Démarrage à froid								
Démarrage à chaud sans régénération								
Démarrage à chaud avec régénération <sup>1</sup>								
k <sub>r,u</sub> (mult/add) <sup>1</sup> k <sub>r,d</sub> (mult/add) <sup>1</sup>								
Résultat pondéré de l'essai								
Résultat final de l'essai avec le facteur de détérioration								
Émissions de CO <sub>2</sub> (massiques, en g/kWh)*** :								
Consommation de carburant (g/kWh) :								

Notes :

\* Dans le cas des moteurs visés aux paragraphes 4.6.3 et 4.6.6 du présent Règlement, répéter les informations pour tous les carburants mis à l'essai, lorsqu'il y a lieu.

\*\* Dans le cas des moteurs bicarburant de type 1B, 2B et 3B (selon les définitions de l'annexe 15 au présent Règlement), répéter les informations pour le mode bicarburant et le mode diesel.

\*\*\* **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 4, il n'est pas nécessaire de mesurer le CH<sub>4</sub> et le CO<sub>2</sub> 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 5.3 du présent Règlement pour les émissions d'hydrocarbures non méthaniques.**

‡ Dans les cas visés au tableau 1 de l'annexe 15 au présent Règlement pour les moteurs bicarburant, et pour les moteurs à allumage commandé. ».

Annexe 3, tableau 2, lire :

«

Type de moteur	Code
Moteur à allumage par compression alimenté au gazole	D
Moteur à allumage par compression alimenté à l'éthanol (ED95)	ED
Moteur à allumage commandé alimenté à l'éthanol (E85)	E85
Moteur à allumage commandé alimenté à l'essence	P
Moteur à allumage commandé alimenté au GPL	Q
Moteur à allumage commandé alimenté au gaz naturel	Voir le paragraphe 4.12.3.3.6 du présent Règlement
<b>Moteur à hydrogène</b>	<b>Voir le paragraphe 4.12.3.3.8 du présent Règlement</b>
Moteurs bicarburant	Voir le paragraphe 4.12.3.3.7 du présent Règlement

».

Annexe 4, paragraphe 3.3, lire :

« 3.3

Symboles et abréviations concernant la composition du carburant

$w_{ALF}$  Teneur en hydrogène du carburant, en pourcentage de la masse

$w_{BET}$  Teneur en carbone du carburant, en pourcentage de la masse

$w_{GAM}$  Teneur en soufre du carburant, en pourcentage de la masse

$w_{DEL}$  Teneur en azote du carburant, en pourcentage de la masse

$w_{EPS}$  Teneur en oxygène du carburant, en pourcentage de la masse

$\alpha$  Rapport molaire pour l'hydrogène (~~H/C~~)

**$\beta$  Rapport molaire pour le carbone**

$\gamma$  Rapport molaire pour le soufre (~~H/C~~)

$\delta$  Rapport molaire pour l'azote (~~H/C~~)

$\varepsilon$  Rapport molaire pour l'oxygène (~~O/C~~)

sur la base d'un carburant  $C_{\beta}H_{\alpha}O_{\varepsilon}N_{\delta}S_{\gamma}$ , avec  **$\beta = 1$  pour les carburants contenant du carbone et  $\beta = 0$  pour les carburants ne contenant pas de carbone** ».

Annexe 4, paragraphe 3.4, lire :

« 3.4

Symboles et abréviations pour les constituants chimiques

C1 Hydrocarbures équivalents en carbone 1

CH<sub>4</sub> Méthane

C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> Éthane

C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> Propane

CO Monoxyde de carbone

CO<sub>2</sub> Dioxyde de carbone

DOP Di-octylphtalate

HC Hydrocarbures

**H<sub>2</sub> Hydrogène**



H <sub>2</sub> O	Eau
HCNM	Hydrocarbures non méthaniques
NO <sub>x</sub>	Oxydes d'azote
NO	Oxyde nitrique
NO <sub>2</sub>	Dioxyde d'azote
<b>O<sub>2</sub></b>	<b>Oxygène</b>
PM	Matières particulaires ».

Annexe 4, paragraphe 5.2.3.6, lire :

- « 5.2.3.6 Types de carburant
- a) Gazole ;
  - b) Gaz naturel (GN) ;
  - c) Gaz de pétrole liquéfié (GPL) ;
  - d) Éthanol ;
  - e) **Essence** ;
  - f) **Hydrogène.** ».

Annexe 4, paragraphe 8, lire :

- « 8. Calcul des émissions

Le résultat d'essai définitif doit être arrondi en une seule étape au nombre de décimales indiqué par la norme d'émissions applicable, plus un chiffre significatif, conformément à la norme ASTM E 29-06B. Il n'est pas permis d'arrondir les valeurs intermédiaires utilisées pour déterminer le résultat final en ce qui concerne les émissions spécifiques au banc.

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<sub>1,86</sub>O<sub>0,006</sub> pour le gazole (B7) ;

CH<sub>2,92</sub>O<sub>0,46</sub> pour l'éthanol destiné aux moteurs à allumage par compression spéciaux (ED95) ;

CH<sub>1,93</sub>O<sub>0,032</sub> pour l'essence (E10) ;

CH<sub>2,74</sub>O<sub>0,385</sub> pour l'éthanol (E85) ;

CH<sub>2,525</sub> pour le GPL (gaz de pétrole liquéfié) ;

CH<sub>4</sub> pour le GN (gaz naturel) et le biométhane ;

#### **H<sub>2</sub> pour l'hydrogène.**

Des exemples d'opérations de calcul sont donnés à l'appendice 5 de la présente annexe.

Le calcul des émissions sur une base molaire, conformément à l'annexe 7 du **RTM ONU** n° 11 concernant le protocole d'essai pour la mesure des émissions de gaz d'échappement des engins mobiles non routiers (NRMM), est admis avec l'accord préalable de l'autorité d'homologation de type. ».

