



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-dixième session

Genève, 9-12 janvier 2024

Point 6 a) de l'ordre du jour provisoire

**Tracteurs agricoles et forestiers et engins mobiles non routiers :
Règlements ONU n^{os} 96 (Émissions des moteurs diesel (tracteurs agricoles))
et 120 (Puissance nette des tracteurs et des engins mobiles non routiers)****Proposition de nouveau complément à la série 05
d'amendements au Règlement ONU n^o 96 (Prescriptions
uniformes relatives à l'homologation des moteurs destinés
aux tracteurs agricoles et forestiers ainsi qu'aux engins
mobiles non routiers en ce qui concerne les émissions
de polluants du moteur)****Communication de l'expert d'EUROMOT***

Le texte ci-après a été établi par l'expert de l'Association européenne des constructeurs de moteurs à combustion interne (EUROMOT). Il vise à corriger des erreurs d'orthographe et de typographie ainsi qu'à autoriser l'utilisation de l'hydrogène (H₂) comme carburant dans le cadre de l'homologation des moteurs à combustion interne destinés aux tracteurs agricoles et forestiers ainsi qu'aux engins mobiles non routiers en ce qui concerne les émissions de polluants du moteur. Les modifications qu'il est proposé d'apporter au texte actuel du Règlement figurent en caractères gras pour les ajouts et biffés pour les suppressions.

* Conformément au programme de travail du Comité des transports intérieurs pour 2023 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.



I. Proposition

Paragraphe 1.1.3, modification sans objet en français.

Ajouter un nouveau paragraphe 3.1.1, libellé comme suit :

« **3.1.1** Dans le cas d'une demande d'homologation de moteurs fonctionnant uniquement à l'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 5.1.1, modification sans objet en français.

Paragraphe 5.1.3, lire :

« 5.1.3 Conformément à l'appendice 4 du présent Règlement, les essais d'un type de moteur ou d'une famille de moteurs visant à déterminer s'ils satisfont aux limites d'émissions prescrites dans le présent Règlement doivent être effectués en utilisant les carburants ou combinaisons de carburants de référence ci-dessous, selon le cas :

- a) Gazole ;
- b) Essence ;
- c) Mélange essence/huile, pour les moteurs AC deux temps ;
- d) Gaz naturel/biométhane ;
- e) Gaz de pétrole liquéfié (GPL) ;
- f) Éthanol ;
- g) Hydrogène.**

Le type de moteur ou la famille de moteurs doivent en outre satisfaire aux limites d'émissions prescrites dans le présent Règlement en ce qui concerne tous les autres carburants, mélanges de carburants ou émulsions de carburant indiqués par le constructeur dans sa demande d'homologation de type, qui sont décrits à l'appendice 4 du présent Règlement. ».

Paragraphe 5.6.4, lire :

« 5.6.4 Prescriptions en matière d'essai

L'essai doit être effectué immédiatement après le cycle NRSC comme suit :

- a) L'essai des points de couple et de régime moteur choisis de façon aléatoire doit être effectué soit immédiatement après la séquence d'essai NRSC en mode discret, décrite aux alinéas a) à e) du paragraphe 7.8.1.2 de l'annexe 4 mais avant les procédures postessai f) soit après le cycle d'essai à modes raccordés ("RMC") décrit aux alinéas a) à d) du paragraphe 7.8.2.3 de l'annexe 4 mais avant les procédures postessai e), selon qu'il convient ;
- b) Les essais doivent être effectués conformément aux alinéas b) à e) du paragraphe 7.8.1.2 de l'annexe 4, à l'aide de la méthode à filtres multiples (un filtre pour chaque point d'essai) pour chacun des points d'essai choisis conformément au paragraphe 3 ;
- c) Une valeur d'émissions spécifique doit être calculée (en g/kWh ou #/kWh selon le cas) pour chaque point d'essai ;
- d) **Pour les moteurs fonctionnant uniquement à l'hydrogène comme spécifié au paragraphe A.4.4 de l'appendice 4, les valeurs d'émissions doivent être calculées conformément à l'annexe 11. Pour les moteurs fonctionnant avec tous les autres carburants, les** valeurs d'émissions peuvent être calculées sur la base de la masse, conformément à l'appendice A.1 de l'annexe 5 ou sur une base molaire,

conformément à l'appendice A.2 de l'annexe 5., ~~mais elles doivent être compatibles~~ **Dans tous les cas, la méthode utilisée doit être compatible** avec la méthode utilisée pour le cycle d'essai NRSC en mode discret ou le cycle d'essai RMC ;

- e) Pour les calculs de sommation concernant les émissions de gaz et de particules, le cas échéant, N_{mode} dans les équations (A.5-64), (A.5-136) ou (A.5-180), doit être fixé à 1 et un facteur de pondération de 1 doit être utilisé ;
- f) Pour les calculs de particules, il faut utiliser la méthode à filtres multiples et pour les calculs de sommation, N dans l'équation (A.5-67) doit être fixé à 1 et un facteur de pondération de 1 doit être utilisé. ».

