

CONFÉRENCE EUROPÉENNE DES MINISTRES DES TRANSPORTS



RÉDUIRE LES ÉMISSIONS DE NO_x DE LA CIRCULATION ROUTIÈRE

*LES FUTURES LIMITES
D'ÉMISSIONS À L'ÉCHAPPEMENT
AU SERVICE DU RESPECT
DES NORMES DE QUALITÉ DE L'AIR*

AVANT-PROPOS ET REMERCIEMENTS

Les Ministres des transports ont pris note de ce rapport à la réunion du Conseil des Ministres qui s'est tenue à Dublin les 17 et 18 mai 2006 et ont demandé au Secrétariat de le transmettre à la CEE-ONU en souhaitant que les discussions de cette organisation sur les tests d'homologation des véhicules puissent aboutir le plus rapidement possible à une amélioration de ces tests. Ceci a été fait.

La CEMT remercie Heinz Steven, RWTÜV, Institut de technologie automobile, Allemagne pour la préparation de cette étude. Le rapport a été préparé conjointement par le groupe Transport et environnement de la CEMT et le Groupe de travail sur le transport du Comité OCDE sur les politiques environnementales.

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	1
NOTE DE SYNTHÈSE	3
1. INTRODUCTION.....	7
2. TOUR D'HORIZON DES REGLEMENTATIONS CEE-ONU ET CE.....	8
2.1 Voitures particulières et utilitaires légers	8
2.1.1 Procédures d'essai et valeurs limites de la réception par type	8
2.1.2 Exigences relatives aux systèmes de diagnostic embarqué.....	8
2.1.3 Cycle d'essai du type I.....	13
2.1.4 Mesures de réduction des émissions.....	14
2.2 Poids lourds	14
2.2.1 Procédures d'essai et valeurs limites de la réception par type	14
2.2.2 Cycles d'essai	15
2.2.3 Mesures de réduction des émissions.....	19
3. COMPARAISON DES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT DES CYCLES D'ESSAIS ET DES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT REELLES	21
3.1 Voitures particulières	21
3.2 Poids lourds	28
4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	38
4.1 Mesures de contournement du cycle d'essais	38
4.1.1 Voitures particulières et utilitaires légers	38
4.1.2 Poids lourds	39
4.2 Écarts induits par le système OBD	42
4.2.1 Voitures particulières et utilitaires légers	42
4.2.2 Poids lourds	43
4.3 Écarts liés au comportement du conducteur	43
4.3.1 Voitures particulières et utilitaires légers	43
4.3.2 Poids lourds	44
REFERENCES	45
ANNEXE A : DESCRIPTION DÉTAILLÉE DES EXIGENCES RELATIVES AUX SYSTÈMES DE DIAGNOSTIC EMBARQUÉ (OBD)	46
ANNEXE B : PROCÉDURE DE NORMALISATION DES RÉGIMES POUR LES CYCLES D'ESSAI WHTC ET WHSC	52
GLOSSAIRE	53

NOTE DE SYNTHÈSE

Les limites dans les textes

Afin d'améliorer la qualité de l'air, les émissions de polluants à l'échappement rejetées par les véhicules routiers sont limitées par la réglementation. Les limites réglementaires s'appliquent aux mesures des émissions à l'échappement relevées pendant les procédures de réception des véhicules par type¹. Les valeurs limites ont été abaissées à plusieurs reprises au cours des deux dernières décennies, pour passer progressivement de la norme EURO 0 à la norme EURO 4. Les étapes suivantes sont d'ores et déjà définies pour les années à venir (EURO 5) ou à l'étude (EURO 6).

Air pollué

Néanmoins, la qualité de l'air ne s'est pas améliorée autant que prévu sous l'effet du renforcement des normes d'émission, surtout eu égard aux oxydes d'azote (NOx). Une des raisons probables de cet insuccès est l'écart observé entre les résultats des mesures de réduction des émissions obtenus au cours des essais de réception par type et leur efficacité dans des conditions réelles de fonctionnement.

Réussir les essais

L'écart entre les émissions à l'échappement relevées pendant les essais de réception et les émissions dans les conditions de circulation est imputable à trois facteurs :

- le recours par le constructeur à certains moyens lui permettant de contourner le cycle afin de réussir les essais de réception du véhicule tout en obtenant de meilleures performances de consommation de carburant (ou autres) au prix d'une augmentation des émissions lorsque le véhicule est en circulation ;
- les systèmes de diagnostic embarqués (OBD) ;
- le comportement du conducteur.

Les mesures prises pour contourner le cycle d'essais ne devraient sans doute pas être considérées comme une pratique abusive, mais plutôt comme le révélateur d'une carence dans la procédure d'essais et dans la conception de la réglementation. La principale piste à explorer pour améliorer la réglementation est la modification des cycles d'essais afin que ceux-ci reflètent plus fidèlement les conditions de conduite réelles. Certes, les essais ne peuvent jamais reproduire qu'approximativement la réalité, mais des cycles améliorés, n'entraînant pas un surcoût déraisonnable, ont d'ores et déjà été mis au point. Il faudrait maintenant les appliquer.

1. La réception par type est obligatoire pour tout véhicule vendu ou importé dans l'Union Européenne.

- Voitures particulières** Pour les voitures particulières, il est recommandé d'adopter un contrôle de la conformité dans des conditions réelles de circulation, consistant à soumettre le véhicule, non seulement au cycle d'essai actuellement en vigueur², mais aussi à des cycles de conduite réelle. Le cycle CADC (cycle de conduite commun Artemis), défini dans le cadre d'un programme de recherche de l'Union européenne, pourrait être utilisé à cet effet. A terme, l'essai principal devrait être remplacé par un cycle d'essais plus réaliste, traduisant mieux les conditions de conduites réelles.
- Utilitaires légers** Les résultats sont les mêmes pour les utilitaires légers, mais un autre aspect entre en jeu. Il existe en effet actuellement deux méthodes de réception par type pour les utilitaires légers : certains sont soumis, comme les voitures, à des essais du véhicule, d'autres, comme les poids lourds, à des essais du moteur. En simulation des conditions réelles de conduite, les véhicules homologués sur la base de la seconde procédure affichent les moins bons résultats, surtout dans des conditions de conduite urbaine. Il serait donc probablement approprié pour l'avenir de soumettre tous les utilitaires légers à la procédure d'essais du véhicule et non à la procédure d'essais du moteur³.
- Poids lourds** S'agissant des poids lourds, le principal écart entre essais et réalité, eu égard aux mesures de contournement du cycle d'essais, tient au fait que l'on peut concevoir le groupe motopropulseur d'un véhicule de façon à ce que la plage de régimes la plus fréquemment utilisée se situe hors de celle qui fait actuellement l'objet d'essais pour la réception. Cela concerne en particulier les performances du moteur en cas de forte charge à faible régime - caractéristique des phases d'accélération dans la circulation en accordéon. C'est donc dans les zones urbaines que l'on doit s'attendre à des dépassements des limites d'émission. Des essais plus performants, couvrant un éventail plus représentatif des conditions de fonctionnement des moteurs, ont été mis au point⁴. Il est désormais nécessaire de prendre la décision politique de remplacer les procédures existantes par ces nouveaux essais.
- L'approche de non-dépassement pour les** A long terme, la réponse la plus prometteuse aux insuffisances des essais d'émission consiste à passer à une approche de « non-dépassement » pour ces essais, plutôt que de modifier les cycles d'essais de manière récurrente. Ceci permettrait de vérifier les

2. Le cycle d'essais actuel est dénommé le New European Driving Cycle (NEDC).

3. Procédures stipulées dans la directive 70/220/CEE.

4. Le WHSC (cycle d'essais harmonisé au niveau mondial de moteurs diesel de poids lourds en conditions stabilisées) et le WHTC (cycle d'essais harmonisé au niveau mondial de moteurs diesel de poids lourds en conditions transitoires), mis au point sous la supervision du GRPE (Groupe de rapporteurs sur la pollution et l'énergie de la Commission économique pour l'Europe des Nations Unies) et de son Groupe de travail sur la procédure d'homologation mondiale des véhicules utilitaires lourds (WHDC).

essais émissions pour n'importe quel point de fonctionnement (couple régime - puissance) envisageable par comparaison avec un seuil d'émissions à ne dépasser en aucun cas. Ceci marquerait une pause dans le durcissement progressif des limites spécifiées dans les règlements d'émission conventionnels. Un groupe de travail a été établi par le Groupe de travail sur la pollution et l'énergie du Forum mondial sur l'harmonisation des règlements concernant les véhicules (WP 29) de la CEE-ONU dans le but d'établir des directives pour une réglementation des poids lourds qui serait basée sur une approche de non-dépassement. L'Europe, le Japon et les Etats-Unis sont représentés dans ce groupe. Les travaux sur les voitures particulières suivront à une date ultérieure.

AdBlue Certaines techniques de limitation des émissions sont plus vulnérables aux pratiques de contournement et dépendent davantage que d'autres des systèmes de diagnostic embarqués. Différentes méthodes permettent de respecter les normes EURO 4 et 5 d'émission de NOx pour les poids lourds. Certaines associent des modifications de la conception du moteur⁵ et un catalyseur passif placé dans le dispositif d'échappement. D'autres consistent à injecter une solution d'ammoniac (commercialisée en Europe sur le nom d'AdBlue) dans les gaz d'échappement⁶. Le réservoir contenant cette solution doit être rempli à intervalles réguliers. Le manque d'additif n'a aucune influence sur les performances de conduite, mais produit un effet désastreux sur les émissions de NOx, qui risquent alors de dépasser les niveaux correspondant à la norme EURO 1. Il faut donc concevoir un système complexe de diagnostic et d'immobilisation du véhicule afin d'éviter que cet incident ne se produise sur la route. Des systèmes de ce type sont à l'étude en Europe, mais ils n'ont pas encore fait leurs preuves. Aux Etats-Unis, il y a peu de chances que les autorités réglementaires autorisent l'usage de cette méthode pour réduire les émissions tant que persistera l'incertitude sur la possibilité de garantir son bon fonctionnement sur route.

Décision politique En conclusion, plusieurs facteurs peuvent expliquer pourquoi la qualité de l'air, surtout dans les zones urbaines, ne s'est pas améliorée autant que prévu à mesure que des limites d'émission toujours plus sévères ont été adoptées. Les polluants se déplacent parfois sur des distances plus importantes et se dispersent selon des schémas plus complexes que prévu. Les dispositifs de suivi de la qualité de l'air mesurent les émissions de NO₂ et en déduisent par interpolation les émissions totales de NOx. Les systèmes récents de traitement des émissions de NOx par oxydation catalytique transforment certains oxydes d'azote NO en NO₂ et peuvent avoir pour conséquence d'augmenter les niveaux ambiants

5. Principalement, recyclage plus évolué des gaz d'échappement.

6. Méthode de traitement antipollution connue sous le nom de « réduction catalytique sélective » (SCR).

de NOX par rapport au niveau réel global de NOX dans l'air. Même s'il est indéniable que davantage de recherches seraient nécessaires pour évaluer le rôle respectif de ces différents facteurs, il n'en reste pas moins que la raison principale qui explique la différence constatée entre les normes réglementaires et la qualité de l'air tient à la conception même de la réglementation des émissions et notamment à l'incapacité de couvrir, dans les essais de réception par type, la plage de conditions de fonctionnement la plus fréquemment rencontrée en conduite réelle. Cela vaut tout particulièrement dans les zones urbaines. Or c'est précisément dans les agglomérations que la qualité de l'air est la plus préoccupante et que les coûts de la pollution atmosphérique sont les plus élevés. Des essais améliorés ont été mis au point par la CEE-ONU et dans le cadre de recherches communautaires. L'industrie est confrontée aux coûts liés à l'adaptation aux nouveaux essais, même si ces coûts seront probablement modestes; on ne peut donc pas attendre d'elle qu'elle soit le moteur du processus d'amélioration de la réglementation sur les émissions en l'absence d'une orientation politique définie. Une initiative politique est maintenant nécessaire pour que l'on passe aux essais améliorés, d'ores et déjà disponibles, et pour donner le signal d'un passage à long terme à une meilleure approche de la réglementation, sur la base du non-dépassement. L'industrie requiert avant tout de pouvoir prévoir comment les réglementations vont évoluer.

Coûts et avantages

Les évaluations coûts-avantages des nouvelles normes réglementaires devraient inclure des éléments permettant de prendre en compte les conséquences de l'adoption, à titre d'alternative, d'une approche dite de non-dépassement pour le contrôle des émissions de NOX.

Risques

Les Ministres des transports doivent être conscients des risques que présentent les carences des cycles d'essais actuels et de l'incertitude qui pèse sur les résultats sur route de certains nouveaux dispositifs de réduction des émissions de NOx pour les poids lourds. Ces risques ont notamment une incidence sur l'adoption d'incitations à l'achat de nouveaux véhicules « propres ». Les ONG et les organismes de protection de l'environnement ont contesté la légalité des incitations offertes par le biais de la différenciation des taxes de circulation et des redevances routières pour favoriser les véhicules « propres » correspondant aux normes EURO 2 et EURO 3. Les mêmes problèmes pourraient se poser avec les véhicules de type EURO 4 et EURO 5, surtout ceux qui nécessitent le post-traitement des gaz d'échappement par injection d'une solution d'agent catalyseur dans le dispositif d'échappement.

1. INTRODUCTION

Afin d'améliorer la qualité de l'air en Europe, les émissions de polluants rejetées par les échappements des véhicules routiers sont limitées par la réglementation. Les limites réglementaires s'appliquent aux mesures des émissions à l'échappement relevées pendant la procédure de réception des véhicules par type. Elles ont été abaissées à plusieurs reprises au cours des dernières décennies, passant progressivement de la norme EURO 0 à la norme EURO 3 pour les poids lourds et EURO 4 pour les voitures particulières et les utilitaires légers. Les étapes suivantes sont d'ores et déjà définies pour les années à venir (EURO 4 et 5) ou à l'étude (EURO 6).

Néanmoins, la qualité de l'air ne s'est pas améliorée autant que prévu sous l'effet du renforcement des normes d'émission pour les véhicules neufs, surtout eu égard aux oxydes d'azote (NOx). Une des raisons probables de cet insuccès est l'écart observé entre les résultats des stratégies / mesures de réduction des émissions obtenus au cours des essais de réception par type et leur efficacité dans des conditions réelles de fonctionnement.

La présente étude vise à expliquer cet écart, à la fois pour les voitures particulières et les poids lourds, en comparant leurs conditions de fonctionnement lors des cycles d'essais et en circulation réelle. Elle examine les possibilités d'améliorer les cycles d'essais afin de les faire concorder plus étroitement avec les conditions observées sur route et donne des recommandations en ce sens. L'étude se concentre essentiellement sur les émissions de NOx et sur les poids lourds.

2. TOUR D'HORIZON DES REGLEMENTATIONS CEE-ONU ET CE

2.1 Voitures particulières et utilitaires légers

2.1.1 Procédures d'essai et valeurs limites de la réception par type

Les procédures et les valeurs limites des essais réalisés dans le cadre de la réception par type des voitures particulières et des utilitaires légers pour la certification vis-à-vis des émissions à l'échappement sont spécifiées dans le règlement ECE R 83-05 et la directive européenne 70/220/CEE correspondante, dont la dernière révision est la directive 2003/76/CE. Les utilitaires légers sont des véhicules commerciaux dont le poids total en charge n'excède pas 3 500 kg.

La procédure de réception par type prévoit la réalisation d'une série d'essais, en fonction du type de moteur et de carburant (Tableau 1). Les valeurs limites pour l'essai du type I sont données dans le Tableau 2 pour les différentes étapes de la politique de réduction des émissions, depuis EURO 1 jusqu'à EURO 4. EURO 4 deviendra obligatoire pour tous les nouveaux véhicules en 2006. Le cycle utilisé pour cet essai est le New European Driving Cycle (NEDC), qui comprend quatre cycles urbains à une vitesse maximale de 50 km/h plus un cycle extra urbain à une vitesse maximale de 120 km/h.

L'essai du type II est conçu comme un essai de contrôle technique. L'essai du type III exige l'absence de rejet dans l'atmosphère. L'essai du type IV impose que les émissions par évaporation mesurées soient inférieures à 2 g/essai.

Quant à l'essai du type VI, il vérifie les émissions moyennes à l'échappement, à basse température ambiante, de monoxyde de carbone et d'hydrocarbures après démarrage à froid ; les valeurs limites correspondantes sont données dans le Tableau 3.

2.1.2 Exigences relatives aux systèmes de diagnostic embarqué

Les systèmes de diagnostic embarqué (OBD) sont obligatoires ou le deviendront à compter du 01.01.2007 ; les dates d'entrée en vigueur pour les différentes catégories et classes de véhicules sont données dans le Tableau 4. Un système OBD est un dispositif de contrôle des émissions qui doit être capable d'identifier l'origine probable du dysfonctionnement au moyen de codes d'erreur stockés dans la mémoire d'un ordinateur. Le système doit être conçu, construit et monté dans le véhicule de telle façon qu'il puisse identifier les différents types de détériorations ou de dysfonctionnements pendant toute la durée de vie de celui-ci. Le système OBD doit indiquer toute défaillance d'un composant ou d'un système relatif aux émissions dès lors que cette défaillance entraîne le dépassement des seuils d'émission indiqués dans le Tableau 5. Le Tableau 6 donne la relation entre les seuils OBD et les valeurs limites de la norme EURO 4. On

voit que les seuils OBD sont 3 à 7,5 fois supérieurs aux limites EURO 4 et peuvent même dépasser les limites EURO 1.

On admet toutefois que des véhicules ayant dépassé la distance prévue pour l'essai de durabilité du type V, soit 80 000 km, puissent montrer des signes de dégradation des performances du système OBD tels que les limites d'émission du Tableau 5 puissent être dépassées avant que le système embarqué ne signale une défaillance au conducteur du véhicule.

Tableau 1 : Récapitulatif des essais réalisés lors de la réception par type pour la mesure des émissions à l'échappement (source : 70/220/CEE)

«Essai de réception	Véhicules des catégories M et N équipés d'un moteur à allumage commandé			Véhicules des catégories M ₂ et N ₂ , équipés d'un moteur à allumage par compression
	Véhicules fonctionnant à l'essence	Véhicules à bicarburation	Véhicules à monocarburation	
Type I	Oui (masse maximale ≤ 3,5 t)	Oui (essai avec les deux types de carburants) (masse maximale ≤ 3,5 t)	Oui (masse maximale ≤ 3,5 t)	Oui (masse maximale ≤ 3,5 t)
Type II	Oui	Oui (essai avec les deux types de carburants)	Oui	—
Type III	Oui	Oui (essai uniquement avec de l'essence)	Oui	—
Type IV	Oui (masse maximale ≤ 3,5 t)	Oui (essai uniquement avec de l'essence) (masse maximale ≤ 3,5 t)	—	—
Type V	Oui (masse maximale ≤ 3,5 t)	Oui (essai uniquement avec de l'essence) (masse maximale ≤ 3,5 t)	Oui (masse maximale ≤ 3,5 t)	Oui (masse maximale ≤ 3,5 t)
Type VI	Oui (masse maximale ≤ 3,5 t)	Oui (masse maximale ≤ 3,5 t) (essai uniquement avec de l'essence)	—	—
Extension	Point 6	Point 6	Point 6	Point 6; véhicules des catégories M ₂ et N ₂ dont la masse de référence est ≤ 2 840 kg ⁽¹⁾
Diagnostic embarqué	Oui, en application du point 8.1.1 ou 8.4	Oui, en application du point 8.1.2 ou 8.4	Oui, en application du point 8.1.2 ou 8.4	Oui, en application du point 8.2, 8.3 ou 8.4

Commentaires : Les points mentionnés dans le tableau se réfèrent aux chapitres correspondants de la directive 70/220/CEE.