Annexe 4, paragraphe 8.1, lire :

- « 8.1 Correction base sèche/base humide

Si les émissions sont mesurées en conditions sèches, la concentration mesurée doit être convertie aux conditions humides conformément à l'équation suivante:

$$c_w = k_w \times c_d \quad (12)$$

où :

$c_d$  est la concentration en conditions sèches, exprimée en ppm ou en pourcentage en volume ;

$k_w$  est le facteur de correction base sèche/base humide ( $k_{w,a}$ ,  $k_{w,e}$  ou  $k_{w,d}$ , selon l'équation utilisée).

**Si tous les carburants utilisés ont un rapport molaire carbone/hydrogène égal à 0, comme défini au paragraphe 8 de la présente annexe, alors les équations... ».**

Annexe 4, paragraphe 8.1.1, annexe 15, lire :

$$\begin{aligned} \ll \quad k_{w,r} &= \left( \frac{1}{1 + \alpha \times 0,005 \times (c_{CO_2} + c_{CO})} - k_{w1} \right) \times 1,008 \\ k_{w,r} &= \left( \frac{1}{1 + \alpha \times 0,005 \times (c_{CO_2} + c_{CO})} - k_{w1} \right) \times 1,008 \gg. \end{aligned}$$

Annexe 4, paragraphe 8.1.1, lire :

« ... Les équations 13 et 14 sont pour l'essentiel identiques, le facteur de 1,008 utilisé dans les équations 13 et 15 étant une approximation pour le dénominateur plus précis utilisé dans l'équation 14. **L'équation 15 n'est pas applicable si l'un des carburants utilisés a un rapport molaire carbone/hydrogène égal à 0, comme défini au paragraphe 8.** ».

Annexe 4, paragraphe 8.1.2, lire :

« 8.1.2 Gaz d'échappement dilués

$$k_{w,e} = \left[ \left( 1 - \frac{\alpha \times c_{CO_2w}}{200} \right) - k_{w2} \right] \times 1,008 \quad (18)$$

ou

$$k_{w,e} = \left[ \frac{\left( 1 - k_{w2} \right)}{1 + \frac{\alpha \times c_{CO_2d}}{200}} \right] \times 1,008 \quad (19)$$

avec

$$k_{w2} = \frac{1,608 \times \left[ H_d \times \left( 1 - \frac{1}{D} \right) + H_a \times \left( \frac{1}{D} \right) \right]}{1000 + \left\{ 1,608 \times \left[ H_d \times \left( 1 - \frac{1}{D} \right) + H_a \times \left( \frac{1}{D} \right) \right] \right\}} \quad (20)$$

où :

$\alpha$  est le rapport molaire pour l'hydrogène du carburant ;

$c_{CO_2w}$  est la concentration de  $CO_2$  en conditions humides, exprimée en pourcentage ;

$c_{CO_2d}$  est la concentration de  $CO_2$  en conditions sèches, exprimée en pourcentage ;

$H_d$  est l'humidité du gaz diluant, en g d'eau par kg d'air sec ;

$H_a$  est l'humidité de l'air d'admission, en g d'eau par kg d'air sec ;

$D$  est le facteur de dilution (voir par. 8.5.2.3.2).

**Les équations 18 et 19 ne sont pas applicables si l'un des carburants utilisés a un rapport molaire carbone/hydrogène égal à 0, comme défini au paragraphe 8.** ».

Annexe 4, paragraphe 8.1.3, équation 22, lire :

$$\ll \quad k_{wz} = \frac{1,608 \times H_d}{1000 + (1,608 \times H_d)}$$

$$K_{w3} = \frac{1,608 \times H_d}{1000 + (1,608 \times H_d)} \gg.$$

Annexe 4, paragraphe 8.4.1.1, lire :

#### « 8.4.1.1 Introduction

Pour le calcul des émissions dans les gaz d'échappement bruts et pour le réglage d'un système de dilution du flux partiel, il est nécessaire de connaître le débit massique de gaz d'échappement. **Pour déterminer le débit massique de gaz d'échappement, on peut appliquer l'une ou l'autre des méthodes décrites aux paragraphes 8.4.1.3 à 8.4.1.8.** ».

Annexe 4, paragraphe 8.4.1.2, lire :

#### « 8.4.1.2 Temps de réponse

Pour le calcul des émissions, le temps de réponse de l'une ou l'autre des méthodes décrites aux paragraphes 8.4.1.3 à **8.4.1.8** doit être égal ou inférieur au temps de réponse de l'analyseur, qui est  $\leq 10$  secondes, comme prescrit au paragraphe 9.3.5.

Pour le réglage d'un système de dilution du flux partiel, une réponse plus rapide est nécessaire. Pour les systèmes de dilution du flux partiel à réglage en ligne, le temps de réponse doit être  $\leq 0,3$  seconde. Pour les systèmes de dilution du flux partiel à réglage prédictif basé sur un essai préenregistré, le temps de réponse du système de mesure du débit de gaz d'échappement doit être  $\leq 5$  secondes avec un temps de montée  $\leq 1$  seconde. Le temps de réponse du système doit être spécifié par le constructeur de l'appareillage. Les prescriptions relatives au temps de réponse pour le débit de gaz d'échappement et le système de dilution du flux partiel figurent au paragraphe 9.4.6.1. ».

Annexe 4, paragraphe 8.4.1.6, lire :

« ...

avec

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

$$\beta \frac{A}{F_{st}} = \frac{138,0 \times \left(\beta + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma\right)}{12,011 \times \beta + 1,00794 \times \alpha + 15,9994 \times \varepsilon + 14,0067 \times \delta + 32,065 \times \gamma} \quad (31)$$

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

$$\lambda_i = \frac{\beta \times \left(100 - \frac{c_{COd} \times 10^{-4}}{2} - c_{HCw} \times 10^{-4}\right) + \left(\frac{\alpha}{4} \times \frac{1 - \frac{2 \times c_{COd} \times 10^{-4}}{3,5 \times c_{CO2d}} - \frac{\varepsilon}{2} - \frac{\delta}{2}}{1 + \frac{c_{CO} \times 10^{-4}}{3,5 \times c_{CO2d}}}\right) \times (c_{CO2d} + c_{COd} \times 10^{-4})}{4,764 \times \left(\beta + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma\right) \times (c_{CO2d} + c_{COd} \times 10^{-4} + c_{HCw} \times 10^{-4})} \quad (32)$$

où :