Paragraphe 6.1.4, lire :

« 6.1.4 **Pour les moteurs autres que ceux fonctionnant uniquement à l'hydrogène comme spécifié au paragraphe A.4.4 de l'appendice 4, Le constructeur doit mettre à la disposition des équipementiers la valeur des émissions de dioxyde de carbone (CO₂) établie durant le processus d'homologation de type et leur donner pour instruction de communiquer cette information, accompagnée d'explications sur les conditions d'essai, à l'utilisateur final de l'engin mobile non routier ou le véhicule de la catégorie T sur lequel le moteur est destiné à être installé. Pour les moteurs fonctionnant uniquement à l'hydrogène comme spécifié au paragraphe A.4.4 de l'appendice 4, il n'est pas nécessaire de mettre cette valeur à la disposition des équipementiers. ».**

Paragraphe 8.7.2.3, lire :

« 8.7.2.3 Les moteurs doivent être soumis aux essais d'émissions conformément aux prescriptions de l'annexe 4 ou, dans le cas des moteurs à bicarburation, conformément à l'annexe 7 **ou, dans le cas des moteurs fonctionnant uniquement à l'hydrogène, conformément à l'annexe 11**, ainsi qu'aux cycles d'essais correspondant au type de moteur conformément à l'appendice A.6 de l'annexe 4. ».

Paragraphe 8.7.4, lire :

« 8.7.4 Tous ces essais peuvent être effectués avec des carburants disponibles sur le marché. Cependant, si le constructeur le demande, ce sont les carburants définis à ~~l'appendice 5~~ **l'annexe 6** du présent Règlement qui sont utilisés. Pour les moteurs fonctionnant avec des carburants gazeux, cela signifie que les essais seront effectués avec au moins deux des carburants de référence sur chacun de ces moteurs, sauf dans le cas des moteurs fonctionnant avec des carburants gazeux au bénéfice d'une homologation pour moteur à carburant spécifique, pour lesquels un seul carburant de référence suffira, comme indiqué à l'appendice 4 du présent Règlement. Si plus d'un carburant gazeux de référence est utilisé, les résultats devront montrer que le moteur satisfait aux limites d'émissions avec chaque carburant. ».

Appendice 4, ajouter les nouveaux paragraphes ci-après, libellés comme suit :

« **A.4.4 Prescriptions applicables aux moteurs fonctionnant uniquement à l'hydrogène**

A.4.4.1 Le constructeur du moteur ne doit indiquer à aucun moment qu'un type de moteur ou qu'une famille de moteurs peut être utilisé sur le territoire de toutes les Parties contractantes avec des carburants du commerce autres que ceux qui satisfont aux prescriptions de la classe D de la norme ISO 14687:2019, à moins que le constructeur ne se conforme, en outre, aux prescriptions du paragraphe A.4.4.2.

A.4.4.2. Si le constructeur permet que ses moteurs fonctionnent avec d'autres carburants du marché que ceux définis au paragraphe A.4.4.1, tels que

d'autres qualités d'hydrogène, il doit prendre l'ensemble des mesures suivantes :

- a) Déclarer, dans le document d'information présenté à l'annexe 1A, les spécifications des carburants du commerce avec lesquels la famille de moteurs est capable de fonctionner ;
- b) Démontrer que le moteur de base est capable de satisfaire aux prescriptions du présent Règlement lorsqu'il fonctionne avec les carburants déclarés ;
- c) Satisfaire aux prescriptions en matière de surveillance en service indiquées par toute Partie contractante (le cas échéant) concernant les carburants déclarés et le carburant du marché concerné, défini au paragraphe A.4.4.1.

A.4.4.3 Pour recevoir une homologation de type pour un moteur fonctionnant uniquement à l'hydrogène, le constructeur doit se conformer aux prescriptions énoncées à l'annexe 11. ».