- Type I : vérification de l'émission moyenne à l'échappement après démarrage à froid,
- Type II : émission de monoxyde de carbone au ralenti,
- Type III : émission de gaz de carter,
- Type IV : émissions par évaporation,
- Type V : durabilité des dispositifs antipollution,
- Type VI : vérification des émissions moyennes à l'échappement, à basse température ambiante, de monoxyde de carbone et d'hydrocarbures après démarrage à froid.

Tableau 2 : Valeurs limites de l'essai du type I

Catégorie de véhicule [¶]	Classe [¶]	Poids de réf. [¶]	Etape [¶]	Date d'entrée en vigueur [¶]	Type de moteur [¶]	Valeurs limites en g/km [¶]				
						CO	HC	NOx	HC+NOx	Particules-PM [¶]
M [¶]	no	tous [¶]	EURO 1	1993/94	Petrol	2.72	-	-	0.97	
			EURO 1	1993/94	Diesel	2.72	-	-	0.97	0.14
			EURO 2	1996/97	Petrol	2.2	-	-	0.5	
			EURO 2	1996/97	Diesel	1	-	-	0.7 (0.9) ⁽³⁾	0.08 (0.1) ⁽³⁾
			EURO 3	2000/01	Petrol	2.3	0.2	0.15		
			EURO 3	2000/01	Diesel	0.64	-	0.5	0.56	0.05
			EURO 4	2005/06	Petrol	1	0.1	0.08		
N1 [¶]	I	RW <= 1305 kg	EURO 3	2000/01	Petrol	2.3	0.2	0.15		
			EURO 3	2000/01	Diesel	0.64	-	0.5	0.56	0.05
			EURO 4	2005/06	Petrol	1.0	0.1	0.08		
			EURO 4	2005/06	Diesel	0.5	-	0.25	0.3	0.025
	II	1305 kg < RW <= 1760 kg	EURO 3	2000/01	Petrol	4.17	0.25	0.18		
			EURO 3	2000/01	Diesel	0.8	-	0.65	0.72	0.07
			EURO 4	2005/06	Petrol	1.81	0.13	0.1		
			EURO 4	2005/06	Diesel	0.63	-	0.33	0.39	0.04
	III	RW > 1760 kg	EURO 3	2000/01	Petrol	5.22	0.29	0.21		
			EURO 3	2000/01	Diesel	0.95	-	0.78	0.86	0.1
			EURO 4	2005/06	Petrol	2.27	0.16	0.11		
			EURO 4	2005/06	Diesel	0.74	-	0.39	0.46	0.06
(1)-valeurs pour diesel à injection directe entre parenthèses [¶] (2)-pour moteurs à allumage par compression [¶] (3)-sauf véhicules avec PTC supérieur à 2500 kg (EURO 3 et 4 seulement) [¶] (4)-et les catégories de véhicules spécifiées à la note (2) (EURO 3 et 4 seulement) [¶]										

Tableau 3 : Valeurs limites de l'essai du type VI

•Température d'essai 266 K (-7 °C)

Catégorie	Classe	Masse de monoxyde de carbone (CO) L ₁ (g/km)	Masse d'hydrocarbures (HC) L ₂ (g/km)
M ₁ ⁽¹⁾	—	15	1,8
N ₁	I	15	1,8
N ₁ ⁽²⁾	II	24	2,7
	III	30	3,2

(¹) À l'exception des véhicules destinés à transporter plus de six passagers et des véhicules dont le poids maximal dépasse 2 500 kg.
 (²) Ainsi que ceux de catégorie M₁ spécifiés dans la note 1.

Tableau 4 : Dates d'entrée en vigueur des systèmes de diagnostic embarqué (OBD)

Catégorie de véhicule	Classe	Type de moteur	Type de carburant	Date d'entrée en vigueur des OBD		
				opérateurs typés	autres typés	
M1	GVM ≤ 2500 kg	Moteurs commandés	petrol	01.01.2000	01.01.2001	
	GVM > 2500 kg			01.01.2001	01.01.2002	
N1	I			01.01.2000	01.01.2001	
	II			01.01.2001	01.01.2002	
	III			01.01.2001	01.01.2002	
M1	GVM ≤ 2500 kg			CPL ou CN	Diesel	01.01.2003
	GVM > 2500 kg		01.01.2006			01.01.2007
N1	I		01.01.2003			01.01.2004
	II		01.01.2006			01.01.2007
	III		01.01.2006			01.01.2007
M1	plus de 6 sièges et PTC		Moteurs par compression			Diesel
	GVM > 2500 kg			01.01.2005	01.01.2006	
	I	01.01.2006		01.01.2007		
N1	I	01.01.2005		01.01.2006		
	II	01.01.2006		01.01.2007		
	III	01.01.2006		01.01.2007		

Tableau 5 : Seuils de détection des défaillances par les systèmes OBD

Catégorie de véhicule	Classe	Poids de référence RW	Type de moteur	OBD Thresholds in g/km			
				CO	HC	NOx	Particules ⁽¹⁾
M ^{(2), (4)}		tous	Petrol	3.2	0.4	0.6	
			Diesel	3.2	0.4	1.2	0.18
N1 ^{(3), (4)}	I	RW ≤ 1305 kg	Petrol	3.2	0.4	0.6	
			Diesel	3.2	0.4	1.2	0.18
	II	1305 kg < RW ≤ 1760 kg	Petrol	5.8	0.5	0.7	
			Diesel	4.0	0.5	1.6	0.23
	III	RW > 1760 kg	Petrol	7.3	0.6	0.8	
			Diesel	4.8	0.6	1.9	0.28
(1) pour moteurs à allumage par compression (2) sauf véhicules avec PTC supérieur à 2500 kg (3) et les catégories de véhicules spécifiées à la note (2) (4) la proposition de la commission à laquelle il est fait référence au paragraphe 3(1) de la directive 70/220/CEE comportera les seuils OBD pour 2005/2006 pour les véhicules M1 et N1							

Tableau 6 : Seuils de détection des défaillances par les systèmes OBD, rapportés aux valeurs limites EURO 4

Catégorie de véhicule	Classe	Poids de référence RW	Type de moteur	OBD Thresholds compared to limit values EURO 4			
				CO	HC	NOx	Particules ⁽¹⁾
M ^{(2), (4)}		tous	Petrol	320%	400%	750%	
			Diesel	640%		480%	720%
N1 ^{(3), (4)}	I	RW ≤ 1305 kg	Petrol	320%	400%	750%	
			Diesel	640%		480%	720%
	II	1305 kg < RW ≤ 1760 kg	Petrol	320%	385%	700%	
			Diesel	635%		485%	575%
	III	RW > 1760 kg	Petrol	322%	375%	727%	
			Diesel	649%		487%	467%
(1) pour moteurs à allumage par compression (2) sauf véhicules avec PTC supérieur à 2500 kg (3) et les catégories de véhicules spécifiées à la note (2) (4) la proposition de la commission à laquelle il est fait référence au paragraphe 3(1) de la directive 70/220/CEE comportera les seuils OBD pour 2005/2006 pour les véhicules M1 et N1							

Le système OBD doit être conçu, construit et monté dans le véhicule afin de lui permettre de satisfaire les exigences de la directive 70/220/CEE en conditions d'utilisation normale. L'« utilisation normale » étant définie par le cycle de l'essai du type I, les systèmes OBD ne détecteront donc pas les émissions dépassant les normes dans les conditions de conduite réelles non couvertes par ce cycle d'essai, et elles sont nombreuses. Par ailleurs, les règles de conception et d'utilisation des systèmes OBD,

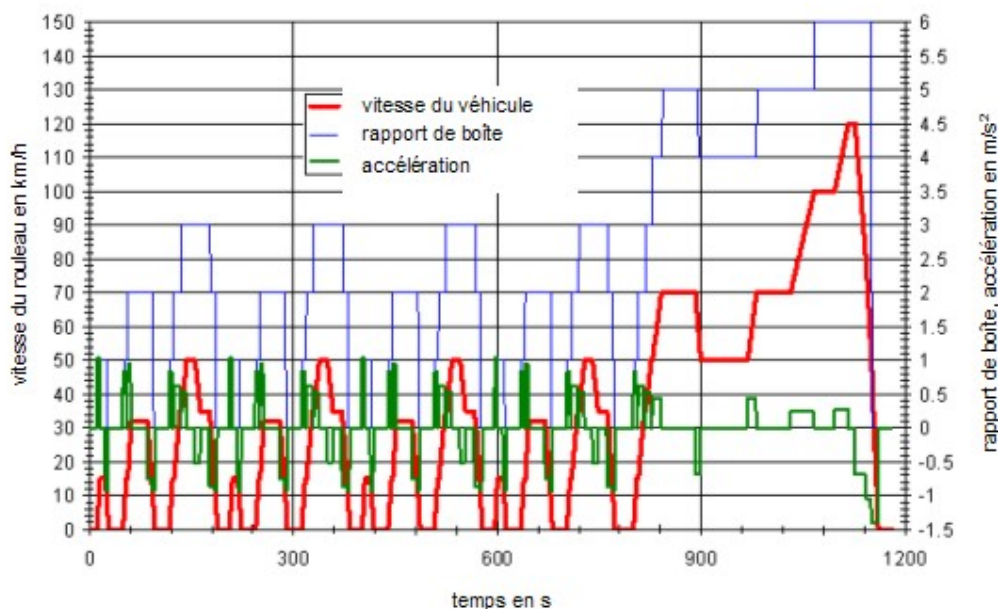
censées garantir que les émissions restent dans les limites des normes EURO dans les conditions de fonctionnement normales, sont assorties d'une série de conditions et d'exceptions complexes qui réduisent encore leur efficacité. Pour plus de détails, on se reportera à l'annexe A.

2.1.3 Cycle d'essai du type I

Comme nous l'avons noté, le New European Driving Cycle (NEDC) est le cycle utilisé pour les essais du type I. La Figure 1 montre les profils de vitesse, d'accélération et de rapports de boîte en fonction du temps. Le comportement de conduite dans les conditions réelles de circulation est insuffisamment représenté par ce cycle : les accélérations sont trop faibles comparées aux conditions réelles. L'utilisation de la boîte de vitesse entraîne des régimes faibles, en particulier pour les véhicules puissants.

Pour les motocycles, le Groupe de Rapporteurs pour la Pollution et l'Énergie (GRPE) de la Commission économique pour l'Europe des Nations Unies (CEE-ONU) a mis au point un cycle de conduite plus réaliste pour les essais d'émission à l'échappement réalisés dans le cadre de la réception par type. Ce cycle est appelé WMTC (Worldwide harmonised Motorcycle Test Cycle). Pour l'étape 2006 (EURO 3), la commission européenne envisage actuellement de remplacer le NEDC par le WMTC pour les motocycles. Pour les voitures également, le NEDC devrait, à long terme, être lui aussi remplacé par un nouveau cycle reflétant mieux le comportement à la conduite dans les conditions réelles.

Figure 1 : NEDC - Vitesse du véhicule, accélération et rapports de boîte en fonction du temps



2.1.4 Mesures de réduction des émissions

La norme EURO 4 est d'ores et déjà obligatoire pour les nouveaux types de véhicules et elle le deviendra en 2006 pour tous ; aussi nous concentrerons nous uniquement sur celle-ci. Deux types de mesures ont été mises en œuvre ou le seront afin de satisfaire les valeurs limites de la norme EURO 4 : les mesures portant sur l'amélioration du processus de combustion interne (systèmes d'injection électronique avancés) et les mesures de post-traitement des gaz d'échappement.

Pour les véhicules à moteur à allumage commandé, injection multipoints, pot catalytique à 3 voies et régulation précise par sonde lambda constituent l'état de l'art. Les concepts de combustion en mélange pauvre et charge stratifiée, qui sont en cours de développement ou déjà sur le marché, ont plus pour objectif de réduire la consommation de carburant et les émissions de CO₂ que de réduire les émissions à l'échappement (Réf. 6).

Du fait de ses bonnes performances économiques et de sa durabilité, le moteur diesel (moteur à allumage par compression) est désormais la norme pour les poids lourds en Europe. Il est également de plus en plus accepté pour les voitures particulières et les utilitaires légers. Dans certains pays européens, le marché des voitures particulières se partage déjà à égalité entre moteur diesel et moteur à essence. Les moteurs diesel modernes intègrent technologie 4 soupapes, turbocompresseur à géométrie variable et injection directe. La technologie « rampe commune », déclinée dans une grande variété de systèmes (selon la pression d'injection, le début de l'injection, le nombre d'injections), représente de plus en plus l'état de l'art (Réf. 6).

Contrairement aux moteurs à allumage commandé, le développement des moteurs diesel est concentré sur la réduction des émissions à l'échappement, notamment des NO_x et des particules. Les technologies de réduction utilisées pour la norme d'émission EURO 4 sont le recyclage des gaz d'échappement (EGR), pour la réduction des NO_x, et, si nécessaire, les filtres à particules.

Pour l'avenir, des processus de combustion différents (charge homogène à injection retardée, premix renforcé à injection tardive) sont en cours de développement pour les moteurs diesel afin de réduire encore plus les émissions de NO_x et de particules. Leur application pratique est toutefois empêchée par le fait que l'on ne dispose pas encore du système de gestion du moteur correspondant, relativement complexe. Pour plus de détails, on se reportera à la Réf. 6.

2.2 Poids lourds

2.2.1 Procédures d'essai et valeurs limites de la réception par type

Les poids lourds (PL) sont des véhicules commerciaux avec un poids total en charge (PTC) supérieur à 3 500 kg. Ils couvrent les véhicules de catégorie N2, N3, M2 (PTC > 3500 kg) et M3, comme spécifié dans la Résolution d'ensemble sur la construction des véhicules (RE 3) de la CEE. Contrairement aux véhicules légers, les poids lourds ne sont pas produits en masse, mais avec une grande variété de dimensions de châssis et de

transmissions différentes. C'est pourquoi la réception par type porte sur le moteur (ou plus exactement le moteur parent d'une famille de moteurs), qui est homologué par rapport à ses émissions à l'échappement. Les procédures d'essai et les valeurs limites sont précisées dans le règlement 49 CEE-ONU et les directives communautaires correspondantes. Les étapes EURO 1 et EURO 2 sont définies dans la version révisée n° 2 de ce règlement, les étapes EURO 3, 4 et 5 dans la version révisée n° 3. Les valeurs limites et les dates d'application sont données dans le Tableau 7.

Tableau 7 : Étapes de la politique de réduction des émissions pour les moteurs diesel PL dans l'UE (EEV signifie Enhanced Environmentally Friendly Vehicle - véhicule plus respectueux de l'environnement)

Etape	Date d'entrée en vigueur	Cycle d'essai	CO	HC	NOx	Particulates	Smoke
			g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	m ⁻¹
EURO 1	1992/93	ECE R 49	4.5	1.10	8.0	0.36	
EURO 2	1995/96	ECE R 49	4.0	1.10	7.0	0.15	
EURO 3	2000	ESC/ELR	2.1	0.66	5.0	0.1 (0.13) *)	0.8
EURO 4	2005	ESC/ELR	1.5	0.46	3.5	0.02	0.5
EURO 5	2008	ESC/ELR	1.5	0.46	2.0	0.02	0.5
EEV		ESC/ELR	1.5	0.25	2.0	0.02	0.15
*) valeurs entre parenthèses : concernent les moteurs avec une cylindrée unitaire inférieure à 0,75 dm ³ et un régime nominal supérieur à 3000 trs/min							
Emission Stage	Enforcement Date	Test Cycle	CO g/kWh	NMHC g/kWh	CH₄ † g/kWh	NOx g/kWh	Particulates g/kWh
EURO 3	2000	ETC	5.45	0.78	1.6	5.0	0.16 (0.21) **, ***)
EURO 4	2005	ETC	4.0	0.55	1.1	3.5	0.03 ***)
EURO 5	2008	ETC	4.0	0.55	1.1	2.0	0.03 ***)
EEV		ETC	3.0	0.40	0.65	2.0	0.02
*) pour moteurs fonctionnant au gaz naturel uniquement							
**) valeurs entre parenthèses : concernent les moteurs avec une cylindrée unitaire inférieure à 0,75 dm ³ et un régime nominal supérieur à 3000 trs/min							
***) ne concerne pas les moteurs fonctionnant au gaz							

2.2.2 Cycles d'essai

Les différentes étapes de la politique de réduction des émissions sont associées à différents cycles d'essai. Pour EURO 1 et 2, on a utilisé un cycle stationnaire à 13 modes, désigné par ECE R 49 dans le présent rapport. Les modes de mesure et les coefficients de pondération pour le calcul du résultat final sont donnés dans le Tableau 8.

Le « régime nominal » désigne le régime maximal à pleine charge autorisé par le régulateur et tel que spécifié par le constructeur dans sa documentation commerciale et d'entretien ou, en l'absence de régulateur, le régime auquel la puissance maximale du moteur est obtenue, selon les spécifications du constructeur dans sa documentation commerciale et d'entretien. Le régime intermédiaire désigne le régime correspondant à la valeur maximale du couple si ce régime se situe entre 60 et 75 pour cent du régime nominal ; dans les autres cas, il désigne un régime égal à 60 pour cent du régime nominal.

Pour la norme EURO 3, le cycle d'essai a été modifié. Le cycle adopté est le European Steady state Cycle (ESC), complété par un essai de prises en charges dynamiques (ELR). Le cycle ESC est également un essai stationnaire à 13 modes, mais les mesures doivent être réalisées pour trois régimes différents (appelés A, B et C) en plus du ralenti ; par ailleurs, comparée au cycle ECE R 49, la plage de régimes est ramenée vers le bas. Les régimes A, B et C dépendent de deux régimes de référence n_{lo} et n_{hi} liés à la courbe de pleine charge du moteur.