$q_{mav,i}$  est le débit-masse instantané d'air d'admission, en kg/s ;

$A/F_{st}$  est le rapport air/carburant stœchiométrique, en kg/kg ;

$\beta$  est le rapport molaire pour le carbone du carburant, avec  $\beta = 1$  pour les carburants contenant du carbone et  $\beta = 0$  pour les carburants ne contenant pas de carbone ;

$\lambda_i$  est le facteur d'excédent d'air instantané ;

$C_{CO_2d}$  est la concentration de  $CO_2$  en conditions sèches, exprimée en pourcentage ;

$C_{COd}$  est la concentration de  $CO$  en conditions sèches, en ppm ;

$C_{HCw}$  est la concentration d'hydrocarbures en conditions humides, en ppm.

**L'équation 32 n'est pas applicable si l'un des carburants utilisés a un rapport molaire carbone/hydrogène égal à 0, tel que défini au paragraphe 8. ».**

Annexe 4, paragraphe 8.4.2.3, *tableau 5*, lire :

« Tableau 5

**Valeurs de  $u$  pour les gaz d'échappement bruts et masses volumiques des constituants**

Carburant	$\rho_e$	Gaz					
		$NO_x$	$CO$	$HC$	$CO_2$	$O_2$	$CH_4$
		$\rho_{gas} [kg/m^3]$					
		2,053	1,250	<sup>a</sup>	1,9636	1,4277	0,716
		$u_{gas}^b$					
Gazole (B7)	1,2943	0,001586	0,000966	0,000482	0,001517	0,001103	0,000553
Éthanol (ED95)	1,2768	0,001609	0,000980	0,000780	0,001539	0,001119	0,000561
GNC <sup>c</sup>	1,2661	0,001621	0,000987	0,000528 <sup>d</sup>	0,001551	0,001128	0,000565
Propane	1,2805	0,001603	0,000976	0,000512	0,001533	0,001115	0,000559
Butane	1,2832	0,001600	0,000974	0,000505	0,001530	0,001113	0,000558
GPL <sup>e</sup>	1,2811	0,001602	0,000976	0,000510	0,001533	0,001115	0,000559
Essence (E10)	1,2931	0,001587	0,000966	0,000499	0,001518	0,001104	0,000553
Éthanol (E85)	1,2797	0,001604	0,000977	0,000730	0,001534	0,001116	0,000559
<b>Hydrogène</b>	<b>1,1872</b>	<b>0,001729</b>	<b>0,001053</b>	<b>0,000075</b>	<b>0,001654</b>	<b>0,001203</b>	<b>0,000603</b>

<sup>a</sup> selon le carburant.  
<sup>b</sup> à  $\lambda = 2$ , air sec, 273 °K, 101,3 kPa.  
<sup>c</sup>  $u$  juste à 0,2 % près pour la composition (en masse) suivante : C = 66 - 76 % ; H = 22 - 25 % ; N = 0 - 12 %.  
<sup>d</sup> HCNM sur la base de  $CH_{2,93}$  (pour les HC totaux, le coefficient  $u_{gas}$  de  $CH_4$  doit être utilisé).  
<sup>e</sup>  $u$  juste à 0,2 % près pour la composition (en masse) suivante : C3 = 70 - 90 % ; C4 = 10 - 30 %.

Annexe 4, paragraphe 8.4.2.4, lire :

« ...

La masse molaire des gaz d'échappement ( $M_e$ ) est calculée, pour une composition générale du combustible de  $C_\beta H_\alpha O_\epsilon N_\delta S_\gamma$ , dans l'hypothèse d'une combustion complète, comme suit :

$$M_{e,i} = \frac{1 + \frac{q_{mf,i}}{q_{maw,i}}}{\frac{q_{mf,i}}{q_{maw,i}} \times \frac{\frac{\alpha}{4} + \frac{\epsilon}{2} + \frac{\delta}{2}}{12,011 + 1,00794 \times \alpha + 15,9994 \times \epsilon + 14,0067 \times \delta + 32,065 \times \gamma} + \frac{H_a \times 10^{-3}}{2 \times 1,00794 + 15,9994} + \frac{1}{1 + H_a \times 10^{-3}} M_a}$$

$$M_{e,i} = \frac{1 + \frac{q_{mf,i}}{q_{maw,i}}}{\frac{q_{mf,i}}{q_{maw,i}} \times \frac{\frac{\alpha}{4} + \frac{\epsilon}{2} + \frac{\delta}{2}}{12,011 \times \beta + 1,00794 \times \alpha + 15,9994 \times \epsilon + 14,0067 \times \delta + 32,065 \times \gamma} + \frac{H_a \times 10^{-3}}{2 \times 1,00794 + 15,9994} + \frac{1}{1 + H_a \times 10^{-3}} M_a} \quad (41) \gg$$

Annexe 4, paragraphe 9.3.2.1, lire :

« 9.3.2.1 Introduction

Les paragraphes 9.3.2.2 à 9.3.2.7 décrivent les principes de mesure à appliquer. Une description détaillée des systèmes de mesure est donnée à l'appendice 2 de la présente annexe. Les gaz à mesurer doivent être analysés avec les appareils énumérés ci-après. Pour les analyseurs non linéaires, l'utilisation de circuits de linéarisation est autorisée. ».

Annexe 5, ajouter un nouveau type de carburant, comme suit :

« ... **Caractéristiques techniques des carburants à utiliser pour les essais des moteurs à allumage par compression ou à allumage commandé et des moteurs bicarburants**

**Type : Hydrogène**

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

<sup>a</sup> 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)..

<sup>b</sup> Les hydrocarbures totaux à l'exception du méthane incluent les espèces organiques oxygénées.

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

<sup>d</sup> Au minimum, les composés sulfurés totaux incluent H<sub>2</sub>S, COS, CS<sub>2</sub> et les mercaptans, qui sont normalement présents dans le gaz naturel.