Appendice 5, paragraphe A.5.6, lire :

« A.5.6 **Pour les moteurs autres que ceux fonctionnant uniquement à l'hydrogène comme spécifié au paragraphe A.4.4 de l'appendice 4, Le constructeur doit communiquer à l'équipementier la valeur des émissions de dioxyde de carbone (CO₂), exprimée en g/kWh, déterminée durant le processus d'homologation de type et figurant dans la fiche de communication relative au moteur. Cette valeur doit être fournie par l'équipementier aux utilisateurs finals accompagnée de la déclaration suivante : "Cette mesure des émissions de CO₂ est le résultat d'un essai, réalisé sur un cycle fixe dans des conditions de laboratoire, portant sur un moteur (parent) représentatif du type de moteur de la famille de moteurs), et ne constitue pas une indication ou une garantie des performances d'un moteur particulier une fois celui-ci installé sur un engin mobile non routier ou un véhicule de la catégorie T."** Pour les moteurs fonctionnant uniquement à l'hydrogène comme spécifié au paragraphe A.4.4 de l'appendice 4, le constructeur n'est pas tenu de communiquer à l'équipementier la valeur des émissions de dioxyde de carbone (CO₂). Dans ce cas, la déclaration adressée par l'équipementier aux utilisateurs finals doit être la suivante : "Aucune valeur d'émission de CO₂ n'a été déclarée car le moteur a été homologué pour fonctionner uniquement à l'hydrogène (H₂)." ».

Annexe 1, appendice A.3, paragraphe 2.8.1, lire :

« 2.8.1 Types de carburants : gazole (non routier)/éthanol pour moteurs APC spéciaux (ED95)/essence (E10)/éthanol (E85)/(gaz naturel/biométhane)/gaz de pétrole liquéfié(GPL)/hydrogène ».

Annexe 1, appendice A.3, paragraphe 3.14.1, lire :

3.14.1	Carburant : GPL/GN-H/GN-L/GN-HL/GNL/ carburant spécifique GNL/ hydrogène					
--------	--	--	--	--	--	--

Annexe 2, partie A, paragraphe 2.8.1, lire :

« 2.8.1 Type(s) de carburant : gazole (non routier)/éthanol pour moteurs APC spéciaux (ED95)/essence (E10)/éthanol (E85)/(gaz naturel/biométhane)/gaz de pétrole liquéfié (GPL)/**hydrogène²** ».

Annexe 2, partie B, paragraphe 11.2, lire :

« 11.2 Émission de CO₂⁵ : ».

Annexe 2, partie B, paragraphe 11.3.2, lire :

« 11.3.2 CO₂ de référence NRTC (g)⁵ : ».

Annexe 2, partie B, notes explicatives à l'annexe 2, lire :

« Notes explicatives à l'annexe 2

(Les appels de note, les notes de bas de page et les notes explicatives ne figurent pas sur le document d'information)

- ¹ Les numéros distinctifs des Parties contractantes à l'Accord de 1958 sont indiqués à l'annexe 3 de la Résolution d'ensemble sur la construction des véhicules (R.E.3), document ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.6 – www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29resolutions.html.
- ² Biffer la mention inutile et faire figurer uniquement la ou les mention(s) retenue(s).
- ³ Indiquer l'option applicable pour la catégorie et la sous-catégorie, conformément à la rubrique 1.7 du document d'information visé dans la partie A de l'appendice A.3 de l'annexe 1.
- ⁴ Indiquer le cycle d'essais utilisé comme prescrit à l'appendice A.6 de l'annexe 4 du présent Règlement.
- ⁵ **Pas obligatoire pour les moteurs fonctionnant uniquement à l'hydrogène comme spécifié au paragraphe A.4.4 de l'appendice 4. ».**

Annexe 2, appendice A.1, paragraphe A.1.3, PROCES-VERBAL D'ESSAI POUR ENGINS MOBILES NON ROUTIERS, ajouter de nouveaux paragraphes libellés comme suit :

« **4.5 Hydrogène**

4.5.1 Marque :

4.5.2 Type :

4.56 Moteur à bicarburation (en plus des sections pertinentes ci-dessus)

4.56.1 Rapport gaz/énergie pendant le cycle d'essais :..... ».

Annexe 2, appendice A.1, paragraphe 9.3.3, lire :

« 9.3.3 Quantité de CO₂ pondérée, émise pendant le cycle (g/kWh)⁷ : ».

Annexe 2, appendice A.1, paragraphe 10.3.1, lire :

« 10.3.1 Quantité de CO₂ pondérée, émise pendant le cycle (g/kWh)⁷ : ».

Annexe 2, appendice A.1, paragraphe 10.3.4, lire :

« 10.3.4 Quantité de CO₂ pondérée, émise pendant le cycle (g/kWh)⁷ : ».

Annexe 2, appendice A.1, paragraphe 10.4.1, lire :

« 10.4.1 Émissions de CO₂ pendant le cycle d'essais (g/kWh)⁷ : ».

Annexe 2, appendice A.1, paragraphe 10.4.4, lire :

« 10.4.4 Émissions de CO₂ pendant le cycle d'essais (g)⁷ : ».