Tableau 8 : Cycle ECE R 49 - cycle stationnaire à 13 modes

N° du mode	Régime d'essai	Taux de charge	Coefficient de pondération
1	idle	-	8.33%
2	intermediate	10	8.00%
3	intermediate	25	8.00%
4	intermediate	50	8.00%
5	intermediate	75	8.00%
6	intermediate	100	25.00%
7	idle	-	8.33%
8	rated	100	10.00%
9	rated	75	2.00%
10	rated	50	2.00%
11	rated	25	2.00%
12	rated	10	2.00%
13	idle	-	8.33%

n_{lo} désigne le régime le plus bas du moteur auquel 50 pour cent de la puissance maximale déclarée est disponible. n_{hi} désigne le régime le plus élevé du moteur auquel 70 pour cent de la puissance maximale déclarée est disponible. Les régimes d'essai A, B et C se déduisent des régimes de référence à l'aide des expressions suivantes (voir également Figure 2) :

$$A = n_{lo} + 0.25*(n_{hi} - n_{lo}),$$

$$B = n_{lo} + 0.5*(n_{hi} - n_{lo}),$$

$$C = n_{lo} + 0.75*(n_{hi} - n_{lo}),$$

L'ordre des 13 modes du cycle, les valeurs de charge correspondantes et les coefficients de pondération pour le calcul du résultat final sont donnés dans le Tableau 9. La concentration en NOx doit être mesurée par ailleurs en trois points de la zone de contrôle, choisis au hasard par le service technique réalisant les essais. Les émissions de NOx mesurées pour ces trois points doivent être proches des valeurs calculées pour les points d'essai de la norme les plus proches. Cette vérification vise à assurer l'efficacité du contrôle des émissions dans la plage des régimes d'exploitation types du moteur. Les trois points de mesure additionnels sont choisis en utilisant des méthodes statistiques agréées de prélèvement aléatoire (s'il y a écart entre les valeurs mesurées et les valeurs calculées, le moteur ne satisfait pas l'essai de réception par type).

L'essai ELR se compose d'une séquence d'échelons de charge à régime constant, comme indiqué sur la Figure 3. Pour plus d'information, on se reportera au règlement ECE R 49, révision 3.

L'essai ETC comporte 1 800 modes transitoires seconde par seconde. La Figure 4 donne la courbe des régimes et charges normalisés en fonction du temps.

Figure 2 : Régimes de référence et régimes d'essai pour le cycle ESC (extrait de ECE R 49, rév. 3)

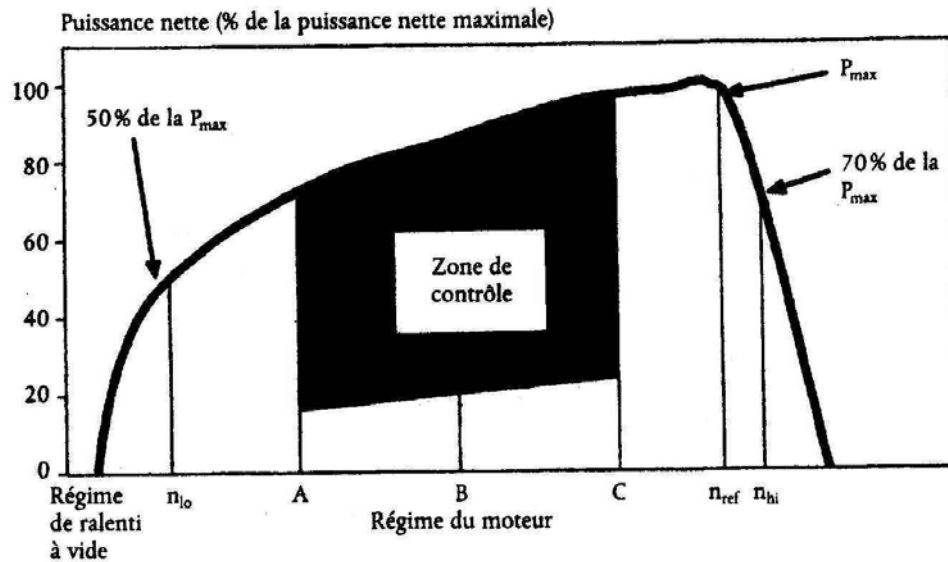


Tableau 9 : Cycle ESC stationnaire à 13 modes

Numéro de mode	Régime du moteur	Taux de charge	Coefficient de pondération	Durée du mode
Mode Number	Engine Speed	Percent Load	Weighting Factor	Mode Length
1	idle	-	15%	4 minutes
2	A	100	8%	2 minutes
3	B	50	10%	2 minutes
4	B	75	10%	2 minutes
5	A	50	5%	2 minutes
6	A	75	5%	2 minutes
7	A	25	5%	2 minutes
8	B	100	9%	2 minutes
9	B	25	10%	2 minutes
10	C	100	8%	2 minutes
11	C	25	5%	2 minutes
12	C	75	5%	2 minutes
13	C	50	5%	2 minutes

Figure 3 : Séquence de l'essai ELR (extrait de ECE R 49, rév. 3)

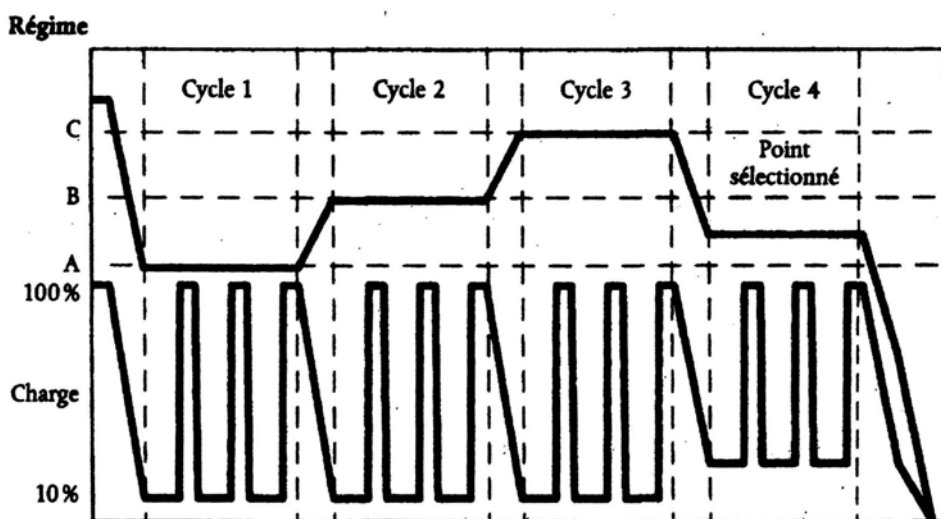
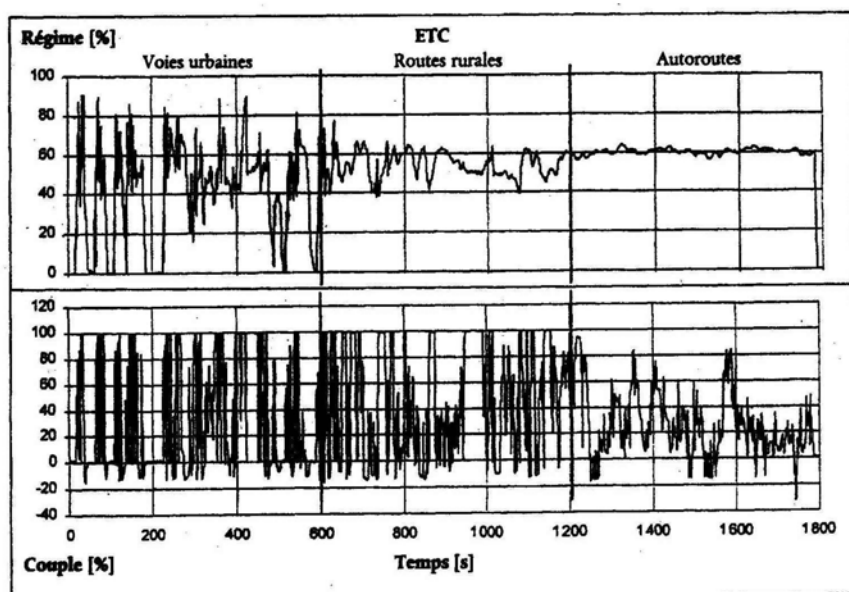


Figure 4 : Programmation du dynamomètre pour l'essai ETC (extrait de ECE R 49, rév. 3)



Pour réaliser le cycle ETC sur un banc d'essai pour un moteur donné, les régimes normalisés doivent être transformés en régimes effectifs à l'aide des expressions suivantes :

$$n = n_{\text{norm_ETC}} * (n_{\text{ref}} - n_{\text{idle}}) + n_{\text{idle}}$$

où

n représente le régime effectif du moteur

n_{norm_ETC} = régime, en %, tel que donné par la programmation du dynamomètre sur la Figure 4,
 $n_{ref} = n_{lo} + 0.95*(n_{hi} - n_{lo})$, n_{lo} et n_{hi} étant les régimes définis ci-dessus,
 n_{idle} est le régime de ralenti.

Le cycle ETC est obligatoire en sus des cycles ESC et ELR pour les normes EURO 4 et EURO 5.

La réduction des émissions de polluants visée par l'EURO 3, comparée à l'EURO 2, peut se résumer à une réduction globale de 30 %, obtenue par des mesures internes, essentiellement la gestion électronique des moteurs. Comparée à la norme EURO 3, la norme EURO 4 signifie, pour les cycles d'essai, une réduction supplémentaire de 30 % des émissions de CO, HC et NOx et une réduction de 80 % des particules.

2.2.3 Mesures de réduction des émissions

Les constructeurs proposent différentes solutions pour satisfaire la norme EURO 4. Le recyclage des gaz d'échappement (EGR), destiné à réduire les NOx en est une. Une partie des gaz d'échappement est refroidie et réintroduite dans le moteur pour y subir une combustion avec une formation réduite de NOx, se traduisant par des émissions réduites de NOx. La réduction des émissions de particules est obtenue par une pression d'injection élevée. Cette option est proposée par exemple par SCANIA.

Une autre solution combine l'EGR et un filtre à particules ou un dispositif de post-traitement des particules conçu pour réduire les émissions de polluants particuliers par séparation mécanique, par séparation aérodynamique, par diffusion ou par inertie. Une partie des gaz d'échappement est refroidie et réintroduite dans le moteur afin d'abaisser la température de combustion, ce qui se traduit par une réduction des émissions de NOx. Le système de post-traitement PM en circuit ouvert (souvent désigné par PM-Cat) est combiné à un catalyseur à oxydation amont. Le catalyseur à oxydation réduit les émissions de CO et de HC tout en augmentant le rapport NO2/NO dans les gaz d'échappement. Ceci assure une combustion des particules à des températures d'échappement normales ($2NO_2 + C \rightarrow 2NO + CO_2$) au niveau du post-traitement. Cette solution est proposée par exemple par MAN pour les moteurs EURO 4. MAN fait observer que cette solution ne nécessite pas d'additifs, ce qui la rend robuste vis-à-vis des risques d'abus et se traduit par un « gain » de charge utile pouvant aller jusqu'à 150 kg.

L'utilisation de systèmes de réduction catalytique sélective (SCR) afin de réduire les NOx constitue une autre solution. La SCR est une méthode de post-traitement qui requiert un additif à base d'urée, AdBlue. Cet additif est injecté dans l'échappement afin de maintenir une réaction dans le convertisseur catalytique intégré au silencieux. Cette technologie correspond déjà depuis longtemps à l'état de l'art pour les sources de NOx fixes, telles les centrales électriques ou les usines d'incinération d'ordures ménagères. La SCR ayant un pouvoir de réduction des émissions tel que même les limites plus sévères de l'EURO 5 pour les NOx peuvent être satisfaites, elle résout le conflit d'objectifs entre, d'une part, une réduction de la consommation de carburant et des

émissions particulaires et, d'autre part, l'augmentation des émissions de NOx qui en résulte.

C'est la raison pour laquelle les constructeurs européens ont convenu d'utiliser cette technologie pour les moteurs EURO 5. Elle présente toutefois plusieurs inconvénients : nécessité d'un réservoir spécifique pour l'AdBlue, au détriment de la charge utile, nécessité d'une infrastructure de distribution d'AdBlue et enfin, surcoût lié à l'additif. La SCR nécessite une quantité d'AdBlue égale à environ 5% de la consommation de carburant. L'infrastructure de distribution est en cours de déploiement.

Selon l'ACEA (Association des Constructeurs Européens d'Automobiles), la technologie SCR permettra à ses membres de satisfaire les normes d'émission EURO 4 et EURO 5 tout en atteignant des niveaux de consommation de carburant inférieurs de 5 à 6 % à ceux des moteurs EURO 3 équivalents. On peut ainsi espérer que la réduction de la consommation de carburant compensera le surcoût de l'additif AdBlue.

Comparée à l'EGR, la technologie SCR implique un risque de fraude et d'abus accru puisque, en principe, le moteur peut fonctionner correctement sans l'additif.

Il faut également ajouter que les technologies de réduction des émissions mentionnées ci-dessus n'atteignent leur pleine puissance que combinées avec des carburants diesel à faible teneur en soufre (< 10 ppm). Cette qualité de carburant est toutefois devenue entre temps la norme dans beaucoup de pays de l'Union européenne.

La norme EURO 5 prévoit des exigences supplémentaires pour le respect des valeurs limites en conditions réelles, à savoir :

- Le moteur doit être équipé d'un système de diagnostic embarqué (OBD) avec indicateur de dysfonctionnement (MI). Le constructeur doit fournir une description du mode de signalisation utilisé pour indiquer au conducteur du véhicule le manque de réactif nécessaire pour la SCR.
- Des capteurs de NOx ou des systèmes de surveillance embarqués équivalents doivent être utilisés. Le couple moteur sera limité si les valeurs de NOx dépassent les seuils de l'OBD.
- L'usage de stratégies d'invalidation est interdit.
- L'usage d'un moteur à programmations multiples est interdit tant que des dispositions appropriées et robustes n'ont pas été fixées dans la directive UE correspondante.
- Des mesures anti-fraude doivent être prises afin d'empêcher les modifications de puces / programmes informatiques du système de gestion du moteur.

3. COMPARAISON DES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT DES CYCLES D'ESSAIS ET DES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT REELLES

3.1 Voitures particulières

Une des raisons des performances inférieures des stratégies / mesures antipollution enregistrées dans des conditions de fonctionnement réelles, comparées aux performances enregistrées lors des essais de réception par type est la différence de conditions de fonctionnement entre ces deux situations. Nous le montrerons à l'aide des exemples suivants :

- voiture compacte, puissance nominale 40 kW (véhicule n° 9 dans le tableau ci-après),
- voiture de taille moyenne, puissance nominale 90 kW (véhicule n° 2 dans le tableau),
- voiture puissante, puissance nominale 210 kW (véhicule n° 7).

Le comportement de ces véhicules dans les conditions réelles de circulation a été mesuré dans le cadre d'un projet de R&D de l'Office fédéral de l'environnement allemand (Réf. 7). Les caractéristiques techniques de ces véhicules sont données dans le Tableau 10. On y donne également le régime maximal pour la surveillance des ratés d'allumage par le système OBD. Ce régime est inférieur à 50 % du régime nominal de la voiture puissante.

Tableau 10 : **Caractéristiques techniques des voitures étudiées à titre d'exemple**

Véh. N°	2	7	9
Moteur	4 cyl. en ligne, essence	V8, essence	4 cyl. en ligne, essence
Cylindrée (cm ³)	1799	4000	1239
Boîte de vitesse	manuelle	manuelle	manuelle
Nb vitesses	5	6	5
Poids en ordre de marche (kg)	1280	1680	840
Charge utile (kg)	550	595	350
Puissance nominale (kW)	90	210	40
Régime nominal (min-1)	5500	5800	5300
Ralenti (min-1)	800	650	750
Régime maxi pour surveillance des ratés d'allumage (min-1)	3360	2480	3770
% du régime nominal	61.1%	42.8%	71.1%

Les distributions statistiques des régimes et des charges du moteur dans les conditions réelles de conduite des véhicules ci-dessus nous sont données par la Référence 7. Afin d'obtenir des données comparables pour le cycle NEDC, on a calculé la puissance absorbée correspondant à la résistance à l'avancement de ces véhicules

(puissance nécessaire pour le roulage selon le profil de régimes du cycle NEDC). Pour cela, on a utilisé la formule décrite à l'appendice 2 de l'annexe III de la directive 70/220/CEE. La Figure 5 montre les courbes de puissance absorbée à développer pour maintenir une vitesse constante.

Le régime du moteur a été calculé à partir du profil NEDC en utilisant les prescriptions de changement de rapport de l'Annexe III de la directive 70/220/CEE. La charge du moteur a été calculée à partir de la différence entre les courbes de puissance à pleine charge des véhicules (Réf. 7) et la somme de la puissance absorbée de la Figure 5 et de la puissance nécessaire pour accélérer.

Les résultats pour le véhicule n° 9 et le NEDC sont donnés par la Figure 6. La figure montre la fréquence à laquelle un couple « régime normalisé - charge normalisée » est utilisé au cours du cycle d'essai NEDC. Les différentes couleurs indiquent la durée relative, en pourcentage, par rapport à la durée de conduite totale. La Figure 7 montre les résultats correspondants pour un comportement de conduite moyen dans les conditions réelles, tandis que la Figure 8 montre les résultats pour la conduite à régime élevé dans les conditions réelles. Dans ce type de conduite, on conserve le rapport plus longtemps pendant les accélérations, entraînant un régime maximal plus élevé que pour la conduite « moyenne ». Cette conduite est typique de l'insertion dans un flot de voitures circulant à grande vitesse (pénétration sur une voie principale à partir d'une voie résidentielle, ou sur l'autoroute à partir d'une bretelle). Pour les graphiques, les régimes moteur sont normalisés par rapport à l'écart entre régime de ralenti et régime nominal.