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

<sup>f</sup> 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 6, paragraphe 1.2, lire :*

- « 1.2 La présente annexe ne s'applique ni aux moteurs et véhicules bicarburant ni aux moteurs et véhicules **dont tous les carburants ont un rapport molaire carbone/hydrogène égal à 0, tel, selon la définition du paragraphe 8 de l'annexe 4.** ».

*Annexe 8, paragraphe 6.2, lire :*

- « 6.2 Les facteurs de conformité doivent être calculés et présentés pour la méthode fondée sur la masse de CO<sub>2</sub> et pour la méthode fondée sur le travail. La décision d'acceptation ou de refus doit être prise en fonction des résultats de la méthode fondée sur le travail. **La méthode fondée sur la masse de CO<sub>2</sub> peut être ignorée si le rapport molaire carbone/hydrogène d'au moins un des carburants utilisés égal à 0, selon la définition du paragraphe 8 de l'annexe 4.** ».

*Annexe 8, paragraphe 10.1.1.11, lire :*

- « 10.1.1.11 Type de moteurs : essence, éthanol (E85), gazole/GN/GPL/éthanol (ED95)/**hydrogène** (biffer ce qui ne convient pas) ; ».

*Annexe 8, paragraphe 10.1.5.1, lire :*

- « 10.1.5.1 Type de carburant utilisé par le moteur (par exemple, gazole, éthanol ED95, GN, GPL, essence, E85/**hydrogène**) ; ».

*Annexe 8, paragraphe 10.1.8.4, lire :*

- « 10.1.8.4 Concentration en CO<sub>2</sub> [ppm] **pour les moteurs dont l'un des carburants a un rapport molaire carbone/hydrogène supérieur à 0, selon la définition du paragraphe 8 de l'annexe 4 ;** ».

*Annexe 8, paragraphe 10.1.9.4, lire :*

- « 10.1.9.4 Masse de CO<sub>2</sub> [g/s] **pour les moteurs dont l'un des carburants a un rapport molaire carbone/hydrogène supérieur à 0, selon la définition du paragraphe 8 de l'annexe 4 ;** ».

*Annexe 8, paragraphe 10.1.9.5, lire :*

- « 10.1.9.5 Masse de CH<sub>4</sub> [g/s] pour moteurs ~~à allumage commandé~~ **alimentés au gaz naturel** uniquement ; ».

*Annexe 8, paragraphe 10.1.9.9, lire :*

- « 10.1.9.9 Masse cumulée de CO<sub>2</sub> [g] **pour les moteurs dont l'un des carburants a un rapport molaire carbone/hydrogène supérieur à 0, selon la définition du paragraphe 8 de l'annexe 4 ;** ».

*Annexe 8, paragraphe 10.1.9.20, lire :*

- « 10.1.9.20 Durée de la fenêtre de masse CO<sub>2</sub> [s] **pour les moteurs qui n'utilisent aucun carburant ayant un rapport molaire carbone/hydrogène égal à 0, selon la définition du paragraphe 8 de l'annexe 4 ;** ».

*Annexe 8, paragraphe 10.1.9.21, lire :*

- « 10.1.9.21 Facteur de conformité HCT de la fenêtre de masse CO<sub>2</sub> [-] **pour les moteurs qui n'utilisent aucun carburant ayant un rapport molaire carbone/hydrogène égal à 0, selon la définition du paragraphe 8 de l'annexe 4 ;** ».

*Annexe 8, paragraphe 10.1.9.22, lire :*

- « 10.1.9.22 Facteur de conformité CO de la fenêtre de masse CO<sub>2</sub> [-] **pour les moteurs qui n'utilisent aucun carburant ayant un rapport molaire carbone/hydrogène égal à 0, selon la définition du paragraphe 8 de l'annexe 4 ;** ».

*Annexe 8, paragraphe 10.1.9.23, lire :*

« 10.1.9.23 Facteur de conformité NO<sub>x</sub> de la fenêtre de masse CO<sub>2</sub> [-] **pour les moteurs qui n'utilisent aucun carburant ayant un rapport molaire carbone/hydrogène égal à 0, selon la définition du paragraphe 8 de l'annexe 4 ; ».**

*Annexe 8, paragraphe 10.1.9.24a, lire :*

« 10.1.9.24a Facteur de conformité du nombre de particules de la fenêtre de masse du CO<sub>2</sub> [-] **pour les moteurs qui n'utilisent aucun carburant ayant un rapport molaire carbone/hydrogène égal à 0, selon la définition du paragraphe 8 de l'annexe 4 ; ».**

*Annexe 8, paragraphe 10.1.10.11, lire :*

« 10.1.10.11 Émissions CO<sub>2</sub> [g] **pour les moteurs dont l'un des carburants a un rapport molaire carbone/hydrogène supérieur à 0, selon la définition du paragraphe 8 de l'annexe 4 ; ».**

*Annexe 8, paragraphe 10.1.11.6, lire :*

« 10.1.11.6 Facteur de conformité HCT de la fenêtre de masse CO<sub>2</sub> [-] **pour les moteurs qui n'utilisent aucun carburant ayant un rapport molaire carbone/hydrogène égal à 0, selon la définition du paragraphe 8 de l'annexe 4 ; ».**

*Annexe 8, paragraphe 10.1.11.7, lire :*

« 10.1.11.7 Facteur de conformité NO<sub>x</sub> de la fenêtre de masse CO<sub>2</sub> [-] **pour les moteurs qui n'utilisent aucun carburant ayant un rapport molaire carbone/hydrogène égal à 0, selon la définition du paragraphe 8 de l'annexe 4 ; ».**

*Annexe 8, paragraphe 10.1.11.8, lire :*

« 10.1.11.8 Facteur de conformité CO de la fenêtre de masse CO<sub>2</sub> [-] **pour les moteurs qui n'utilisent aucun carburant ayant un rapport molaire carbone/hydrogène égal à 0, selon la définition du paragraphe 8 de l'annexe 4 ; ».**