Annexe 2, appendice A.1, paragraphe 11.2, lire :

« 11.2 Émissions de CO₂^{4,7} : ».

Annexe 2, appendice A.1, paragraphe 11.3.2, lire :

« 11.3.2 CO₂ de référence NRTC (g)^{6,7} : ».

Annexe 2, appendice A.1, notes explicatives au modèle de procès-verbal d'essai, lire :

« Notes explicatives au modèle de procès-verbal d'essai

(Les appels de note, les notes de bas de page et les notes explicatives ne doivent pas figurer dans le procès-verbal d'essai)

- ¹ Pour le cycle NRSC, préciser le cycle comme indiqué au paragraphe 9.1 et pour le cycle d'essais en mode transitoire, préciser le cycle comme indiqué au paragraphe 10.1.
- ² Reprendre les résultats dans le tableau 6.

- ³ Reprendre les résultats dans le tableau 9 ou le tableau 10, selon le cas.
- ⁴ Dans le cas d'un type de moteur ou d'une famille de moteurs soumis à la fois à un cycle NRSC et à un cycle d'essais en conditions transitoires, indiquer les émissions de CO₂ avec démarrage à chaud obtenues pendant le cycle NRTC, décrites au paragraphe 10.2.3 ou les émissions de CO₂ obtenues pendant le cycle LSI-NRTC, décrites au paragraphe 10.3.3. Dans le cas des moteurs uniquement soumis à un cycle NRSC indiquer les émissions de CO₂ obtenues pendant ce cycle, décrites au paragraphe 9.3.3.
- ⁵ Si le moteur est soumis à des essais NRTC conformément au 10.3.3, sinon laisser en blanc.
- ⁶ Si le moteur est soumis à des essais NRTC conformément au 10.3.3, sinon laisser en blanc.
- ⁷ **Pas obligatoire pour les moteurs fonctionnant uniquement à l'hydrogène comme spécifié au paragraphe A.4.4 de l'appendice 4.** ».

Annexe 3, appendice A.1, tableau 2, lire :

«

Type de carburant moteur (colonne 1)	Sous-type, le cas échéant (colonne 2)	Code carburant (colonne 3)
Gazole (non routier) pour moteurs APC		D
Éthanol spécial (ED95) pour moteurs APC		ED
Éthanol spécial (E85) pour moteurs AC		E85
Essence (E10) pour moteurs AC		P
GPL pour moteurs AC		Q
Gaz naturel/ biométhane pour moteurs AC	Moteur homologué et étalonné pour les gaz de la gamme H	H
	Moteur homologué et étalonné pour les gaz de la gamme L	L
	Moteur homologué et étalonné à la fois pour les gaz de la gamme H et pour les gaz de la gamme L	HL
	Moteur homologué et étalonné pour un gaz spécifique de la gamme H et pouvant fonctionner avec un autre gaz spécifique de la gamme H grâce à un réglage fin de l'alimentation du moteur	HT
	Moteur homologué et étalonné pour un gaz spécifique de la gamme L et pouvant fonctionner avec un autre gaz spécifique de la gamme L grâce à un réglage fin de l'alimentation du moteur	LT
	Moteur homologué et étalonné pour un gaz spécifique soit de la gamme H, soit de la gamme L et pouvant fonctionner avec un autre gaz spécifique soit de la gamme H soit de la gamme L, grâce à un réglage fin de l'alimentation du moteur	HLT
	Moteur homologué et étalonné pour un mélange spécifique gaz naturel liquéfié/biométhane liquéfié se traduisant par un facteur de recalage λ ne différant pas de plus de 3 % du facteur λ du gaz G20 défini à l'appendice 4 du présent Règlement et dont la teneur en éthane ne dépasse pas 1,5 %	LN2

Type de carburant moteur (colonne 1)	Sous-type, le cas échéant (colonne 2)	Code carburant (colonne 3)
	Moteur homologué et étalonné pour tout autre mélange gaz naturel liquéfié/biométhane liquéfié que les mélanges ci-dessus	GNL
Bicarburants	Pour moteurs à bicarburation de type 1A	1A#*
	Pour moteurs à bicarburation de type 1B	1B#*
	Pour moteurs à bicarburation de type 2A	2A#*
	Pour moteurs à bicarburation de type 2B	2B#*
	Pour moteurs à bicarburation de type 3B	3B#*
Moteur fonctionnant uniquement à l'hydrogène	Moteur AC homologué et étalonné pour l'hydrogène gazeux¹	T
	Moteur APC homologué et étalonné pour l'hydrogène gazeux¹	TD
	Moteur AC homologué et étalonné pour l'hydrogène liquéfié¹	U
	Moteur APC homologué et étalonné pour l'hydrogène liquéfié¹	UD

* Remplacer “#” par le chiffre figurant dans la colonne 2 du tableau 3.