Figure 5 : Courbes de résistance à l'avancement pour 3 exemples de voitures (« Pres » désigne la puissance absorbée nécessaire pour qu'une voiture roule sur une route plate à vitesse constante)

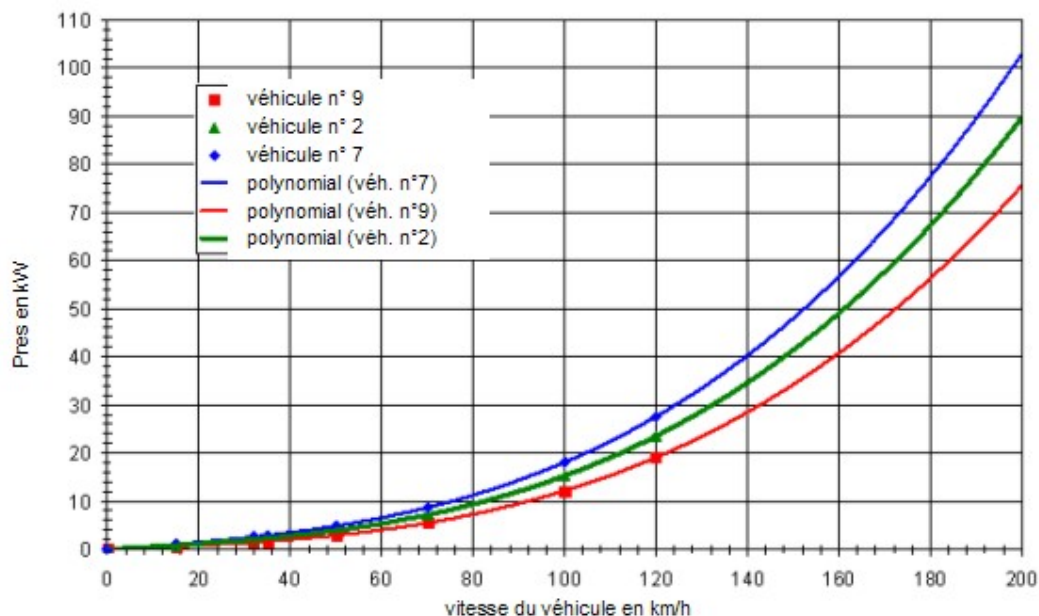


Figure 6 : Véhicule n° 9, NEDC - Distribution des régimes et charges normalisés

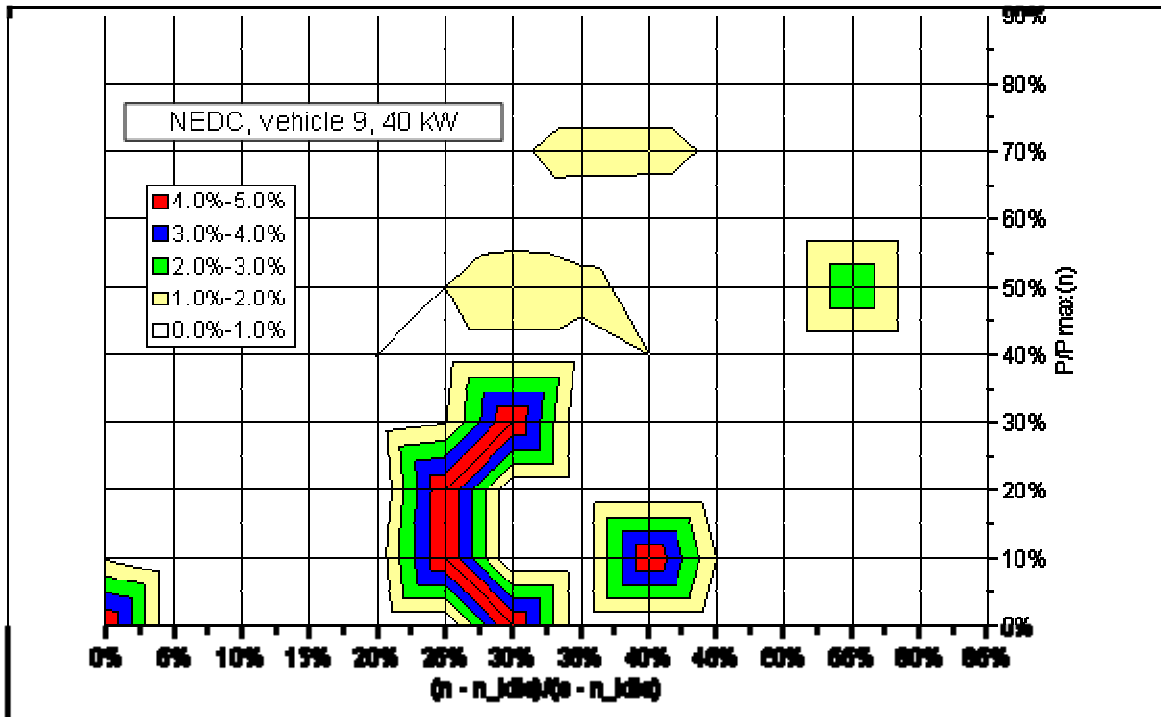


Figure 7 : Véhicule n° 9, comportement de conduite moyen en conditions réelles - Distribution des régimes et charges normalisés

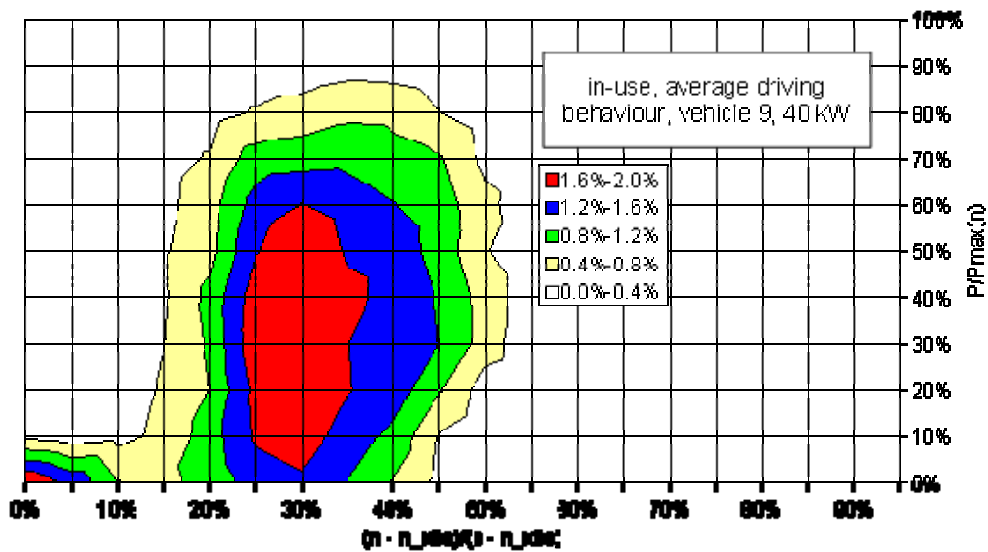
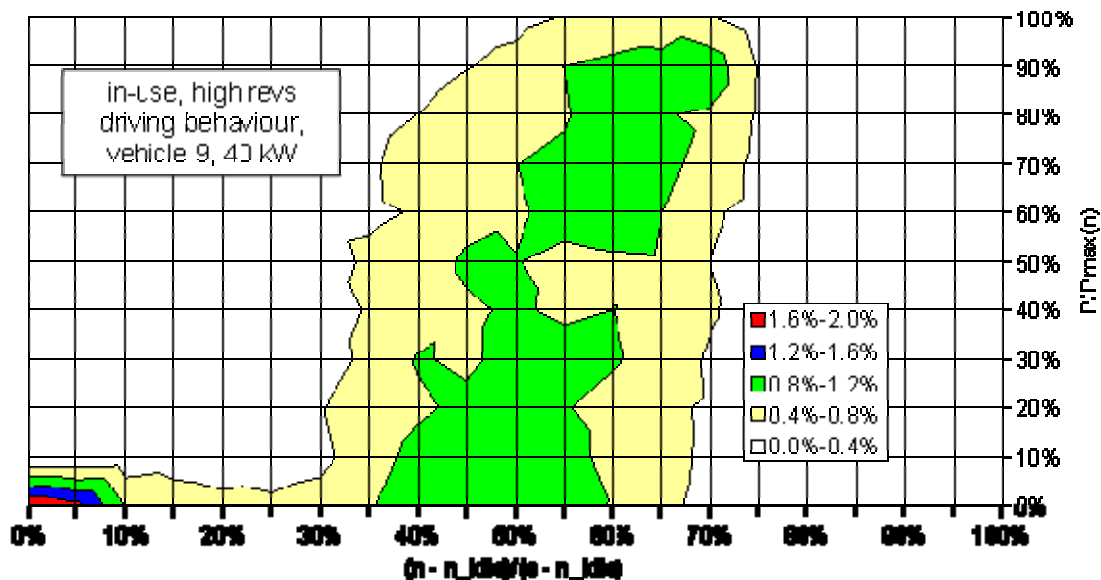


Figure 8 : Véhicule n° 9, conduite à régime élevé en conditions réelles - Distribution des régimes et charges normalisés



Les Figures 9 à 11 montrent des résultats similaires pour la voiture moyenne (véhicule n°2) et les Figures 12 à 14 les résultats correspondants pour la voiture puissante (véhicule n° 7).

Les différences entre le cycle NEDC et les conditions réelles sont plus importantes en termes de charge que de régime. On voit cependant clairement que le cycle NEDC ne couvre qu'une surface très limitée de la cartographie du moteur. Les différences les plus importantes entre le cycle NEDC et les conditions réelles sont obtenues pour les accélérations (Figure 15). Ces différences augmentent avec le rapport puissance / poids des véhicules : l'analyse des données de conduite dans les conditions réelles a montré en effet que les valeurs d'accélération augmentent avec ce rapport. Ceci signifie que les valeurs d'accélération du NEDC sont beaucoup plus faibles que celles obtenues dans les conditions réelles et les émissions à l'échappement du véhicule pendant les phases d'accélération en trafic réel ne sont pas suffisamment contrôlées par l'essai NEDC.

Figure 9 : Véhicule n° 2, NEDC - Distribution des régimes et charges normalisés

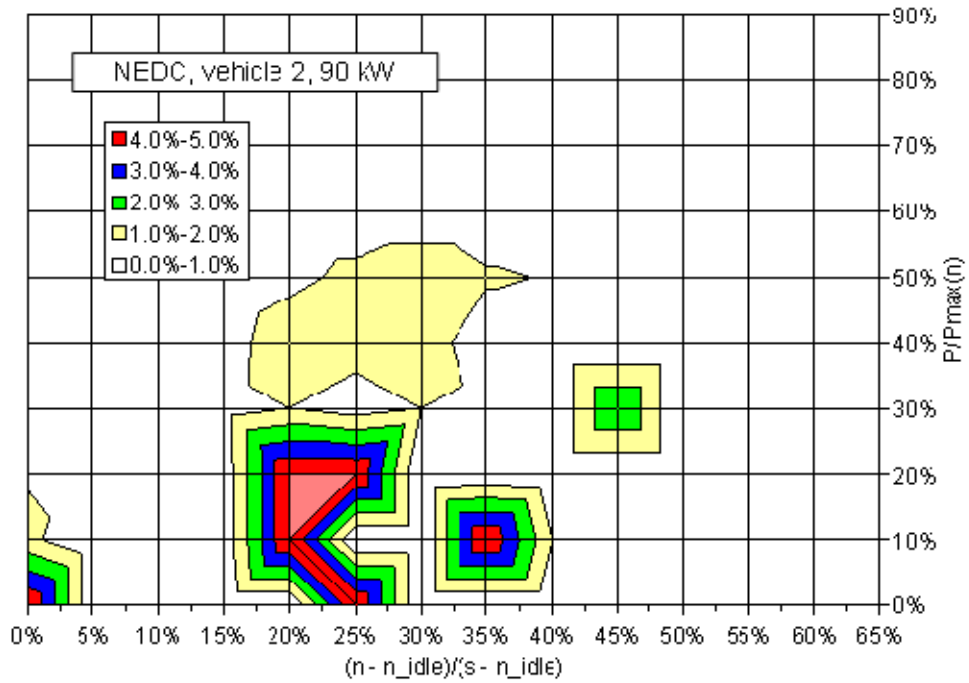


Figure 10 : Véhicule n° 2, comportement de conduite moyen en conditions réelles - Distribution des régimes et charges normalisés

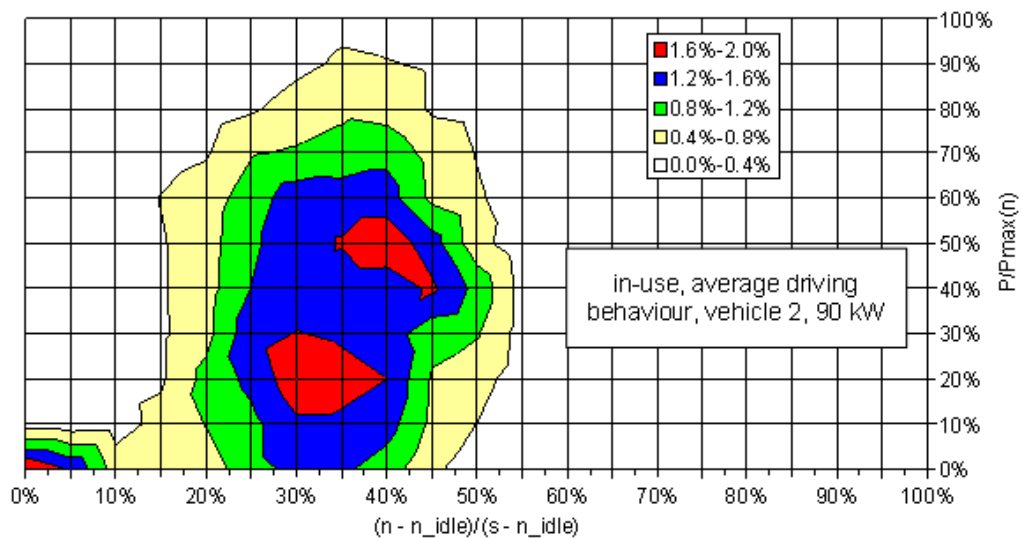


Figure 11 : Véhicule n° 2, conduite à régime élevé en conditions réelles - Distribution des régimes et charges normalisés

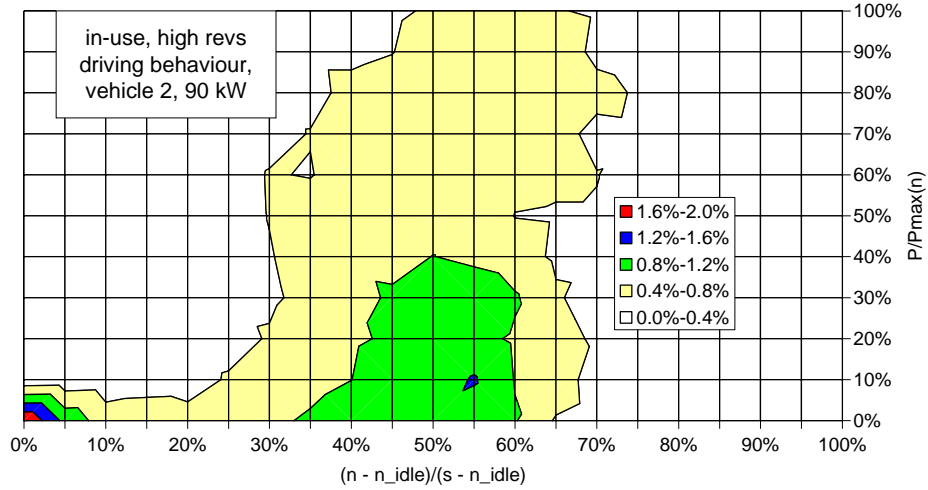


Figure 12 : Véhicule n° 7, NEDC - Distribution des régimes et charges normalisés

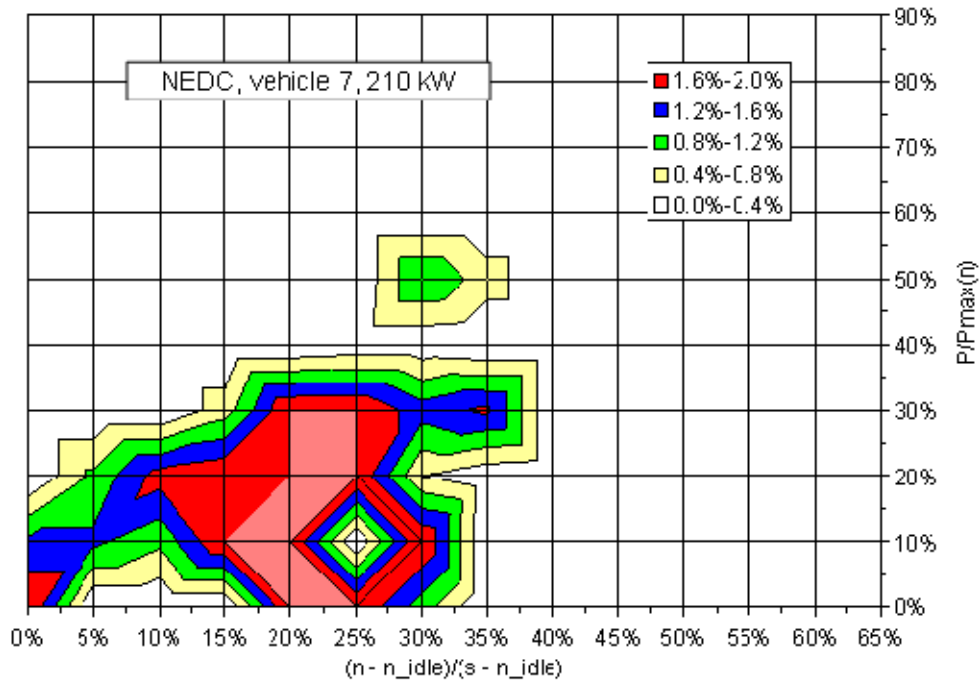


Figure 13 : Véhicule n° 7, comportement de conduite moyen en conditions réelles -
Distribution des régimes et charges normalisés

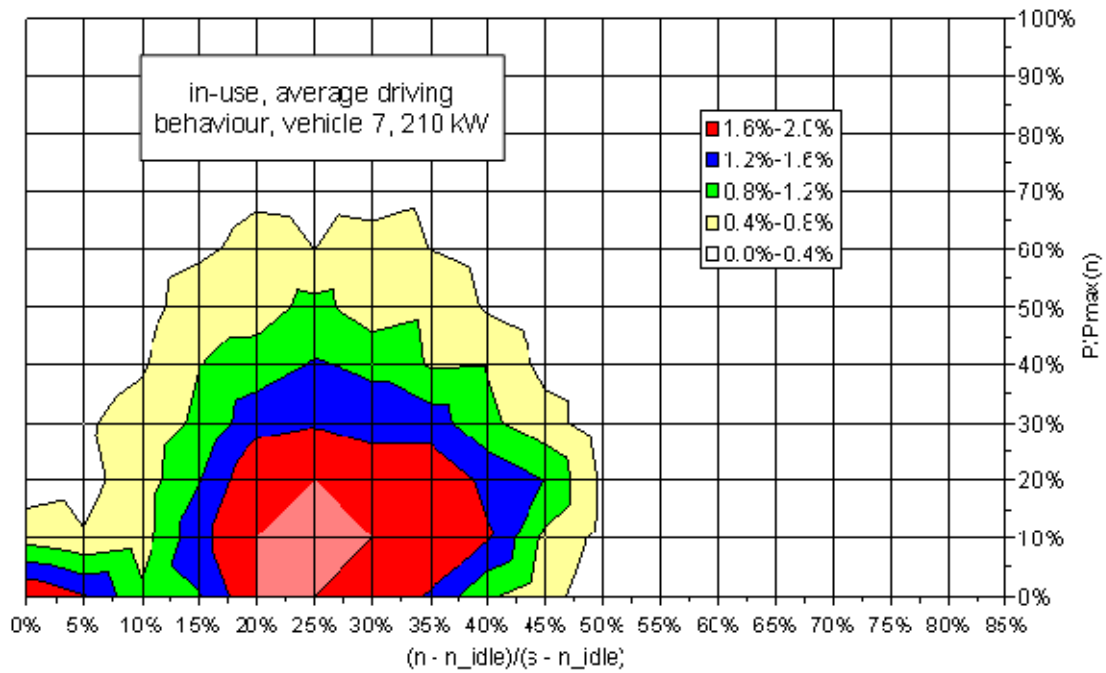


Figure 14 : Véhicule n° 7, conduite à régime élevé en conditions réelles -
Distribution des régimes et charges normalisés