*Annexe 8, paragraphe 10.1.11.9 bis, lire :*

« 10.1.11.9 bis Facteur de conformité du nombre de particules de la fenêtre de masse du CO<sub>2</sub> [-] **pour les moteurs qui n'utilisent aucun carburant ayant un rapport molaire carbone/hydrogène égal à 0, selon la définition du paragraphe 8 de l'annexe 4 ; ».**

*Annexe 8, paragraphe 10.1.11.11, lire :*

« 10.1.11.11 Fenêtre de masse CO<sub>2</sub> : durée de fenêtre minimum et maximum [s] **pour les moteurs qui n'utilisent aucun carburant ayant un rapport molaire carbone/hydrogène égal à 0, selon la définition du paragraphe 8 de l'annexe 4 ; ».**

*Annexe 8, paragraphe 10.1.11.13, lire :*

« 10.1.11.13 Fenêtre de masse CO<sub>2</sub> : pourcentage de fenêtres valides **pour les moteurs qui n'utilisent aucun carburant ayant un rapport molaire carbone/hydrogène égal à 0, selon la définition du paragraphe 8 de l'annexe 4 ; ».**

*Annexe 8, paragraphe 10.1.12.4, lire :*

« 10.1.12.4 Mise à zéro, calibrage et résultats de la vérification de l'analyseur CO<sub>2</sub>, avant et après l'essai, **pour les moteurs dont l'un des carburants a un rapport molaire carbone/hydrogène supérieur à 0, selon la définition du paragraphe 8 de l'annexe 4 ; ».**

Annexe 8, appendice 1, paragraphe A.1.1, lire :

« A.1.1 Introduction

Le présent appendice décrit la procédure à suivre pour déterminer les émissions de polluants à partir de mesures effectuées sur des véhicules sur route à l'aide de systèmes mobiles de mesure des émissions (ci-après "PEMS"). Les émissions de polluants à mesurer en sortie d'échappement du moteur comprennent les composants suivants : monoxyde de carbone, hydrocarbures totaux, oxydes d'azote et nombre de particules pour les moteurs à allumage par compression, et monoxyde de carbone, hydrocarbures non méthaniques, méthane, oxydes d'azote et nombre de particules pour les moteurs à allumage commandé. En outre, le dioxyde de carbone doit être mesuré pour permettre les procédures de calcul décrites au paragraphe A.1.4.

Pour les moteurs alimentés au gaz naturel, le constructeur, le service technique ou l'autorité d'homologation de type peuvent choisir de mesurer les émissions totales d'hydrocarbures (HCT) uniquement, plutôt que les émissions d'hydrocarbures méthaniques et non méthaniques. Dans ce cas, la limite pour les émissions d'hydrocarbures totaux est la même que celle indiquée au paragraphe 5.3 du présent Règlement pour les émissions de méthane. Aux fins du calcul des facteurs de conformité selon les paragraphes A.1.4.2.3 et A.1.4.3.2, la limite applicable est alors la limite d'émissions non méthaniques.

Pour les moteurs alimentés avec un gaz autre que le gaz naturel, 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 (HCNM). Dans ce cas, la limite pour les émissions totales d'hydrocarbures est la même que celle indiquée au paragraphe 5.3 du présent Règlement pour les émissions d'hydrocarbures non méthaniques. Aux fins du calcul des facteurs de conformité selon les paragraphes A.1.4.2.3 et A.1.4.3.2, la limite applicable est alors la limite d'émissions non méthaniques.

**Pour les moteurs n'utilisant que des carburants ayant un rapport molaire carbone/hydrogène égal à 0, selon la définition du paragraphe 8 de l'annexe 4, le constructeur peut choisir de ne mesurer que les émissions totales d'hydrocarbures (HCT), le monoxyde de carbone (CO), les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) et le nombre de particules. Dans ce cas, la valeur lambda et éventuellement le débit massique de l'air doivent également être mesurés pour permettre la vérification de la cohérence des données visée au paragraphe A.1.3.2. ».**

Annexe 8, appendice 1, paragraphe A.1.2.2, tableau 1, lire :

« Tableau 1

**Paramètres d'essai**

Paramètre	Unité	Source
Concentration HCT <sup>1</sup>	ppm	Analyseur
Concentration CO <sup>1</sup>	ppm	Analyseur
Concentration NO <sub>x</sub> <sup>1</sup>	ppm	Analyseur
Concentration CO <sub>2</sub> <sup>1,5</sup>	ppm	Analyseur
Concentration CH <sub>4</sub> <sup>1,2,5</sup>	ppm	Analyseur
Débit des gaz d'échappement	kg/h	Débitmètre des gaz d'échappement (ci-après « EFM »)
Température des gaz d'échappement	K	EFM
Température ambiante <sup>3</sup>	K	Capteur
Pression ambiante	kPa	Capteur



Couple moteur <sup>4</sup>	Nm	ECU ou capteur
Régime moteur	tr/min	ECU ou capteur
Débit de carburant du moteur	g/s	ECU ou capteur
Température du liquide de refroidissement du moteur	K	ECU ou capteur
Température de l'air d'admission du moteur <sup>3</sup>	K	Capteur
Vitesse au sol du véhicule	km/h	ECU et GPS
Latitude de la position du véhicule	degrés	GPS
Longitude de la position du véhicule	degrés	GPS
<b>Valeur lambda<sup>6</sup></b>	-	<b>ECU ou capteur</b>
<b>Débit massique de l'air<sup>7</sup></b>	<b>kg/h</b>	<b>ECU ou capteur</b>

Notes :

<sup>1</sup> Mesurée dans des conditions humides ou rapportée à ces conditions.

<sup>2</sup> Moteurs alimentés au gaz naturel uniquement.

<sup>3</sup> Utiliser le capteur de température ambiante ou le capteur de température d'air d'admission.

<sup>4</sup> La valeur enregistrée doit être soit a) le couple net du moteur conformément au paragraphe A.1.2.4.4 du présent appendice, soit b) le couple net du moteur calculé à partir des valeurs de couple conformément au paragraphe A.1.2.4.4 du présent appendice.