¹ Que ce carburant gazeux soit stocké à l'état comprimé ou liquéfié. ».

Annexe 4, paragraphe 5.1.2, lire :

« 5.1.2 Émissions de polluants gazeux et particulaires

Les polluants sont représentés par :

- a) Les oxydes d'azote (NO_x) ;
- b) Les hydrocarbures, exprimés en tant qu'hydrocarbures totaux (HC ou THC) ;
- c) Les particules (PM) ;
- d) Le nombre de particules (PN) ;
- e) Le monoxyde de carbone (CO).

Les valeurs mesurées des polluants gazeux et particulaires émis par l'échappement du moteur se réfèrent aux émissions spécifiques au frein en grammes par kilowattheure (g/kWh), tandis que pour le nombre de particules, les valeurs mesurées se réfèrent aux émissions spécifiques au frein en nombre de particules par kilowattheure (#/kWh). On peut utiliser d'autres systèmes d'unités en appliquant le facteur de conversion approprié.

Les polluants gazeux et particulaires qui doivent être mesurés sont ceux pour lesquels des valeurs limites sont applicables à la sous-catégorie de moteurs soumise à l'essai, comme indiqué dans l'appendice 2 du présent Règlement.

Les émissions spécifiques au frein doivent être déterminées conformément à l'annexe 11 pour les moteurs fonctionnant uniquement à l'hydrogène comme spécifié au paragraphe A.4.4 de l'appendice 4, et conformément à l'annexe 5 pour les moteurs fonctionnant avec tous les autres carburants, mélanges de carburants ou émulsions de carburants.

Les résultats obtenus comme indiqué au paragraphe 5.1 du présent Règlement ne doivent pas dépasser les valeurs limites applicables.

Les émissions de CO₂ doivent être mesurées et consignées pour toutes les sous-catégories de moteurs ~~comme~~ **si cela est** requis par le paragraphe 6.1.4 du présent Règlement.

Les émissions moyennes d'ammoniac (NH₃) doivent, en outre, être mesurées comme requis conformément au paragraphe 3.4 de l'annexe 9, lorsque les mesures de limitation des émissions d'oxydes d'azote qui font partie du système de limitation des émissions du moteur incluent l'utilisation d'un réactif, et ne doivent pas dépasser les valeurs indiquées dans ledit paragraphe.

Les émissions doivent être déterminées en fonction des cycles d'utilisation (conditions stationnaires et/ou régime transitoire), comme indiqué au paragraphe 7 de la présente annexe. Les systèmes de mesures doivent satisfaire aux prescriptions relatives aux contrôles de l'étalonnage et des performances indiqués au paragraphe 8 de la présente annexe, l'équipement de mesure étant décrit au paragraphe 9 de ladite annexe. **Pour les moteurs fonctionnant uniquement à l'hydrogène comme spécifié au paragraphe A.4.4 de l'appendice 4, les prescriptions énoncées à l'annexe 11 s'appliquent également.**

D'autres systèmes ou analyseurs peuvent être approuvés par l'autorité d'homologation de type pour autant qu'ils produisent des résultats équivalents conformément au paragraphe 5.1.3 de la présente annexe. ».

Annexe 4, paragraphe 8.1.9.2.3, lire :

« 8.1.9.2.3 Configuration nécessaire

Un analyseur NDIR de CO doit avoir une interférence combinée par H₂O et CO₂ qui reste dans les limites de ± 2 % autour de la concentration moyenne escomptée de CO, **ou d'une valeur de 20 ppm, la valeur la plus élevée étant retenue.** ».

Annexe 4, paragraphe 9.4.10, lire :

« 9.4.10 Mesures du rapport air-carburant

Un analyseur à sonde au zirconium (ZrO₂) peut être utilisé pour mesurer le rapport air-carburant dans les gaz d'échappement bruts pour un prélèvement en continu. Les mesures de O₂ avec des mesures de l'air d'admission ou de débit de carburant peuvent être utilisées pour calculer le débit des gaz d'échappement conformément à l'annexe 5.

Le capteur doit être monté directement sur le tuyau d'échappement en un point où la température des gaz d'échappement est suffisamment élevée pour éviter toute condensation de l'eau.

La justesse du capteur, y compris son électronique intégrée, doit être conforme aux limites suivantes :

- a) ± 3 % de la valeur de lecture pour $\lambda < 2$;
- b) ± 5 % de la valeur de lecture pour $2 \leq \lambda < 5$;
- c) ± 10 % de la valeur de lecture pour $5 \leq \lambda$.

Pour satisfaire aux prescriptions de justesse énoncées ci-dessus, il convient d'étalonner le capteur conformément aux spécifications du fabricant de l'appareillage. ».