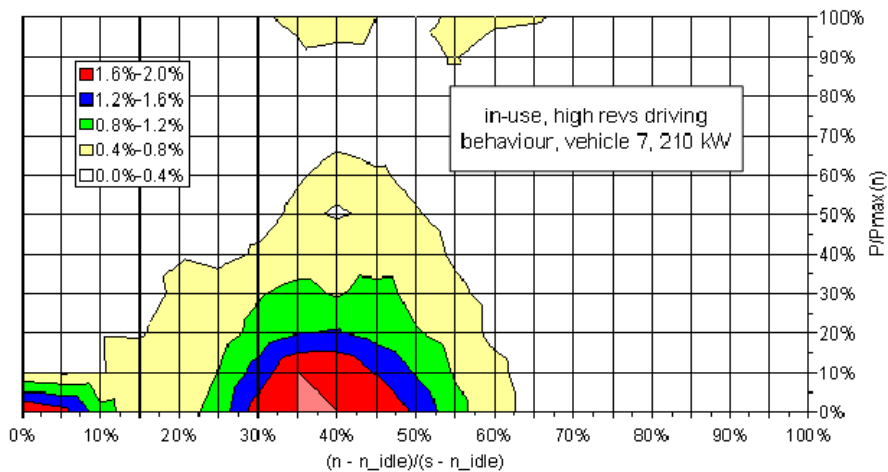
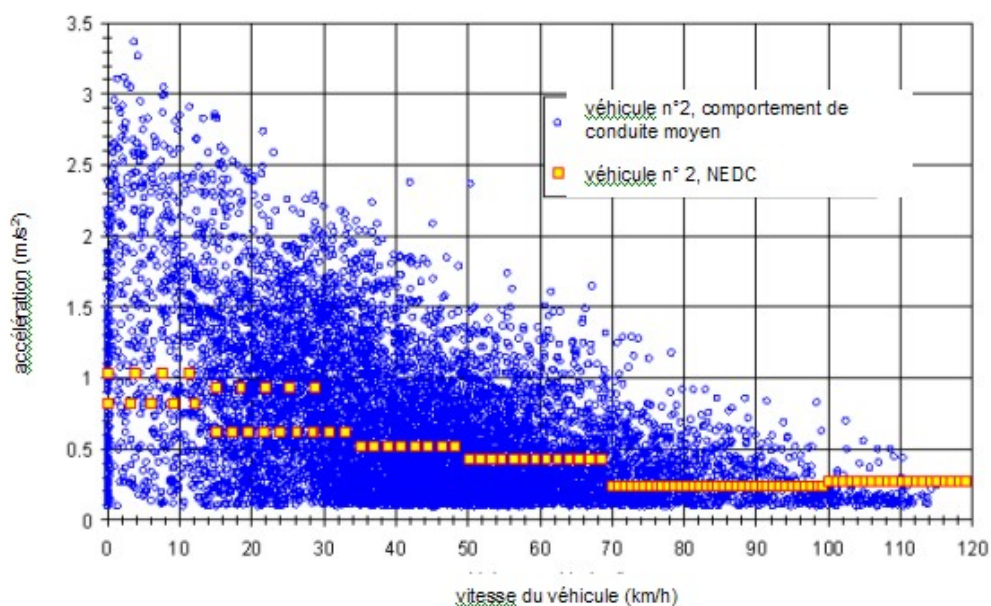


Figure 15 : Véhicule n° 2, comportement de conduite moyen - Comparaison des valeurs d'accélération pour le cycle NEDC et pour les conditions de conduite réelles



3.2 Poids lourds

La différence entre les conditions de fonctionnement réelles et les conditions de fonctionnement des essais de réception par type pour les poids lourds sera démontrée pour les exemples suivants :

- camion de livraison, PTC 7 500 kg,
- camion de livraison, PTC 17 000 kg,
- véhicule articulé, PTC 30 000 kg,
- véhicule articulé (transport à grandes distances), PTC 40 000 kg.

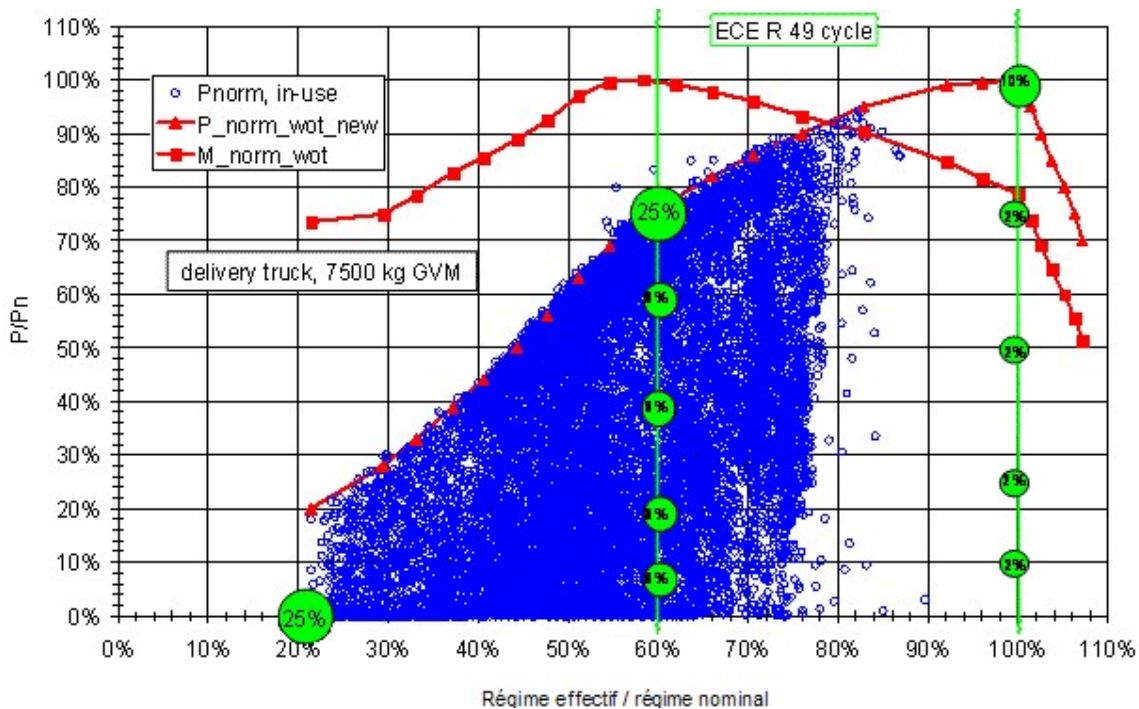
Les données correspondant aux conditions de conduite réelles ont été obtenues dans le cadre d'un projet de recherche de l'Office fédéral de l'environnement allemand portant sur l'amélioration de la procédure d'essai de l'ECE R 49 (Réf. 4).

La Figure 16 montre cette comparaison pour le camion de livraison de 7 500 kg de PTC et le cycle d'essai ECE R 49 utilisé pour la réception par type jusqu'à l'EURO 2. Cette figure et les suivantes ne contiennent que les conditions correspondant à une puissance positive ou nulle en sortie ; les phases de conduite où le véhicule ralentit et le moteur tourne à un régime supérieur au régime de ralenti mais avec un couple négatif ne sont pas représentées.

Ce véhicule étant essentiellement utilisé dans les zones urbaines, les régimes et les charges ne sont pas concentrés sur des plages spécifiques ; au contraire, elles sont

largement réparties entre le régime de ralenti et 75% du régime nominal d'une part et entre un taux de charge de 0 et 100 % d'autre part. Le ralenti représente environ 38% du temps de conduite ; dans les conditions de circulation réelles, le véhicule fonctionne près de 30% du temps à des régimes inférieurs à 55% du régime nominal. Le régime nominal n'est jamais atteint. L'écart entre les conditions de l'essai de réception par type et les conditions réelles est évident. Il en est de même pour le cycle ESC (Figure 17). Quant au cycle ETC (Figure 18), il ne couvre que l'extrémité supérieure de la plage de régimes correspondant à la réalité.

Figure 16 : Camion de livraison, PTC 7 500 kg - Points de régime et de charge en conditions réelles, comparés aux points correspondants du cycle ECE R 49



Les comparaisons correspondantes pour le camion de livraison avec un PTC de 17 000 kg sont représentées sur les Figures 19 à 21. Les conditions d'essai des cycles ESC et ETC concordent mieux avec les conditions de fonctionnement réelles, mais les 22% du temps de fonctionnement du moteur correspondant à des régimes inférieurs au régime A de l'ESC ne sont pas couverts par les cycles d'essais. Par ailleurs, le régime d'essai B de l'ESC ainsi que le régime le plus fréquemment utilisé de l'ETC sont très proches de la gamme des régimes les plus utilisés en conditions réelles. En fonctionnement réel, le ralenti représente 10 % du temps de conduite total avec une puissance positive ou nulle.

Les comparaisons pour le véhicule articulé avec un PTC de 30 000 kg sont représentées sur les Figures 22 à 24. Le cycle ECE R 49 n'est pas conforme au fonctionnement réel. Le cycle ESC concorde mieux, mais les régimes les plus fréquemment utilisés en fonctionnement réel sont concentrés entre les régimes A et B. Par contre, pour cet exemple, le cycle ETC est très conforme au fonctionnement réel.

Dans les conditions réelles, le ralenti représente 13 % du temps de conduite et la gamme de régimes comprise entre 67 % et 77 % du régime nominal couvre 50 % du temps. Le resserrement des points autour d'un régime préférentiel est typique des cas où la circulation en milieu rural et la circulation sur autoroute dominant. En milieu urbain, la distribution des régimes est plus étendue.

Figure 17 : Camion de livraison, PTC 7 500 kg - Points de régime et de charge en conditions réelles, comparés aux points correspondants du cycle ESC

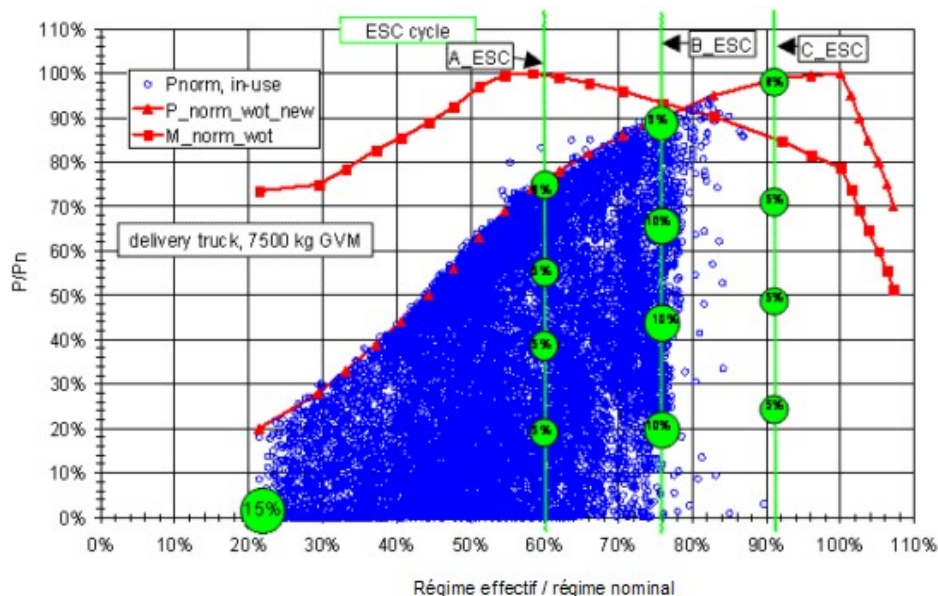


Figure 18 : Camion de livraison, PTC 7 500 kg - Points de régime et de charge en conditions réelles, comparés aux points correspondants du cycle ETC

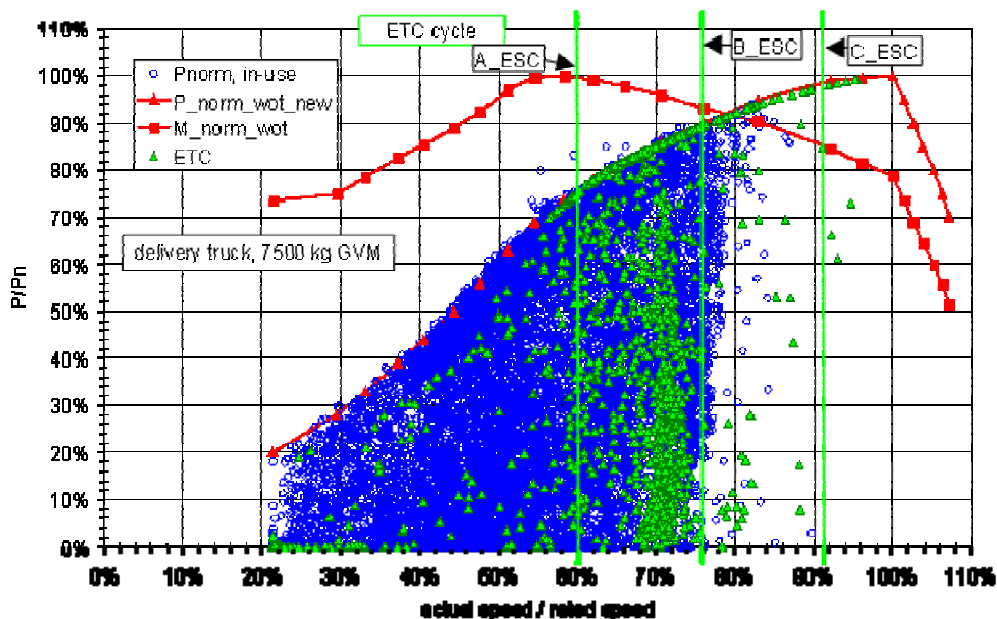


Figure 21 : Camion de livraison, PTC 17 000 kg - Points de régime et de charge en conditions réelles, comparés aux points correspondants du cycle ETC

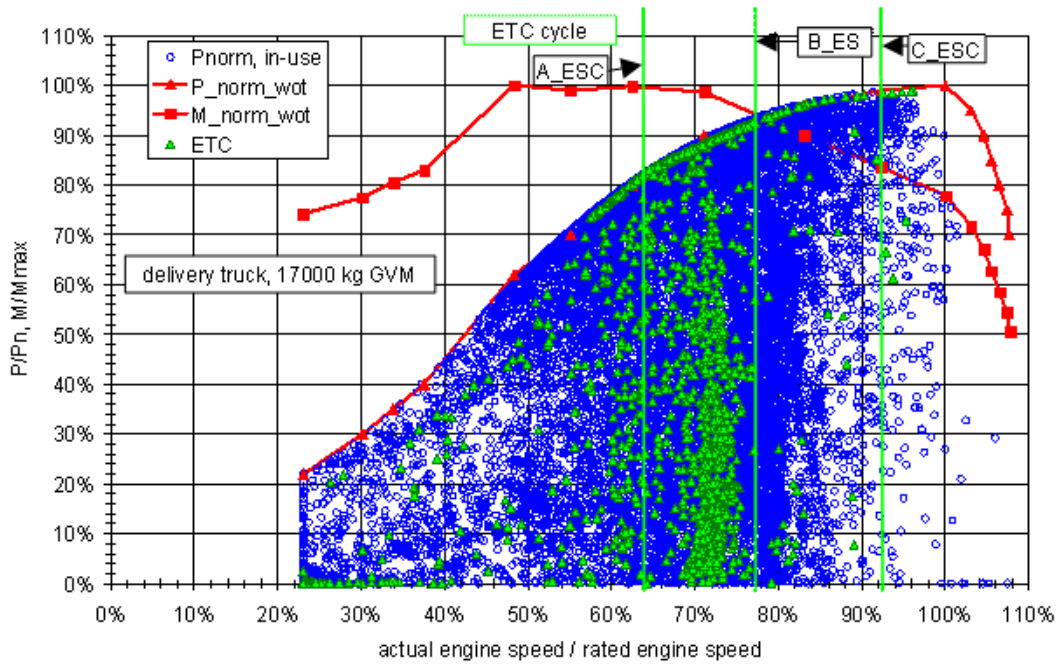


Figure 22 : Véhicule articulé, PTC 30 000 kg - Points de régime et de charge en conditions réelles, comparés aux points correspondants du cycle ECE R 49

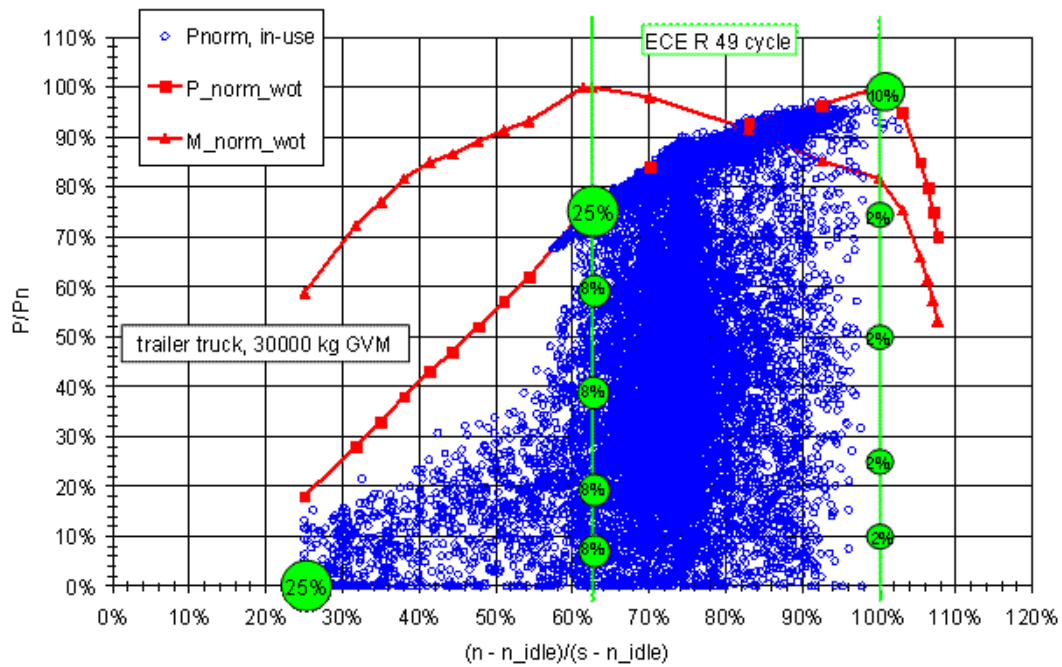


Figure 23 : Véhicule articulé, PTC 30 000 kg - Points de régime et de charge en conditions réelles, comparés aux points correspondants du cycle ESC