<sup>5</sup> **Ne s'applique pas aux moteurs ne fonctionnant qu'avec des carburants ayant un rapport molaire carbone/hydrogène égal à 0, selon la définition du paragraphe 8 de l'annexe 4.**

<sup>6</sup> **Ne s'applique qu'aux moteurs ne fonctionnant qu'avec des carburants ayant un rapport molaire carbone/hydrogène égal à 0, selon la définition du paragraphe 8 de l'annexe 4.**

<sup>7</sup> **Facultatif pour les moteurs ne fonctionnant qu'avec des carburants ayant un rapport molaire carbone/hydrogène égal à 0, selon la définition du paragraphe 8 de l'annexe 4.** ».

Annexe 8, appendice 1, paragraphe A.1.3.2.1, lire :

« A.1.3.2.1 Données des analyseurs et de l'EFM

La cohérence des données (débit massique des gaz d'échappement mesuré par l'EFM et concentrations de gaz) doit être vérifiée en utilisant une corrélation entre le débit de carburant mesuré par l'ECU et le débit de carburant calculé en utilisant la formule du paragraphe 8.4.1.7 de l'annexe 4 du présent Règlement. **Si le rapport molaire carbone/hydrogène de tous les carburants utilisés égal à 0, selon la définition du paragraphe 8 de l'annexe 4, c'est alors la formule du paragraphe 8.4.1.6 de l'annexe 4 qui doit être utilisée.** Une régression linéaire doit être appliquée pour les valeurs mesurées et calculées du débit de carburant. On doit appliquer la méthode des moindres carrés, l'équation de meilleur ajustement ayant la forme :

... ».

Annexe 9, tableau 2, paragraphe 3.2.2, lire :

« Tableau 2

**Valeurs limites OBD (moteurs à allumage commandé)**

	Limite, en mg/kWh	
	NO <sub>x</sub>	CO <sup>1,2</sup>
Phase transitoire	1 500	7 500
Prescriptions générales	1 200	7 500

<sup>1</sup> Les dispositions transitoires relatives à l'introduction des valeurs limites OBD pour le CO sont spécifiées aux paragraphes 13.2.2 et 13.3.2 du présent Règlement.

<sup>2</sup> **Ne s'applique pas si le rapport molaire carbone/hydrogène de tous les carburants utilisés est égal à 0, selon la définition du paragraphe 8 de l'annexe 4.** ».

Annexe 9B, paragraphe 3.26, lire :

« 3.26

Abréviations

AES	Stratégie auxiliaire en matière d'émissions
<b>CI</b>	<b>Allumage par compression</b>
CV	Ventilation du carter
DOC	Catalyseur à oxydation pour moteur diesel
DPF	Filtre à particules, notamment filtre à catalyse ou à régénération continue (CRT) <b>et autres filtres à particules de suie</b>
DTC	Code défaut
RGE	Recyclage des gaz d'échappement
HC	Hydrocarbures
LNT	Piège à NO <sub>x</sub> ou absorbeur de NO <sub>x</sub>
LPG	Gaz de pétrole liquéfié
MECS	Stratégie antipollution en cas de défaut de fonctionnement
NG	Gaz naturel
NO <sub>x</sub>	Oxydes d'azote
OTL	Valeur limite OBD
<b>PI</b>	<b>Allumage commandé</b>
PM	Particules
RCS	Réduction catalytique sélective
SW	Essuie-glaces
TFF	Surveillance d'une défaillance totale 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 :

	Gazole	Gaz	
		Gaz naturel	GPL
a) Le niveau de carburant dans le réservoir est considéré comme bas lorsqu'il ne dépasse pas 100 l ou 20 % de la contenance nominale du réservoir, si cette dernière valeur est plus basse.	X		X
b) La pression de carburant dans le réservoir est considérée comme faible si elle ne dépasse pas 20 % de la pression nominale de carburant dans le réservoir.		X	

	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 (RGE)

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 :

	Gazole Moteur à allumage par compression	Gaz Moteur à allumage commandé
a1) Débit RGE : capacité du système à maintenir le débit prescrit, en détectant les conditions « débit insuffisant » ou « débit excessif » – surveillance des valeurs limites d'émissions OBD.	X	
a2) Débit RGE : capacité du système à maintenir le débit prescrit, en détectant les conditions « débit insuffisant » ou « débit excessif » – surveillance de l'efficacité.		X

a3)	Débit RGE : capacité du système à maintenir le débit prescrit, en détectant les conditions « débit insuffisant » – détection d’une défaillance totale de la fonction ou surveillance de l’efficacité, comme spécifié sous ce point.	X	X
b)	Réponse de l’actionneur : capacité du système à fournir le débit prescrit dans le délai prévu par le constructeur à partir de l’instant de commande – surveillance de l’efficacité.	X	X
c1)	Efficacité du refroidisseur RGE : capacité du système d’échangeur à fournir le refroidissement prescrit par le constructeur – surveillance de l’efficacité.	X	X
c2)	Efficacité du refroidisseur RGE : capacité du système à fournir le refroidissement prescrit par le constructeur – détection d’une défaillance totale de la fonction, comme indiqué sous ce point.	X	X

... ».

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

« Appendice 3 – Point 7

Surveillance du système d’alimentation en carburant

Le système OBD doit surveiller, sur les moteurs équipés, les caractéristiques ci-dessous du système d’alimentation en carburant pour contrôler le bon fonctionnement :

		Gazole Moteur à allumage par compression	Gaz Moteur à allumage commandé
a)	Pression d’alimentation : capacité du système d’alimentation en carburant à atteindre la pression prescrite dans un circuit à boucle fermée – surveillance de l’efficacité.	X	
b)	Pression d’alimentation : capacité du système à atteindre la pression prescrite dans un circuit à boucle fermée de telle sorte que la pression puisse être commandée indépendamment d’autres paramètres – surveillance de l’efficacité.	X	
c)	Point d’injection : 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)	Quantité de carburant injectée : capacité du système à injecter la quantité de carburant prescrite en détectant les erreurs de dosage pendant au moins un cycle d’injection lorsque le moteur est équipé des sondes appropriées (par exemple, avant, pendant ou après l’injection) – surveillance des seuils d’émission.	X	
e)	Rapport air-carburant : capacité du système d’injection à maintenir le rapport air-carburant souhaité (compte tenu entre autres, mais non exclusivement, des capacités d’auto-adaptation) – 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 doit surveiller, sur les moteurs équipés, les caractéristiques ci-dessous du système de commande du circuit d'admission d'air et de la pression de suralimentation/du turbocompresseur pour contrôler le bon fonctionnement :