Annexe 5, titre, lire :

« Annexe 5

Méthode d'évaluation des données et de calcul pour les moteurs autres que ceux fonctionnant uniquement à l'hydrogène ».

Annexe 5, paragraphe 1, lire :

« 1. Prescriptions générales

Pour les moteurs autres que ceux fonctionnant uniquement à l'hydrogène comme spécifié au paragraphe A.4.4 de l'appendice 4, Le calcul des émissions s'effectue soit selon l'appendice A.1 (calculs sur la base de la masse), soit selon l'appendice A.2 (calculs sur la base de la molarité). Le mélange des deux méthodes n'est pas permis. Il n'est pas nécessaire d'effectuer les calculs à la fois selon l'appendice A.1 et selon l'appendice A.2.

Les prescriptions spécifiques concernant la mesure du nombre de particules (PN), le cas échéant, sont énoncées dans l'appendice A.6. ».

Annexe 5, appendice A.1, paragraphe A.1.1.6.3, lire :

« A.1.1.3 Conversion de la concentration de sec à humide

Si les émissions sont mesurées en conditions sèches, la concentration mesurée c_d doit être convertie en concentration c_w en conditions humides au moyen de l'équation (A.5-3). **Les équations (A.5-4) et (A.5-7) ne sont pas applicables en cas d'injection d'eau.** ».

Annexe 5, appendice A.1, paragraphe A.1.1.6.3, lire :

« A.1.1.6.3 Méthode de mesure fondée sur le débit d'air et le rapport air/carburant

Celle-ci fait intervenir le calcul de la masse de gaz d'échappement à partir du débit d'air et du rapport air/carburant. Le calcul du débit-masse instantané de gaz d'échappement $q_{mew,i}$ [kg/s] est effectué au moyen de l'équation (A.5-17) :

$$q_{mew,i} = q_{maw,i} \cdot \left(1 + \frac{1}{A/F_{st} \cdot \lambda_i}\right) \quad (\text{A.5-17})$$

avec :

$$A/F_{st} = \frac{138,0 \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{4} \frac{\varepsilon}{2} + \gamma\right)}{12,011 + 1,00794 \cdot \alpha + 15,9994 \cdot \varepsilon + 14,0067 \cdot \delta + 32,065 \cdot \gamma} \quad (\text{A.5-18})$$

$$\lambda_i = \frac{\left(100 - \frac{c_{COd} \cdot 10^{-4}}{2} - c_{HCw} \cdot 10^{-4}\right) + \left(\frac{\alpha}{4} \frac{1 - \frac{2 \cdot c_{COd} \cdot 10^{-4}}{3,5 \cdot c_{CO2d}}}{1 + \frac{c_{COd} \cdot 10^{-4}}{3,5 \cdot c_{CO2d}}}\right) \cdot \frac{\varepsilon}{2} \frac{\delta}{2} \cdot (c_{CO2d} + c_{COd} \cdot 10^{-4})}{4,764 \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{4} \frac{\varepsilon}{2} + \gamma\right) \cdot (c_{CO2d} + c_{COd} \cdot 10^{-4} + c_{HCw} \cdot 10^{-4})} \quad (\text{A.5-19})$$

où :

$q_{maw,i}$ débit-masse d'air d'admission en conditions humides [kg/s]

A/F_{st} rapport air à carburant stœchiométrique [-]

λ_i taux d'excès d'air instantané **calculé au moyen de l'équation (A.5-19) ou mesuré à l'aide d'une sonde lambda** [-]

c_{COd} concentration de CO dans les gaz d'échappement bruts en conditions sèches [ppm]

c_{CO2d} concentration de CO₂ dans les gaz d'échappement bruts en conditions sèches [%]

c_{HCw}	concentration de HC dans les gaz d'échappement bruts en conditions humides [ppm C1]
α	rapport molaire hydrogène à carbone [-]
δ	rapport molaire azote à carbone [-]
ε	rapport molaire oxygène à carbone [-]
γ	rapport atomique soufre à carbone [-]. ».