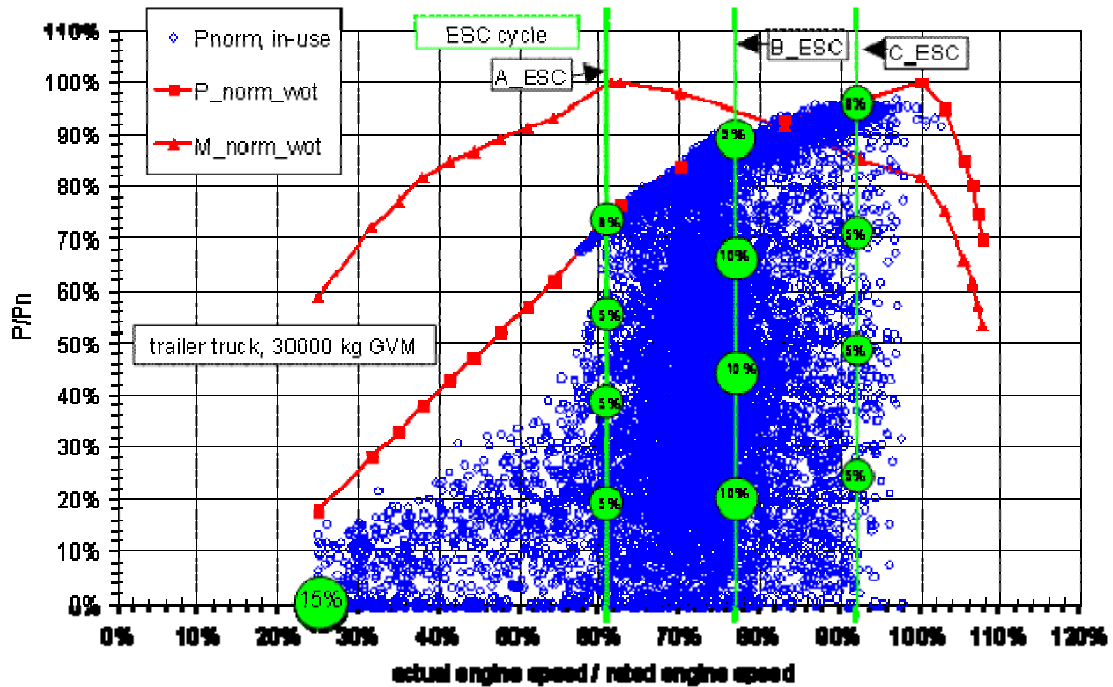
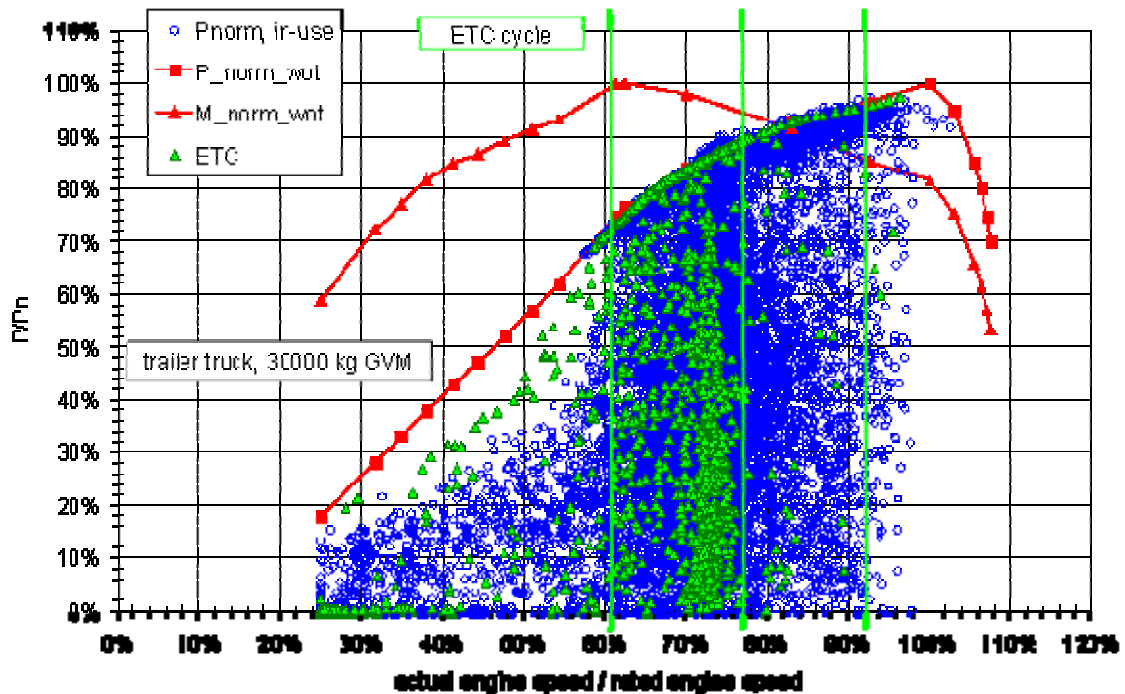


Figure 24 : Véhicule articulé, PTC 30 000 kg - Points de régime et de charge en conditions réelles, comparés aux points correspondants du cycle ETC



Les comparaisons pour le véhicule articulé avec un PTC de 40 tons sont représentées sur les Figures 25 à 29. Le cycle ECE R 49 est montré sur la Figure 25. Le régime intermédiaire est relativement proche du régime le plus fréquent en conditions réelles mais, comme pour les exemples précédents, le régime nominal est rarement utilisé dans la réalité. Afin de mettre en évidence une des insuffisances des procédures ESC/ETC, les deux cycles sont montrés pour deux conceptions de moteur différentes (n_{hi} différents). Dans un cas, n_{hi} représente 107% du régime nominal, dans l'autre, 129%. La courbe à pleine charge reste inchangée jusqu'au régime nominal de sorte qu'il n'y a pas d'incidence sur le cycle ECE R 49.

Les comparaisons entre le fonctionnement réel et le cycle ESC sont représentées sur les Figures 26 et 27. Dans les deux cas, les régimes B et C sont largement supérieurs aux régimes les plus utilisés dans la réalité. Avec $n_{hi} = 107\%$ du régime nominal, A se situe à l'extrémité inférieure de la gamme des régimes les plus fréquemment utilisés en conditions réelles ; avec $n_{hi} = 129\%$, A se déplace vers l'extrémité supérieure de cette gamme et le régime C se déplace vers 110 % du régime nominal. En ce qui concerne le cycle ETC, il ne concorde pour aucune des deux valeurs de n_{hi} avec le fonctionnement réel, l'écart étant maximal pour $n_{hi} = 129\%$. Ceci permet au constructeur d'optimiser le fonctionnement pour le cycle d'essais afin d'y obtenir de faibles émissions de NOx tout en optimisant le fonctionnement dans les conditions réelles (inférieures aux conditions de la zone de contrôle ESC/ETC) afin d'y limiter la consommation de carburant, ce qui conduirait certainement à des émissions de NOx supérieures à ce que laissent prévoir les résultats d'essais.

Un moteur de conception avancée, avec un système de gestion électronique, a typiquement un régime nominal d'environ 1800 trs/minute. Un régime maximal de 2 300 à 2 400 trs/min ne pose pas de problème technique. Il peut même être avantageux dans les descentes, car il fournit un frein moteur important. L'allure de la courbe de puissance au-dessus du régime nominal n'est alors qu'une simple question de conception du système de gestion.

Figure 25 : Véhicule articulé, PTC 40 000 kg - Points de régime et de charge en conditions réelles, comparés aux points correspondants du cycle ECE R 49

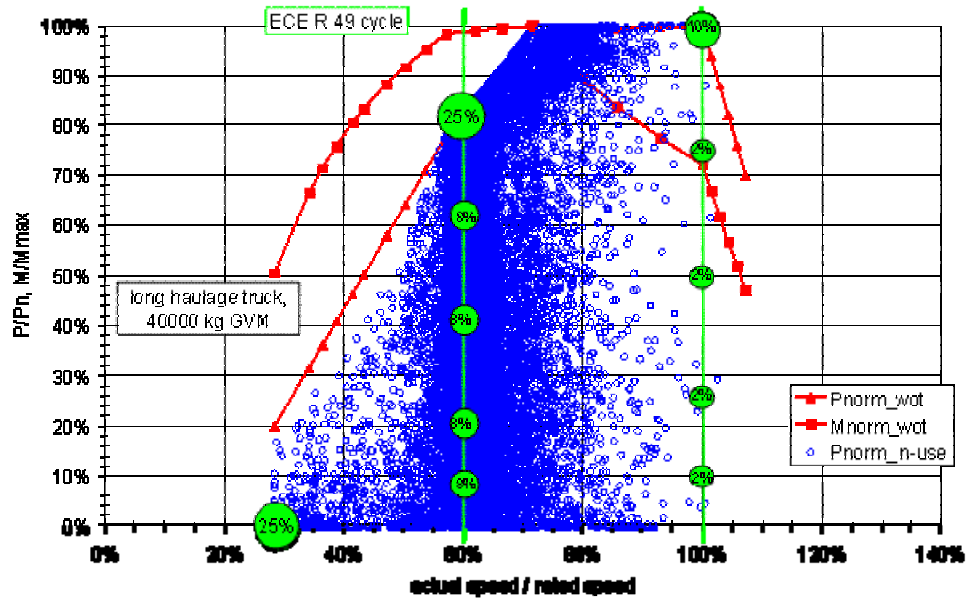


Figure 26 : Véhicule articulé, PTC 40 000 kg - Points de régime et de charge en conditions réelles, comparés aux points correspondants du cycle ESC

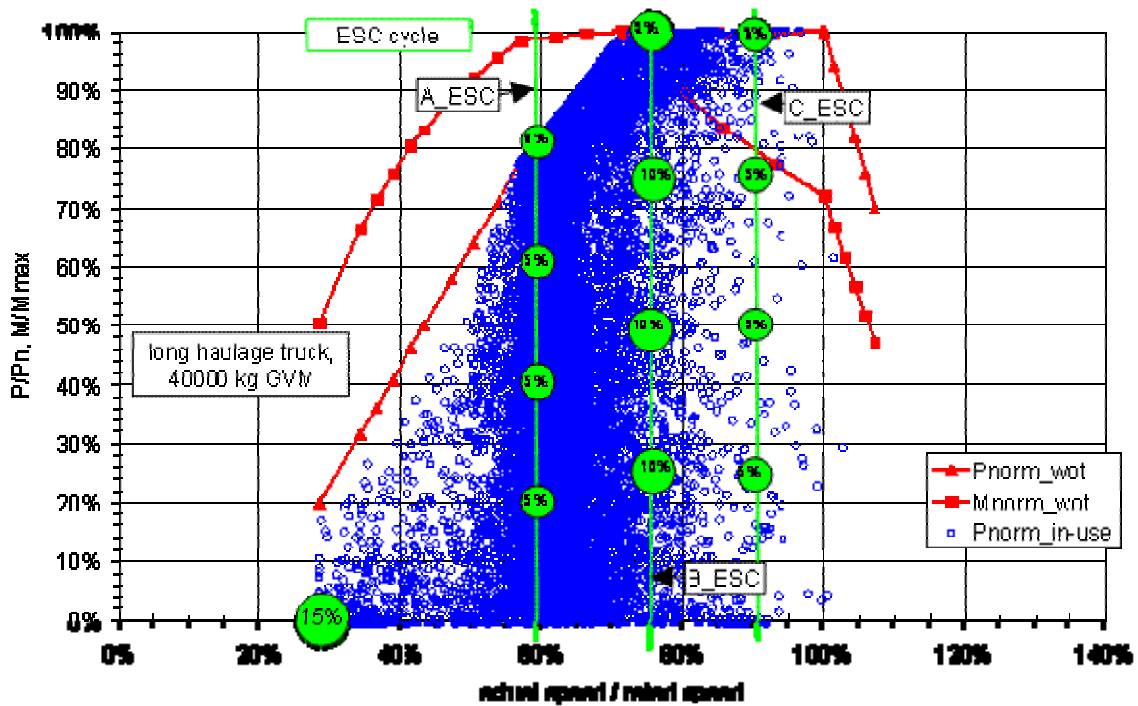


Figure 27 : Véhicule articulé, PTC 40 000 kg et n_{hi} modifié - Points de régime et de charge en conditions réelles, comparés aux points correspondants du cycle ESC

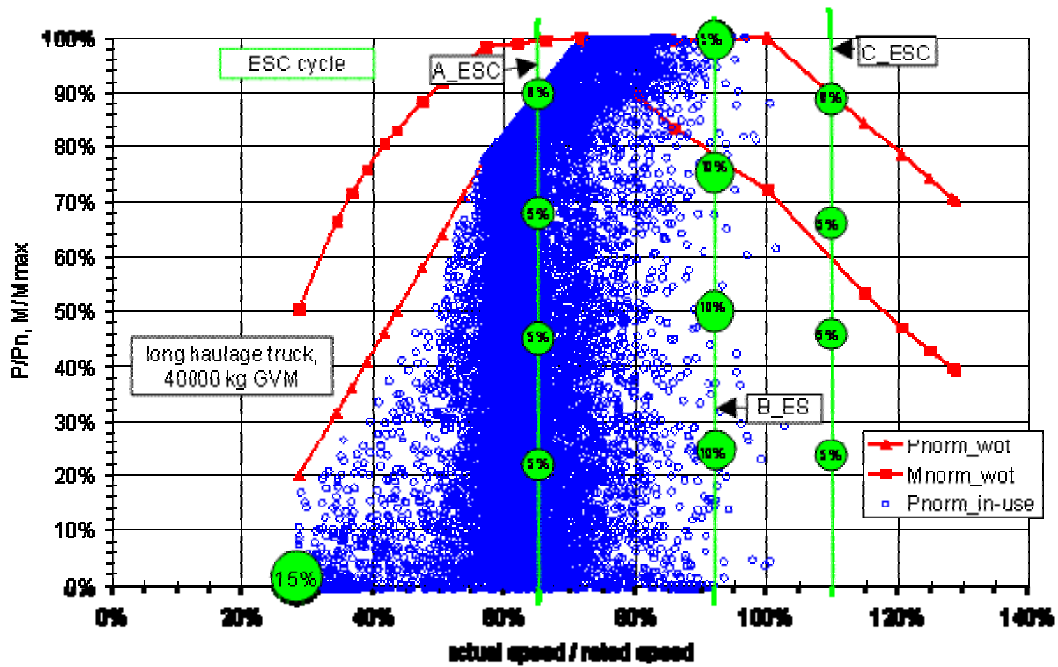


Figure 28 : Véhicule articulé, PTC 40 000 kg - Points de régime et de charge en conditions réelles, comparés aux points correspondants du cycle ETC

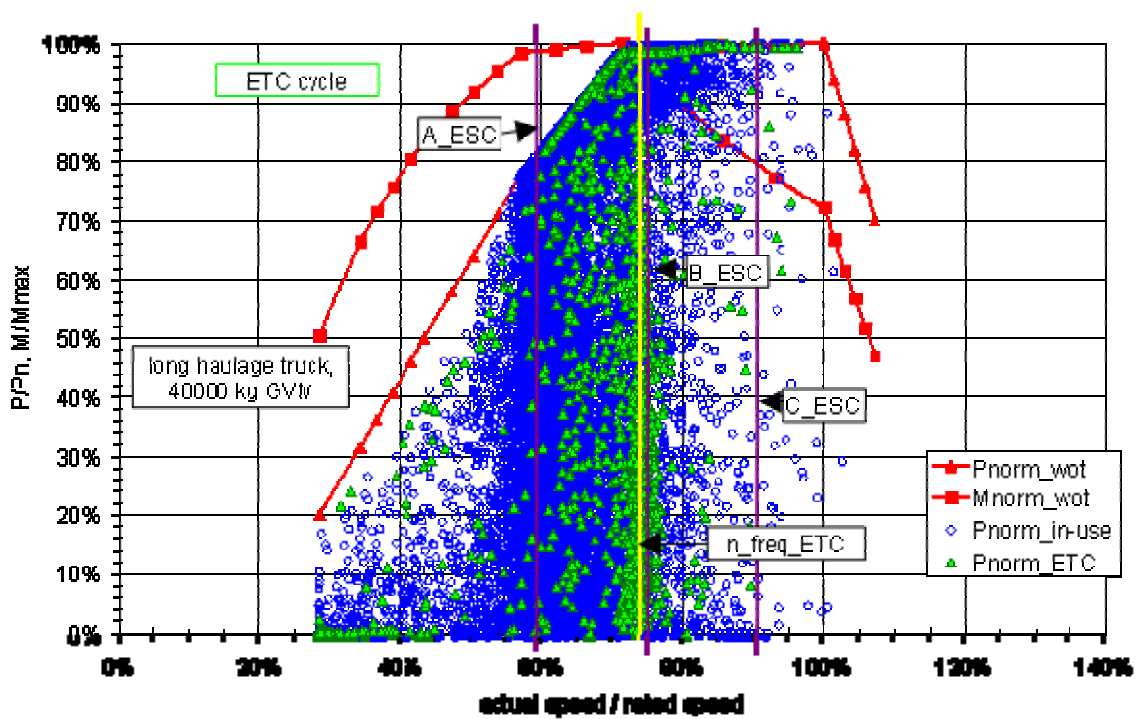
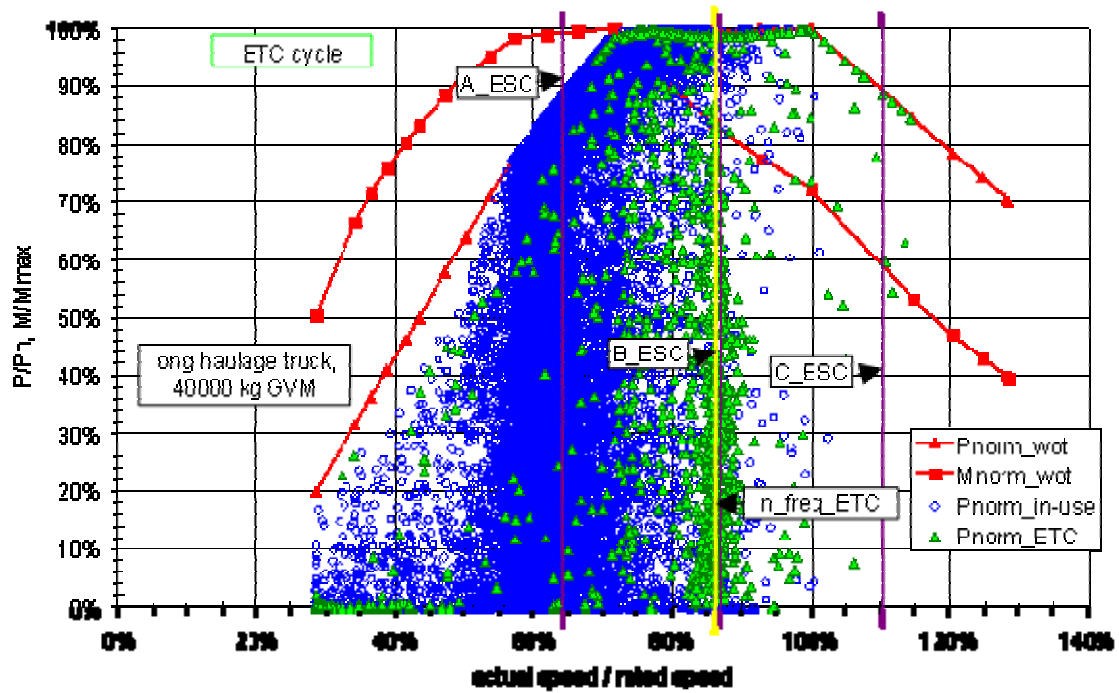


Figure 29 : Véhicule articulé, PTC 40 000 kg et η_{hi} modifié - Points de régime et de charge en conditions réelles, comparés aux points correspondants du cycle ETC



4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

La discussion sur les risques de discordance entre les émissions à l'échappement au cours de la réception par type et les émissions à l'échappement au cours du fonctionnement réel doit s'articuler selon trois thèmes :

- les mesures prises par le constructeur pour contourner le cycle afin de réussir les essais de réception du véhicule tout en obtenant de meilleures performances de consommation de carburant (ou autres), au prix d'une augmentation des émissions lorsque le véhicule est en circulation,
- les systèmes de diagnostic embarqués (OBD),
- le comportement du conducteur.