		Gazole Moteur à allumage par compression	Gaz Moteur à allumage commandé
a1)	Pression de suralimentation (trop forte/trop faible) : 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 seuils d'émission.	X	
a2)	Pression de suralimentation (trop forte/trop faible) : 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.		X
a3)	Pression de suralimentation trop faible : capacité du turbocompresseur à maintenir la pression de suralimentation prescrite et détection des cas de pression de suralimentation trop faible – détection d'une défaillance totale ou surveillance de l'efficacité, comme spécifié dans le présent point.	X	X
b)	Réponse trop lente du turbocompresseur à géométrie variable (TGV) : capacité du TGV à se mettre dans la configuration prescrite dans le délai imparti par le constructeur – surveillance de l'efficacité.	X	X
c)	Refroidissement de l'air de suralimentation : efficacité du système de refroidissement de l'air d'admission – défaut complet de fonctionnement.	X	X

... ».

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

« Appendice 3 – Point 10

Surveillance des ratés d'allumage

		Gazole Moteur à allumage par compression	Gaz Moteur à allumage commandé
a)	Aucune prescription.	X	
b)	Ratés d'allumage qui peuvent endommager le catalyseur (par exemple, surveillance du taux de ratés d'allumage durant une période donnée) – surveillance de l'efficacité.		X

».

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

« Appendice 3 – Point 13

Surveillance des sondes de gaz d'échappement et des capteurs d'oxygène

Le système OBD doit surveiller :

	Gazole Moteur à allumage par compression	Gaz Moteur à allumage commandé
a) Sur les moteurs qui en sont équipés, le bon fonctionnement des éléments électriques des sondes de gaz d'échappement conformément au point 1 du présent appendice – surveillance des composants.	X	X
b) Les capteurs d'oxygène primaires et secondaires (gestion de l'alimentation en carburant). Ces capteurs sont considérés comme des sondes de gaz d'échappement dont le bon fonctionnement doit être surveillé conformément au point 1 du présent appendice – surveillance des composants.		X

».

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

« Appendice 3 – point 15

Catalyseur trifonctionnel

Le système OBD surveille, sur les moteurs équipés, les propriétés ci-dessous du catalyseur à trois voies :

	Gazole Moteur à allumage par compression	Gaz Moteur à allumage commandé
a) Capacité du catalyseur trifonctionnel à convertir les NO <sub>x</sub> et le CO – surveillance de l'efficacité.		X

».

Annexe 12, paragraphe 3.1, lire :

« 3.1 Mesure brute

La présente section s'applique si le CO<sub>2</sub> est mesuré dans les gaz d'échappement bruts **et si le rapport molaire carbone/hydrogène de tous les carburants utilisés est supérieur à 0, selon la définition du paragraphe 8 de l'annexe 4.** ».

Annexe 12, paragraphe 3.2, lire :

« 3.2 Mesure dans les gaz dilués

La présente section s'applique si le CO<sub>2</sub> est mesuré dans les gaz d'échappement dilués **et si le rapport molaire carbone/hydrogène de tous les carburants utilisés est supérieur à 0, selon la définition du paragraphe 8 de l'annexe 4.** ».

Annexe 12, ajouter un paragraphe portant le numéro 3.3, libellé comme suit :

« **3.3 Calcul à partir de la consommation de carburant**

**La présente section s'applique si le rapport molaire carbone/hydrogène de tous les carburants utilisés est égal à 0, selon la définition du paragraphe 8 de l'annexe 4.**

**La consommation de carburant doit être déterminée conformément au paragraphe 4 de la présente annexe et la consommation mesurée moyenne de carburant durant l'essai doit servir de base au calcul des émissions moyennes de CO<sub>2</sub> durant l'essai.**

**La masse de CO<sub>2</sub> (g/essai) est ramenée à zéro selon l'équation suivante :**

$$m_{\text{CO}_2} = \frac{\beta \times M_{\text{CO}_2}}{\beta \times A_{\text{C}} + \alpha \times A_{\text{H}}} \times q_{\text{mf}}$$

où :

**$\beta$  est le rapport molaire pour le carbone du carburant, avec  $\beta = 1$  pour les carburants contenant du carbone et  $\beta = 0$  pour les carburants ne contenant pas de carbone ;**

**$\alpha$  est le rapport molaire pour l'hydrogène du carburant ;**

**$q_{\text{mf}}$  est la consommation de carburant moyenne mesurée pendant l'essai ;**

**$A_{\text{H}}$  est la masse atomique de l'hydrogène (1,0079 g/mol) ;**

**$A_{\text{C}}$  est la masse atomique du carbone (12,011 g/mol). ».**

Annexe 12, le paragraphe 3.3 devient le paragraphe 3.4

Annexe 12, appendice 1, paragraphe A.1.2.1.2, lire :

« A.1.2.1.2 Le paragraphe 5.2.4 du Règlement ONU n° 101 s'entend comme suit :

- 1) Densité : mesurée sur le carburant d'essai conformément à la norme ISO 3675 ou selon une méthode équivalente. Pour l'essence, le gazole, l'éthanol (E85) et l'éthanol pour moteurs à allumage par compression ad hoc (ED95), la densité mesurée à 288 K (15 °C) doit être utilisée ; pour le GPL et le gaz naturel/biométhane, une densité de référence sera utilisée comme suit :

0,538 kg/l pour le GPL ;

0,654 kg/m<sup>3</sup> pour le GN.