Annexe 6, ajouter un nouveau paragraphe libellé comme suit :

« 3.3 Type : Hydrogène

Paramètre	Unité	Limites		Méthode d'essai
		Minimale	Maximale	
Indice du combustible hydrogène	%	99,97		1
Gaz totaux autres que l'hydrogène	$\mu\text{mol/mol}$		300	
Gaz autres que l'hydrogène et spécifications pour chaque contaminant⁶ :				
Eau (H ₂ O)	$\mu\text{mol/mol}$		5	5
Hydrocarbures totaux à l'exception du méthane (équivalent C1) ²	$\mu\text{mol/mol}$		2	5
Méthane (CH ₄)	$\mu\text{mol/mol}$		100	5
Oxygène (O ₂)	$\mu\text{mol/mol}$		5	5
Hélium (He)	$\mu\text{mol/mol}$		300	5
Azote (N ₂) :	$\mu\text{mol/mol}$		300	5
Argon (Ar)	$\mu\text{mol/mol}$		300	5
Dioxyde de carbone (CO ₂)	$\mu\text{mol/mol}$		2	5
Monoxyde de carbone (CO) ³	$\mu\text{mol/mol}$		0,2	5
Total composés sulfurés (Base H ₂ S) ⁴	$\mu\text{mol/mol}$		0,004	5
Formaldéhyde (HCHO)	$\mu\text{mol/mol}$		0,2	5
Acide formique (HCOOH)	$\mu\text{mol/mol}$		0,2	5
Ammoniac (NH ₃)	$\mu\text{mol/mol}$		0,1	5
Total composés halogénés (Base halogène ion)	$\mu\text{mol/mol}$		0,05	5

Notes :

- 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).
- Les hydrocarbures totaux à l'exception du méthane incluent les espèces organiques oxygénées.
- La somme des valeurs mesurées pour le CO, le HCHO et le HCOOH ne doit pas dépasser 0,2 $\mu\text{mol/mol}$.
- Au minimum, les composés sulfurés totaux incluent H₂S, COS, CS₂ et les mercaptans, qui sont normalement présents dans le gaz naturel.
- La méthode d'essai doit être spécifiée. On utilisera de préférence les méthodes définies dans la norme ISO 21087.
- L'analyse de contaminants particuliers liés au processus de production n'est pas requise. Le constructeur doit fournir à l'autorité d'homologation les motifs de l'omission des contaminants concernés. ».

Annexe 7, appendice A.2, paragraphe A.2.1, lire :

« A.2.1 Généralités

Le présent appendice définit les prescriptions et les exceptions supplémentaires de la présente annexe pour l'exécution d'essais d'émissions des moteurs à bicarburation, que ces émissions soient uniquement des émissions à l'échappement ou qu'elles soient également des émissions du carter s'ajoutant aux émissions à l'échappement conformément au paragraphe 6.10 de l'annexe 4. Si aucune exigence ou exception supplémentaire n'est mentionnée, les prescriptions du présent Règlement doivent s'appliquer aux moteurs à bicarburation de la même façon qu'elles s'appliquent à n'importe quel type de moteur ou à n'importe quelle famille de moteurs faisant l'objet d'une homologation de type.

Le fait que les moteurs à bicarburation puissent utiliser des carburants purement liquides ou un mélange de carburants principalement gazeux avec une très petite quantité de carburant liquide en tant que source d'allumage complique la réalisation des essais d'émissions pour ce type de moteurs. Le rapport entre les carburants utilisés par un moteur à bicarburation peut également changer de manière dynamique en fonction des conditions de fonctionnement du moteur. Par conséquent, des précautions et des restrictions particulières sont nécessaires pour permettre les essais d'émissions de ces moteurs.

Le présent appendice ne s'applique pas si l'un des carburants utilisés dans un moteur à bicarburation est l'hydrogène. ».

Annexe 10, paragraphe 2.4.6, lire :

« 2.4.6 Type de carburant :

- a) Diesel (gazole non routier) ;
- b) Éthanol pour moteurs à allumage par compression dédiés (ED95) ;
- c) Essence (E10) ;
- d) Éthanol (E85) ;
- e) Gaz naturel/biométhane :
 - i) Tous carburants – carburant à haut pouvoir calorifique (gaz H) et carburant à faible pouvoir calorifique (gaz L) ;
 - ii) Gamme restreinte de carburants – carburant à haut pouvoir calorifique (gaz H) ;
 - iii) Gamme restreinte de carburants – carburant à faible pouvoir calorifique (gaz L) ;
 - iv) GNL spécifique ;
- f) gaz de pétrole liquéfié (GPL) ;
- g) **Hydrogène. ».**

Ajouter une nouvelle annexe 11, libellée comme suit :

« Annexe 11

Prescriptions techniques applicables aux moteurs fonctionnant uniquement à l'hydrogène

1. **Champ d'application**

La présente annexe définit les prescriptions et les exceptions supplémentaires pour l'exécution d'essais d'émissions des moteurs fonctionnant uniquement à l'hydrogène comme spécifié au paragraphe A.4.4 de l'appendice 4, que ces émissions soient uniquement des émissions à l'échappement ou qu'elles soient également des émissions du carter s'ajoutant aux émissions à l'échappement conformément au paragraphe 6.10 de l'annexe 4. Si aucune exigence ou exception supplémentaire n'est mentionnée, les prescriptions du présent Règlement doivent s'appliquer aux moteurs fonctionnant uniquement à l'hydrogène de la même façon qu'elles s'appliquent à n'importe quel type de moteur ou à n'importe quelle famille de moteurs faisant l'objet d'une homologation de type.
2. **Prescriptions générales**