4.1 Mesures de contournement du cycle d'essais

4.1.1 Voitures particulières et utilitaires légers

Pour ce qui est des voitures particulières et des mesures de contournement du cycle d'essai, l'insuffisance majeure réside dans l'écart entre le New European Driving Cycle (NEDC) et la conduite réelle. Jusqu'à une vitesse de 100 km/h, le NEDC ne couvre que la moitié de la plage des accélérations en conduite réelle, même pour un comportement de conduite moyen. Une grande partie des conditions de fonctionnement réelles n'est donc pas contrôlée. L'introduction des systèmes OBD visait à combler cette insuffisance, mais les définitions et les exigences actuelles laissent au constructeur le choix d'un grand nombre d'options différentes et conduisent à une zone de contrôle trop réduite de sorte que l'écart demeure.

Par conséquent, pour les véhicules EURO 4, il est recommandé de réaliser des essais de conformité en utilisant des cycles de conduite réels en plus du cycle NEDC, ce afin d'évaluer l'importance de l'écart entre les essais et les conditions réels. Le cycle de conduite commun Artemis (CADC, Réf. 8) pourrait être utilisé à cet effet.

A long terme, le NEDC devrait être remplacé par un cycle d'essais plus réaliste, reflétant mieux les conditions de conduite réelles.

Un autre écart entre essais et conditions réelles doit être mentionné : il concerne les utilitaires légers N1, pour lesquels le constructeur peut choisir entre deux options pour la réception par type : il peut appliquer soit la directive 88/77/CE (réception des moteurs de poids lourds par type) soit la directive 70/220/CE (réception par famille des voitures particulières et utilitaires légers). Si le moteur est dérivé d'un moteur de poids lourds, le constructeur peut choisir la directive 88/77/CE relative à l'homologation des moteurs ; s'il

est dérivé d'un moteur de voiture particulière, il peut choisir la directive 70/220/CE. Dans le premier cas, la procédure appliquée est celle relative aux poids lourds et les valeurs limites sont exprimées en g/kWh ; dans le second, les valeurs limites sont en g/km.

Les émissions à l'échappement de cinq utilitaires légers ont été mesurées sur un banc à rouleaux en utilisant les cycles NEDC et CADC (Réf. 9). Pour le cycle NEDC, les émissions des trois véhicules dont les moteurs avaient été homologués en référence à la directive 99/98/CE étaient significativement supérieures aux émissions des deux véhicules homologués en référence à la directive 70/220/CEE. Le cycle CADC comprend trois parties : urbain, rural et autoroute. Il est intéressant de constater que les différences entre les deux groupes étaient inférieures à ce qu'elles étaient pour la partie autoroute du cycle NEDC et qu'elles étaient maximales pour la partie urbaine du cycle CADC.

Par conséquent, seule l'homologation en référence à la directive 70/220/CEE est recommandée pour les utilitaires légers.

4.1.2 Poids lourds

S'agissant des poids lourds, le principal écart entre essais et conditions réelles, eu égard au contournement du cycle d'essais correspondant, tient, comme on l'a déjà mentionné, au fait que l'on peut concevoir le groupe motopropulseur d'un véhicule de façon que la gamme des régimes les plus fréquents en exploitation se situe entre les régimes A et B de l'essai ESC, voire au-dessous de A (cf section 3.2). Pour la norme EURO 3, ceci a donné au constructeur la possibilité d'optimiser les émissions de NOx pour le cycle d'essais tout en optimisant la consommation de carburant pour les conditions de conduite réelles. Or il est bien connu que les émissions de particules à faible régime et charge élevée peuvent excéder de manière significative les valeurs limites. Si le fonctionnement dans les conditions réelles se concentre sur la gamme des régimes inférieure à A, les limitations seront sans aucun effet.

En outre, les résultats présentés au section 3.2 montrent par ailleurs clairement la nécessité d'étendre la zone de contrôle jusqu'à n_{10} .

La faiblesse des cycles ESC et ETC vis-à-vis du décalage de la gamme de régimes peut être corrigée en remplaçant ces cycles par les cycles WHSC (**Worldwide Heavy Duty Diesel Engine Stationary Test Cycle**) et WHTC (**Worldwide Heavy Duty Diesel Engine Transient Test Cycle**) développés sous l'égide du sous-groupe sur la procédure d'homologation mondiale des véhicules utilitaires lourds (WHDC) du GRPE (Réf. 5). Le principe de ces cycles est analogue à celui des cycles ESC/ETC mais la procédure de dénormalisation est beaucoup plus robuste vis-à-vis du décalage des gammes de régimes.

Les profils de régimes des cycles WHTC et WHSC utilisent des valeurs normalisées. La procédure de normalisation fait intervenir trois régimes caractéristiques, tous liés à la courbe de pleine charge du moteur. Pour plus de détails, on se reportera à l'annexe B. Cette procédure est beaucoup plus robuste vis-à-vis des mesures de contournement que le cycle ETC.

Les différences entre les cycles ETC et WHTC sont représentées sur les Figures 30 à 33 pour le véhicule articulé pour transport à longue distance. La robustesse du cycle WHTC est clairement visible.

En ce qui concerne les systèmes de post-traitement, des mesures de contournement sont concevables pour les systèmes SCR. Le conducteur pourrait optimiser le système SCR pour le cycle d'essai tout en autorisant des émissions de NOx hors cycle élevées afin d'économiser de l'additif AdBlue. L'écart correspondant entre essais et réalité disparaîtra si la surveillance des émissions de NOx et le système OBD fonctionnent correctement et couvrent les régimes compris entre n_{lo} et n_{hi} et les charges comprises entre 10% et 100%, définissant une zone de non-dépassement. Avec les propositions d'amendement actuelles de la directive, ceci n'est pas encore garanti.

Il convient par ailleurs de réduire significativement les seuils des émissions de NOx du système OBD.

Pour ce qui est des filtres à particules, il convient de s'assurer que leur efficacité dans l'ensemble de la zone de non-dépassement est la même que pour les essais de réception par type.

Pour l'EGR, les mesures de contournement des cycles d'essai devraient être rares car il n'y a pratiquement aucun avantage à arrêter le recyclage ou à le court-circuiter. La situation pourrait être différente pour les voitures particulières.

Figure 30 : Véhicule articulé, PTC 40 000 kg et n_{hi} faible - Points de régime et de charge en conditions réelles, comparés aux points correspondants des cycles ETC et WHTC

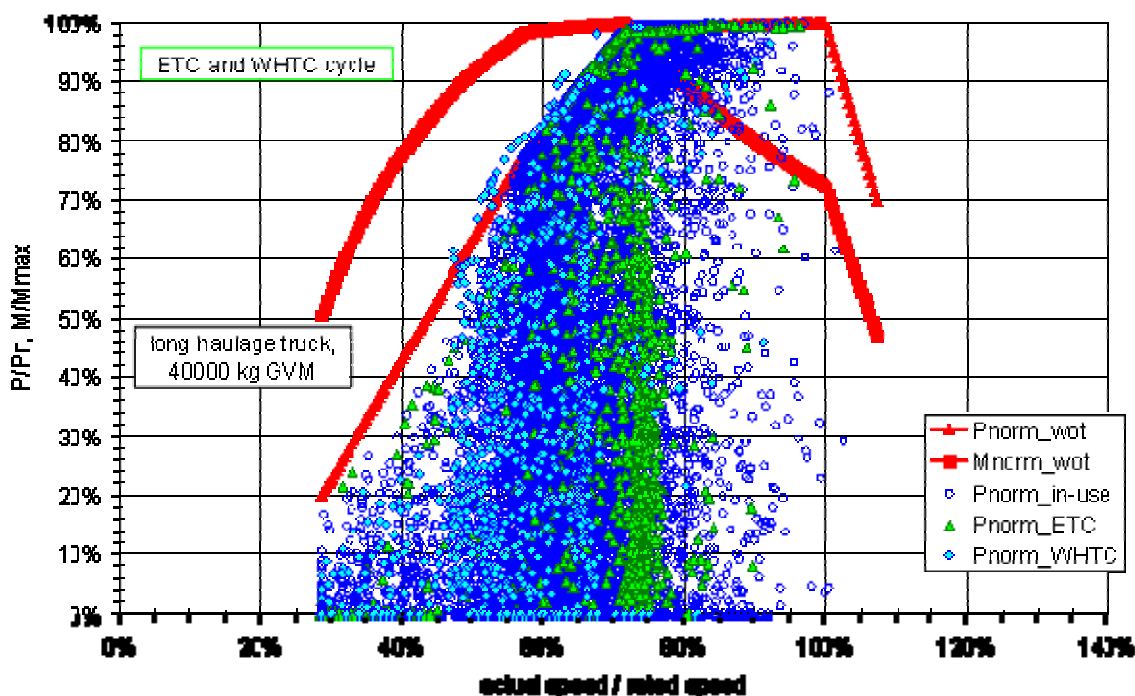


Figure 31 : Véhicule articulé, PTC 40 000 kg et η_{hi} élevé - Points de régime et de charge en conditions réelles, comparés aux points correspondants des cycles ETC et WHTC

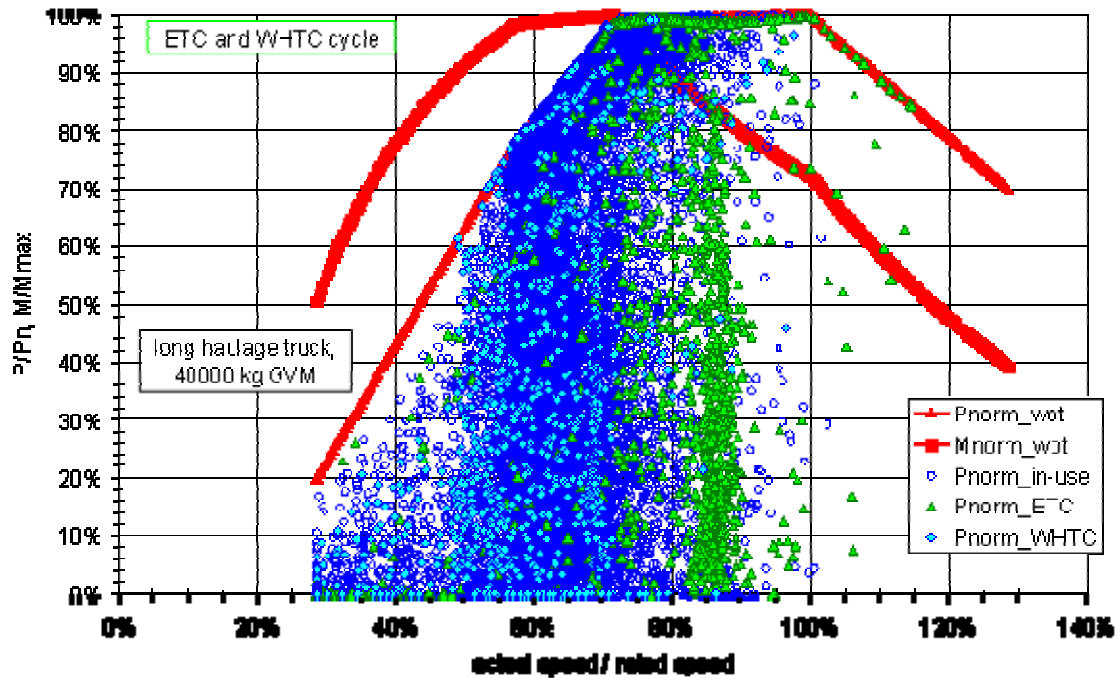


Figure 32 : Véhicule articulé, PTC 40 000 kg, η_{hi} faible et η_{hi} élevé - Points de régime et de charge en conditions réelles, comparés aux points correspondants du ETC

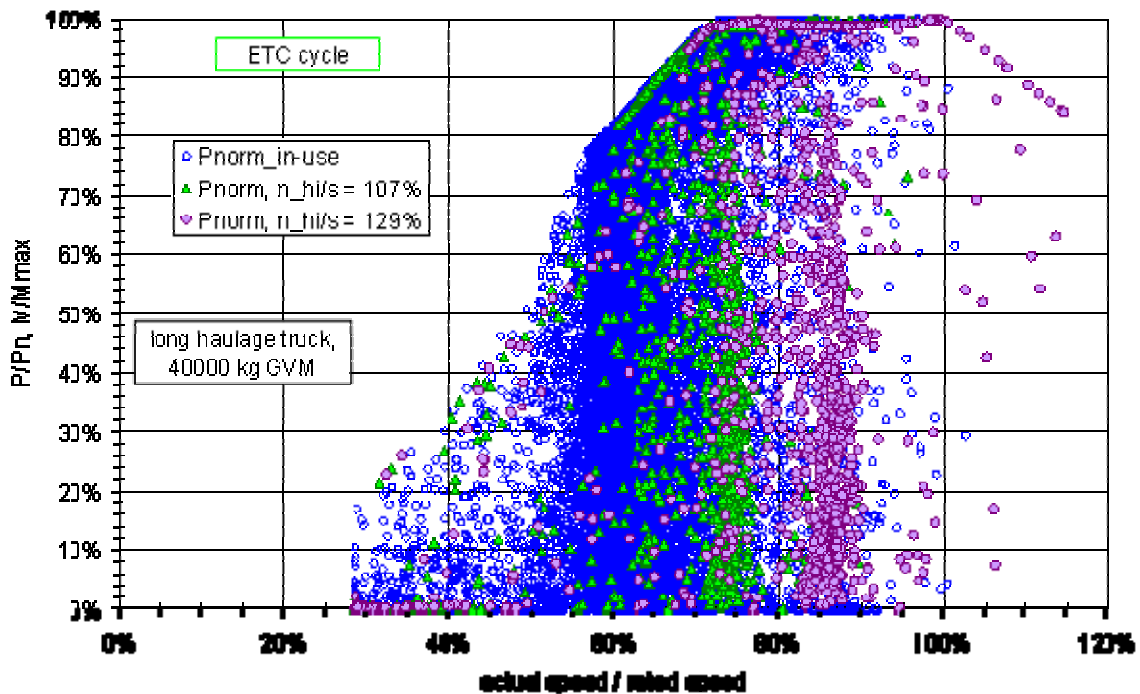
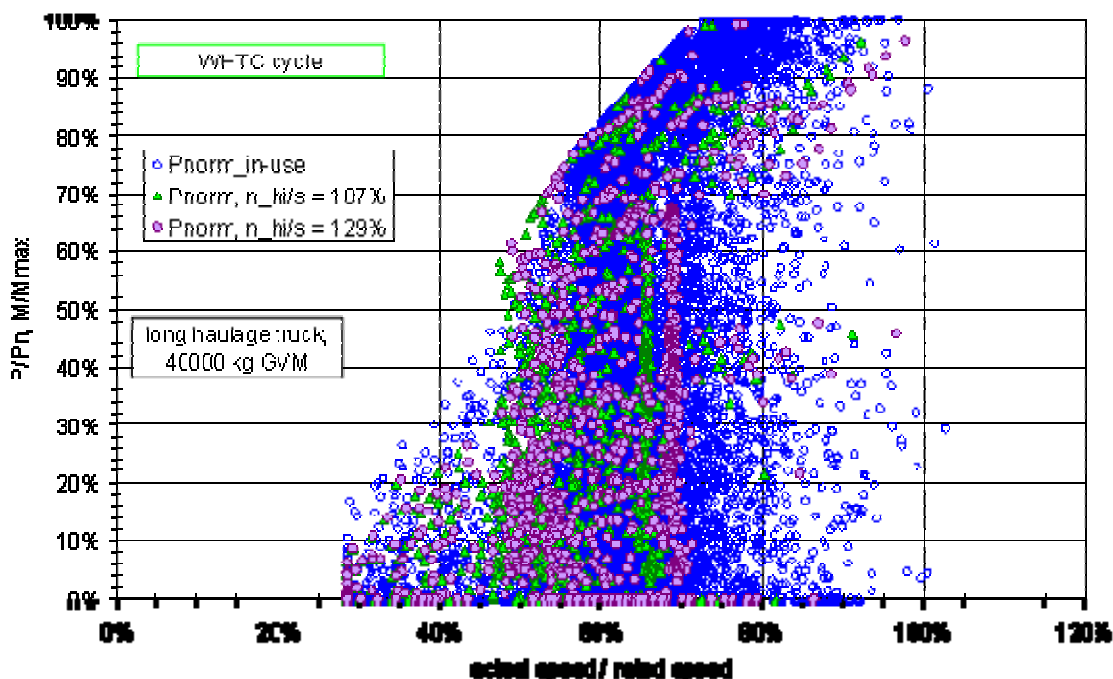


Figure 33 : Véhicule articulé, PTC 40 000 kg, n_{hi} faible et n_{hi} élevé - Points de régime et de charge en conditions réelles, comparés aux points correspondants du cycle WHTC



4.2 Écarts induits par le système OBD

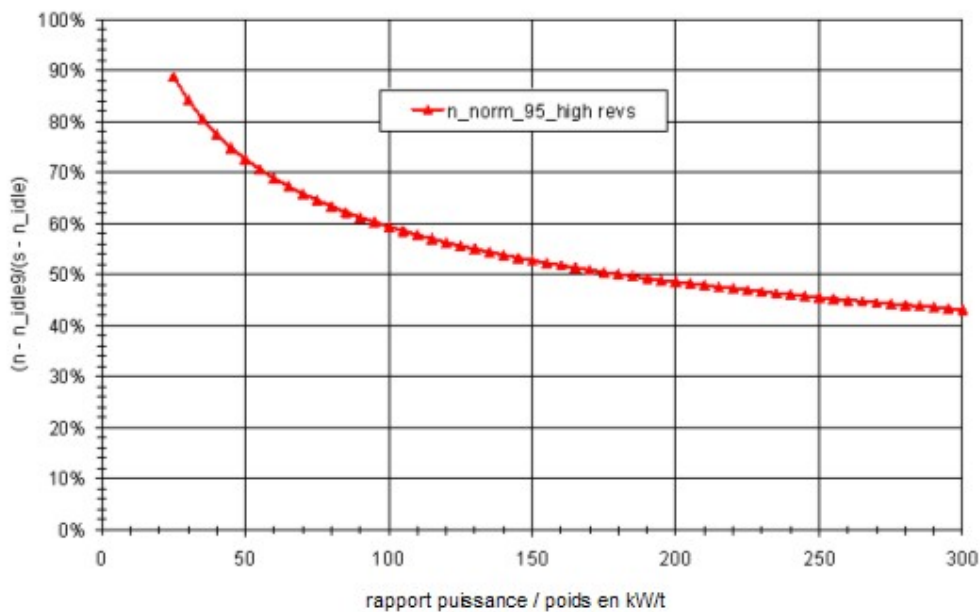
4.2.1 Voitures particulières et utilitaires légers

Comme nous l'avons déjà mentionné, les définitions et les exigences actuelles du système OBD pour les voitures particulières et les utilitaires laissent au constructeur le choix d'un grand nombre d'options différentes et conduisent à une zone de contrôle trop réduite. Combiné à des seuils très élevés, ce système garantit uniquement le non-dépassement des valeurs d'émission de la norme EURO 1 en conduite réelle, sous réserve que l'indicateur de dysfonctionnement fonctionne correctement.

Il est clair que le système OBD constitue un pas dans la bonne direction, mais il doit être amélioré afin de devenir un outil véritablement puissant. Le système devrait couvrir une part plus importante de la cartographie du moteur et avoir des seuils plus sévères que ceux requis par la directive 70/220/CEE. Ses performances devraient être évaluées par des mesures de conformité en conditions réelles.