- 2) Ratio hydrogène-carbone-oxygène : les valeurs fixes suivantes doivent être utilisées :

C<sub>1</sub>H<sub>1,93</sub>O<sub>0,032</sub> pour l'essence (E10) ;

C<sub>1</sub>H<sub>1,86</sub>O<sub>0,006</sub> pour le gazole (B7) ;

C<sub>1</sub>H<sub>2,525</sub> pour le GPL (gaz de pétrole liquéfié) ;

CH<sub>4</sub> pour le GN (gaz naturel) et le biométhane ;

C<sub>1</sub>H<sub>2,74</sub>O<sub>0,385</sub> pour l'éthanol (E85) ;

C<sub>1</sub>H<sub>2,92</sub>O<sub>0,46</sub> pour l'éthanol pour moteurs à allumage par compression ad hoc (ED95) ;

**H<sub>2</sub> pour l'hydrogène.**

Annexe 12, appendice 1, paragraphe A.1.2.1.3, lire :

« A.1.2.1.3 Le paragraphe 1.4.3 de l'annexe 6 du Règlement ONU n° 101 s'entend comme suit :

1.4.3 La consommation de carburant, exprimée en  $l$  par 100 km (dans le cas de l'essence, du GPL, de l'éthanol (E85 et ED95) et du gazole) ou en  $m^3$  par 100 km (dans le cas du GN/biométhane) est calculée au moyen des formules suivantes :

a) Pour les véhicules à moteur à allumage commandé fonctionnant à l'essence (E10) :

$$FC = (0,120/D) \cdot [(0,831 \cdot HC) + (0,429 \cdot CO) + (0,273 \cdot CO_2)] ;$$

b) Pour les véhicules à moteur à allumage commandé fonctionnant au GPL :

$$FC_{norm} = (0,1212/0,538) \cdot [(0,825 \cdot HC) + (0,429 \cdot CO) + (0,273 \cdot CO_2)].$$

Si la composition du carburant utilisé pour l'essai diffère de celle prise en compte pour le calcul de la consommation normalisée, à la demande du constructeur, un facteur de correction, cf, peut être appliqué comme suit :

$$FC_{norm} = (0,1212/0,538) \cdot (cf) \cdot [(0,825 \cdot HC) + (0,429 \cdot CO) + (0,273 \cdot CO_2)].$$

Le facteur de correction cf, qui peut être appliqué, est déterminé ainsi :

$$cf = 0,825 + 0,0693 n_{actual}$$

où :

$n_{actual}$  est le ratio H/C réel du carburant utilisé ;

c) Pour les véhicules à moteur à allumage commandé fonctionnant au GN/biométhane :

$$FC_{norm} = (0,1336/0,654) \cdot [(0,749 \cdot HC) + (0,429 \cdot CO) + (0,273 \cdot CO_2)] ;$$

d) Pour les véhicules à moteur à allumage commandé fonctionnant à l'éthanol (E85) :

$$FC = (0,1742/D) \cdot [(0,574 \cdot HC) + (0,429 \cdot CO) + (0,273 \cdot CO_2)] ;$$

e) Pour les véhicules à moteur à allumage par compression fonctionnant au gazole (B7) :

$$FC = (0,1165/D) \cdot [(0,859 \cdot HC) + (0,429 \cdot CO) + (0,273 \cdot CO_2)] ;$$

f) Pour les véhicules à moteur à allumage par compression fonctionnant à l'éthanol (ED95) :

$$FC = (0,186/D) \cdot [(0,538 \cdot HC) + (0,429 \cdot CO) + (0,273 \cdot CO_2)] ;$$

g) **Pour les véhicules fonctionnant à l'hydrogène gazeux :**

$$FC = 0,024 \frac{V}{d} \left[ \frac{1}{z_1} \frac{p_1}{T_1} - \frac{1}{z_2} \frac{p_2}{T_2} \right]$$

**En accord avec l'autorité d'homologation de type, et pour les véhicules fonctionnant à l'hydrogène gazeux ou liquide, le constructeur peut remplacer la méthode ci-dessus par une méthode conforme à des normes telles que la SAE J2572 ou l'ISO 23828.**

**Dans les formules ci-dessus :**

FC est la consommation de carburant en  $l$  par 100 km (dans le cas de l'essence, de l'éthanol, du GPL, du gazole ou du biogazole) ou en  $m^3$  par 100 km (dans le cas du gaz naturel) ;

HC est l'émission d'hydrocarbures mesurée en g/km ;

CO est l'émission de monoxyde de carbone mesurée en g/km ;



$CO_2$	est l'émission de dioxyde de carbone mesurée en g/km ;
D	est la densité du carburant d'essai.
<b>d</b>	<b>est la longueur théorique de la phase ou du cycle applicable, en km ;</b>
$p_1$	est la pression dans le réservoir de carburant gazeux avant le cycle de fonctionnement, en Pa ;
$p_2$	est la pression dans le réservoir de carburant gazeux après le cycle de fonctionnement, en Pa ;
$T_1$	est la température dans le réservoir de carburant gazeux avant le cycle de fonctionnement, en °K ;
$T_2$	est la température dans le réservoir de carburant gazeux après le cycle de fonctionnement, 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 de carburant gazeux, en $m^3$ . ».

## II. Justification

1. Les véhicules fonctionnant à l'hydrogène sont déjà visés par les Règlements ONU n<sup>os</sup> 83 et 154 (réglementation concernant les véhicules utilitaires légers), mais pas encore par les Règlements ONU n<sup>os</sup> 49 et 85.
2. L'utilisation de moteurs à hydrogène pourrait contribuer à réduire les émissions de  $CO_2$  des futurs véhicules utilitaires lourds.
3. L'hydrogène en tant que carburant devrait être intégré dans les Règlements ONU n<sup>os</sup> 49 et 85, comme cela a été fait dans la réglementation concernant les émissions des véhicules utilitaires légers (Règlements ONU n<sup>os</sup> 83 et 154).
4. La présente proposition d'amendement ne vise que les moteurs à hydrogène monocarburant. D'autres propositions concernant les moteurs bicarburant à hydrogène devraient suivre lorsque leur validation aura pu être effectuée.