Les dispositions du paragraphe 5 de l'annexe 4 s'appliquent.
3. **Conditions d'essai**

Les dispositions du paragraphe 6 de l'annexe 4 s'appliquent.
4. **Procédures d'essai**

Les dispositions du paragraphe 7 de l'annexe 4 s'appliquent, sous réserve des dispositions du paragraphe 4.1 ci-après.
- 4.1 **Il convient de déterminer la masse totale de chaque constituant gazeux sur tout le cycle d'essai applicable au moyen d'un prélèvement en continu dans le cadre duquel la concentration du constituant est mesurée de manière continue à partir des gaz d'échappement bruts.**
5. **Méthodes de mesure**

Les dispositions du paragraphe 8 de l'annexe 4 s'appliquent, sous réserve des dispositions du paragraphe 5.1 ci-après.
- 5.1 **Le système de mesure des émissions doit satisfaire aux prescriptions relatives aux contrôles de l'étalonnage et des performances 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.**
6. **Équipement de mesure**

Les dispositions du paragraphe 9 de l'annexe 4 s'appliquent, sous réserve des dispositions du paragraphe 6.1 ci-après.
- 6.1 **La procédure de dilution prévue au paragraphe 9.2 de l'annexe 4 ne s'applique pas aux mesures des émissions gazeuses.**
7. **Mesure du nombre de particules émises**

L'appendice A.1 de l'annexe 4 s'applique.
8. **Calcul des émissions**

Le calcul des émissions doit être effectué conformément à l'appendice A.1 de l'annexe 5 (calcul des émissions sur une base massique), sous réserve des dispositions des paragraphes 8.1 à 8.5 ci-après.

8.1 La mesure des émissions gazeuses doit être effectuée à partir des gaz d'échappement bruts conformément aux dispositions du paragraphe A.1.1 de l'appendice A.1 de l'annexe 5.

8.2 Conversion de la concentration de sec à humide

Si les émissions sont mesurées en conditions sèches, l'équation A.5-7 ne doit pas être utilisée pour les moteurs fonctionnant uniquement à l'hydrogène.

8.3 Facteur u spécifique des constituants

L'équation A.5-11 ne doit pas être utilisée pour calculer les valeurs u pour les moteurs fonctionnant uniquement à l'hydrogène. Les valeurs figurant dans le tableau A.11.1 peuvent être utilisées pour déterminer les valeurs u des gaz d'échappement bruts et les densités des constituants. L'équation A.5-12 peut également être utilisée pour calculer les valeurs u .

Tableau A.11.1

Valeurs u des gaz d'échappement bruts et densités des constituants (pour une concentration des émissions exprimée en ppm) pour les moteurs fonctionnant uniquement à l'hydrogène

Carburant	ρ_e	Gaz					
		NO_x	CO	HC	CO_2	O_2	CH_4
		ρ_{gas} [kg/m ³]					
		2,053	1,250	^a	1,9636	1,4277	0,716
		u_{gas} ^b					
Hydrogène	1,1872	0,001729	0,001053	0,000075	0,001654	0,001203	0,000603

^a En fonction du carburant.

^b À $\lambda = 2$, air sec, 273 K, 101,3 kPa.

8.4 Débit-masse de gaz d'échappement

8.4.1 L'équation A.5-15 ou A.5-17 doit être utilisée pour calculer le débit-masse de gaz d'échappement.

8.4.2 Lorsque l'équation A.5-17 est utilisée pour calculer le débit-masse de gaz d'échappement, l'équation A.5-18 ne doit pas être utilisée pour calculer le rapport A/F_{st} , et une valeur de 34,2282 doit alors être utilisée.

L'équation A.5-19 ne doit pas être utilisée pour calculer le rapport d'excès d'air (i), et i doit être mesuré à l'aide d'une sonde lambda conformément aux dispositions du paragraphe 9.4.10 de l'annexe 4.

8.5 Émissions de CO_2 spécifiques au cycle

Le calcul des émissions de CO_2 spécifiques au cycle à l'aide de l'équation A.5-63 n'est pas requis.

9. Vérification du flux de carbone

La vérification du flux de carbone prévue à l'appendice A.5 de l'annexe 5 n'est pas requise. Cette vérification peut être effectuée sur un moteur diesel avant l'installation du moteur fonctionnant uniquement à l'hydrogène. ».