La zone de contrôle de l'OBD devrait être basée sur une analyse de la conduite dans les conditions réelles (Figure 34).

Figure 34 : Proposition de limite supérieure de la zone de contrôle OBD



4.2.2 Poids lourds

Les amendements actuellement en discussion concernant la surveillance des émissions de NOx et les systèmes OBD exigent des capteurs de NOx précis, des pièges à particules à haute performance (si des pièges à particules sont utilisés) et des algorithmes de calcul très sophistiqués. Il convient d'assurer que tout le système fonctionne correctement pour l'ensemble de la zone de non-dépassement proposée ci-dessus. Ce ne sera pas le cas si le fonctionnement du système OBD n'est vérifié qu'à l'aide du cycle ESC. Le cycle ETC semble lui aussi insuffisant.

4.3 Écarts liés au comportement du conducteur

4.3.1 Voitures particulières et utilitaires légers

Pour les voitures particulières et les utilitaires légers, la variabilité des conditions de fonctionnement due aux différences de conduite entre individus se situe quelque part entre celle pour les motos (variations maximales) et celle pour les poids lourds (variations minimales). On peut clairement affirmer aujourd'hui qu'une conduite agressive entraîne une augmentation des émissions à l'échappement parce qu'elle entraîne des conditions de fonctionnement très différentes de celles couvertes par le cycle NEDC.

Un autre point doit être pris en considération, dont on ne peut encore prévoir l'importance qu'il aura : comment le conducteur traitera-t-il l'indicateur de dysfonctionnement de l'OBD et les indications de celui-ci ? Assurera-t-il une maintenance correcte de l'ensemble des pièces du système anti-pollution tout au long de la vie du véhicule ? On a indiqué par exemple que des conducteurs avaient déconnecté le système EGR parce qu'ils trouvaient que cela améliorait la reprise. Un tel

comportement ne peut être évité que si les dysfonctionnements sont enregistrés de manière sûre et qu'ils sont accessibles pour des contrôles de conformité en exploitation.

4.3.2 Poids lourds

Les écarts entre essais et réalités qui sont imputables au comportement des conducteurs de poids lourds peuvent se limiter à l'utilisation de systèmes de réduction catalytique sélective (SCR). Il pourrait y avoir un risque que le conducteur ignore les avertissements de manque de réactif (AdBlue) et/ou que le propriétaire ne procède pas à l'entretien nécessaire des pièces de la ligne antipollution. Une mesure déjà prévue pour empêcher un tel comportement est la limitation du couple moteur. Cette mesure est certainement adaptée mais on doit s'assurer que la surveillance des émissions et le système OBD ne peuvent être contournés. Au stade actuel des discussions, il est difficile d'évaluer si les mesures anti-fraude proposées seront véritablement efficaces.

REFERENCES

1. AECC, Association for Emissions Control by Catalyst

Response by AECC to European Commission Call for Evidence on the technology potential of achieving the 2.0 g/kWh limit for oxides of nitrogen (NOx) due for application from 2008, as laid down in Directive 1999/96/EC, August 2002.
2. AECC, Association for Emissions Control by Catalyst

SELECTIVE CATALYTIC REDUCTION FOR HEAVY DUTY VEHICLES TO MEET Euro 4 AND 5 EMISSION LEGISLATION, June 2004.
3. AECC, Association for Emissions Control by Catalyst

Response by AECC to European Commission Consultation on the need to reduce the Sulphur Content of Petrol & Diesel Fuels below 50 parts per million, June 2000.
4. Heinz Steven, Influence of the Transient Operating Mode of Commercial Vehicles and its Consideration in Emission Measurement According to ECE R 49, by order of the German environmental agency, January 1994
5. Heinz Steven, Development of a Worldwide Harmonised Heavy-duty Engine Emissions Test Cycle, Final Report, April 2001
6. Helmut Eichlseder, Andreas Wimmer, Future perspectives of the IC engine, 14th international conference "Transport and air pollution", Graz, 2005
7. Heinz Steven, Investigations on Improving the Method of Noise Measurement for Powered Vehicles, R&D project 105 06 068, by order of the German Federal Environmental Agency, August 1999
8. CADAC, common Artemis driving cycle, developed within the frame of the EU 5th framework project "ARTEMIS", "Assessment and Reliability of Transport Emission Models and Inventory Systems", to be finalised till the end of 2005
9. Heinz Steven, In-use compliance exhaust emission measurements for light duty vehicles, Fe-Nr 20609314, by order of the Ministry for the Environment of the state of Northrhine Westphalia (Germany), December 2003

ANNEXE A : DESCRIPTION DETAILLEE DES EXIGENCES RELATIVES AUX SYSTEMES DE DIAGNOSTIC EMBARQUE (OBD)

Les prescriptions de surveillance relatives au système OBD, telles qu'elles sont indiquées ci-après, concernent les véhicules équipés de moteur à allumage commandé (cf directive 70/220/CEE et amendements) :

Le système OBD doit au minimum surveiller :

- la réduction de l'efficacité du convertisseur catalytique en ce qui concerne les émissions de HC uniquement ; chaque catalyseur ou combinaison de catalyseurs surveillé doit être considéré comme atteint d'un dysfonctionnement lorsque les émissions dépassent le seuil HC du Tableau 5
- l'existence de ratés d'allumage du moteur lorsque celui-ci fonctionne à un régime limité par les courbes suivantes :
 - (a) régime maximal de 4 500 min⁻¹ ou régime supérieur de 1000 min⁻¹ au régime maximal atteint lors d'un cycle d'essai du type I, si cette valeur est la plus basse
 - (b) la courbe de couple positive (c'est-à-dire la charge du moteur à vide)
 - (c) la droite joignant les points de fonctionnement du moteur suivants : la courbe de couple positive à 3 000 min⁻¹ et un point sur la courbe de régime maximal définie au point (a) ci-dessus, la dépression à l'admission étant inférieure de 13,33 kPa à celle qui existe au niveau de la courbe de couple positive.

Les constructeurs peuvent, dans des conditions spécifiques de régime et de charge du moteur pour lesquelles il peut être démontré que la détection de niveaux inférieurs de ratés d'allumage ne serait pas fiable, adopter comme critère de dysfonctionnement un pourcentage de ratés d'allumage plus élevé que celui déclaré à l'autorité chargée de la réception par type.

Lorsqu'un constructeur peut démontrer à l'autorité que la détection de pourcentages plus élevés de ratés d'allumage n'est toujours pas réalisable, ou que les ratés d'allumage ne peuvent être distingués d'autres effets (profil de chaussée irrégulier, changements de vitesse, au démarrage du moteur etc), il peut prévoir la désactivation du système de surveillance des ratés d'allumage lorsque de telles conditions sont réunies :

- la détérioration des sondes à oxygène ;
- s'ils sont activés pour le carburant sélectionné, les autres composants ou systèmes antipollution ou les composants ou systèmes du groupe motopulseur relatifs aux émissions, lorsque ceux-ci sont connectés à un

ordinateur et que leur défaillance peut entraîner des émissions à l'échappement dépassant les limites du Tableau 5 ;

- à moins qu'ils ne fassent l'objet d'une surveillance par ailleurs, tous les autres composants du groupe motopropulseur relatifs aux émissions lorsque ceux-ci sont connectés à un ordinateur, y compris tout capteur permettant les fonctions de surveillance ; ils doivent faire l'objet d'une surveillance de la continuité du circuit ;
- le système électronique de contrôle de purge des émissions par évaporation, qui doit au minimum faire l'objet d'une surveillance de la continuité du circuit.

Pour les véhicules équipés de moteurs à allumage par compression, le système OBD doit surveiller :

- la baisse d'efficacité du convertisseur catalytique lorsque le véhicule est équipé d'un convertisseur ;
- le fonctionnement et l'intégrité du piège à particules lorsque le véhicule est équipé d'un piège à particules ;
- les actionneurs électroniques réglant la quantité de carburant et l'avance du système d'injection, qui doivent faire l'objet d'une surveillance de la continuité du circuit et des défaillances de fonctionnement totales ;
- les autres composants ou systèmes antipollution ou les composants ou systèmes du groupe motopropulseur relatifs aux émissions lorsque ceux-ci sont connectés à un ordinateur et que leur défaillance peut entraîner des émissions à l'échappement dépassant les limites du Tableau 5. Il s'agit, par exemple, des composants ou systèmes chargés de surveiller et de contrôler le débit massique d'air, le débit volumique d'air (et la température), la pression de suralimentation et la pression dans la tubulure d'admission (ainsi que les capteurs qui permettent l'exécution de ces contrôles) ;
- à moins qu'ils ne fassent l'objet d'une surveillance par ailleurs, tous les autres composants du groupe motopropulseur relatifs aux émissions qui sont connectés à un ordinateur doivent faire l'objet d'une surveillance de la continuité du circuit.

Les constructeurs peuvent démontrer à l'autorité chargée de la réception que certains composants ou systèmes n'ont pas à être soumis à une surveillance dès lors que les émissions ne dépassent pas les limites du Tableau 5 lorsque ces composants ou systèmes subissent une défaillance totale ou sont retirés.

Une séquence de diagnostics doit être amorcée à chaque démarrage du moteur et être menée à terme au moins une fois sous réserve que les conditions d'essais adéquates soient réunies. Les conditions d'essai doivent être choisies de façon à correspondre aux conditions de conduite normale **telles que représentées par l'essai du type I.**

Le système OBD doit intégrer un indicateur de dysfonctionnement (MI) facilement repérable par le conducteur du véhicule. Le MI ne doit être utilisé à aucune autre fin que la signalisation au conducteur de procédures de démarrage d'urgence ou de mode dégradé. Il doit être visible dans toutes les conditions d'éclairage raisonnables.

Pour les stratégies requérant plus de deux cycles de préconditionnement avant activation de l'indicateur, le constructeur doit fournir des données et/ou une évaluation technique démontrant de manière adéquate que le système de surveillance détecte tout aussi efficacement et précocement la détérioration des composants. Les stratégies requérant en moyenne plus de 10 cycles de conduite avant activation de l'indicateur ne sont pas admises. Le MI doit également se déclencher à chaque passage en mode de défaut permanent (pour les émissions) lorsque les limites d'émission du Tableau 5 sont dépassées ou que le système OBD est incapable de satisfaire les exigences de surveillance de base précisées dans la directive 70/220/CEE.

Pendant les périodes où des ratés d'allumage se produisent à un niveau susceptible d'endommager le catalyseur (selon les spécifications du constructeur), le MI doit fonctionner dans un mode de signalisation particulier, par exemple clignotement. Le MI doit également se déclencher lorsque la clé de contact du véhicule est en position « marche » avant le démarrage du moteur et il doit se désactiver après le démarrage du moteur si aucun dysfonctionnement n'a été détecté.

Le système OBD doit enregistrer le(s) code(s) d'erreur indiquant l'état du système antipollution. Des codes d'état différents doivent être utilisés pour identifier les systèmes fonctionnant correctement et ceux pour l'évaluation complète desquels il est nécessaire que le véhicule continue de rouler. Un code d'erreur doit être stocké et permettre d'identifier le type de dysfonctionnement lorsque l'indicateur est activé à cause d'une détérioration, d'un dysfonctionnement ou du passage en mode de défaut permanent (pour les émissions). Un code d'erreur doit également être stocké lorsque la continuité du circuit d'un composant quelconque du groupe motopropulseur relatif aux émissions et connecté à un calculateur - y compris les capteurs qui permettent l'exécution de ces fonctions de surveillance -, n'est pas assurée.

La distance parcourue par le véhicule depuis l'activation du MI doit être disponible à tout moment, par le port sériel, sur la connexion standard (2).

Dans le cas de véhicules équipés de moteur à allumage commandé, il n'est pas nécessaire que les cylindres où se produisent les ratés d'allumage soient identifiés de manière univoque si un code d'erreur distinct est enregistré pour le raté d'allumage simple et pour le raté d'allumage multiple.

Dans le cas où les ratés d'allumage ont atteint un niveau tel qu'ils risquent d'endommager le catalyseur (selon les spécifications du constructeur), le MI peut être remis dans l'état d'activation antérieur pendant le premier cycle de conduite pour lequel ce niveau est détecté et revenir au mode normal sur les cycles de conduite suivants dès lors que les ratés ont cessé ou que les conditions de régime et de charge du moteur ont été modifiées et ramenées à un niveau où les ratés ne risquent plus d'endommager le

catalyseur. Si l'indicateur revient à l'état d'activation antérieur, les codes d'erreur correspondants et les informations figées (trame fixe) peuvent être effacés.

Pour tous les autres types de dysfonctionnements, le MI peut se désactiver après trois cycles de conduite consécutifs pendant lesquels le système de surveillance responsable de l'activation du MI ne détecte plus le dysfonctionnement en cause et si, parallèlement, aucun autre dysfonctionnement susceptible d'activer l'indicateur n'a été détecté.

Le système OBD peut supprimer un code d'erreur, la distance parcourue et les informations figées (trame fixe) correspondantes dès lors que la même défaillance n'est plus réenregistrée pendant au moins 40 cycles d'échauffement du moteur.

Désactivation temporaire du système OBD :

Un constructeur peut prévoir la désactivation du système OBD si la capacité de surveillance de celui-ci est affectée par une baisse du niveau de carburant. La désactivation ne doit pas avoir lieu tant que le niveau de remplissage du réservoir de carburant est supérieur à 20 % de la capacité nominale de celui-ci.

Un constructeur peut prévoir la désactivation du système OBD lors d'un démarrage du moteur à une température ambiante inférieure à -7 °C ou à une altitude supérieure à 2 500 m au-dessus du niveau de la mer, s'il fournit des données et/ou une évaluation technique démontrant de manière satisfaisante que la surveillance ne serait pas fiable dans de telles conditions.

Un constructeur peut également demander la désactivation du système OBD pour d'autres températures ambiantes de démarrage du moteur s'il démontre à l'autorité, en présentant des données ou une évaluation technique, que le système produirait un diagnostic erroné dans de telles conditions.

En ce qui concerne les véhicules conçus pour être équipés d'unités de prise de mouvement, la désactivation des systèmes de surveillance sur lesquels ces unités ont une influence est admise sous réserve qu'elle n'intervienne que lorsque l'unité est active.

Le fonctionnement du système OBD est testé au cours de la réception par type, avec les essais du type I (cycle NEDC). Le véhicule doit être préconditionné en subissant au moins deux cycles NEDC consécutifs. Pour les véhicules équipés d'un moteur à allumage par compression, un préconditionnement supplémentaire, consistant en deux cycles extra urbains supplémentaires est admis.

Les modes de défaillance qui doivent être testés pendant la réception par type des véhicules à moteur à allumage commandé sont les suivants :

- remplacement du catalyseur par un catalyseur détérioré ou défectueux, ou simulation électronique d'une telle défaillance,

- conditions de ratés d'allumage du moteur correspondant aux conditions de surveillance des ratés décrites ci-dessus,
- remplacement de la sonde à oxygène par une sonde détériorée ou défectueuse, ou simulation électronique d'une telle défaillance,
- déconnexion électrique de tout autre composant de la ligne antipollution qui est connecté à un ordinateur de gestion du groupe motopropulseur (s'il est activé pour le type de carburant sélectionné),
- déconnexion électrique de l'électrovanne de purge canister (si le véhicule en est équipé et s'il est activé pour le type de carburant sélectionné). Il n'est pas nécessaire d'effectuer l'essai du type I pour ce mode de défaillance particulier.

Les modes de défaillance qui doivent être testés pendant la réception par type des véhicules à moteur à allumage par compression sont les suivants :

- remplacement du catalyseur par un catalyseur détérioré ou défectueux lorsque le véhicule en est équipé, ou simulation électronique d'une telle défaillance,
- suppression totale du piège à particules lorsque le véhicule en est équipé, ou, lorsque les capteurs font partie intégrante de celui-ci, défaut de montage du piège à particules,
- déconnexion électrique de tout actionneur de réglage du débit de carburant et de l'avance du système d'alimentation,
- déconnexion électrique de tout autre composant de la ligne antipollution qui est connecté à un ordinateur de gestion du groupe motopropulseur.

Le MI doit se déclencher avant la fin du test.

Lorsque le premier dysfonctionnement d'un composant ou d'un système est détecté, une trame fixe de l'état du moteur à cet instant doit être enregistrée dans la mémoire de l'ordinateur. Si un nouveau dysfonctionnement survient au niveau du système d'alimentation du carburant ou sous forme de ratés d'allumage, les trames fixes enregistrées précédemment doivent être remplacées par des données sur l'état du système d'alimentation ou sur les ratés d'alimentation (suivant le type d'incident qui survient en premier). Les données enregistrées doivent comprendre - la liste n'est pas exhaustive - : la valeur de charge calculée, le régime du moteur, la (les) valeur(s) de correction de richesse (le cas échéant), la pression du carburant (le cas échéant), la vitesse du véhicule (le cas échéant), la température du liquide de refroidissement, la pression dans la tubulure d'admission (le cas échéant), le fonctionnement en boucle ouverte ou fermée (le cas échéant) et le code d'erreur qui a provoqué l'enregistrement des données. Le constructeur doit choisir la trame fixe à enregistrer qui sera la plus appropriée en vue de faciliter la réparation. Une seule trame fixe est requise. Les constructeurs peuvent choisir d'enregistrer des trames supplémentaires sous réserve de pouvoir lire la trame requise à l'aide d'un outil de lecture générique.

S'ils existent, les signaux supplémentaires suivants doivent, en plus de la trame fixe obligatoire, être disponibles à la demande sur le connecteur standard, par l'intermédiaire du port sériel, à condition que ces informations soient disponibles sur l'ordinateur de bord ou qu'elles puissent être déterminées d'après les informations disponibles sur celui-ci :

- codes d'anomalie de diagnostic,
- température du liquide de refroidissement,
- état de la boucle de contrôle de richesse (boucle fermée, boucle ouverte, autre),
- correction de richesse,
- avance à l'allumage,
- température de l'air d'admission,
- pression d'admission,
- débit d'air,
- régime du moteur,
- valeur de sortie du capteur de position du papillon,
- état de l'air secondaire (amont, aval ou pas d'air secondaire),
- valeur de charge calculée,
- vitesse du véhicule,
- pression du carburant.

Les signaux doivent être fournis en unités normalisées. Les signaux réels doivent être clairement identifiés, séparément des signaux de valeurs par défaut ou des signaux de mode dégradé.

ANNEXE B : PROCEDURE DE NORMALISATION DES REGIMES POUR LES CYCLES D'ESSAI WHTC ET WHSC

Les régimes WHTC (n_{norm_ref}) sont normalisés au moyen de l'expression suivante :

$$n = n_{norm_ref} * (0,45 * n_{low} + 0,45 * n_{pref} + 0,1 * n_{high} - n_{idle}) * 2.0327 + n_{idle}$$

- avec :
- n_{low} - plus faible régime pour lequel le moteur fournit 55% de la puissance nominale à pleine charge,
 - n_{high} - régime le plus élevé pour lequel le moteur fournit 70% de la puissance nominale à pleine charge,
 - n_{pref} - régime pour lequel l'intégrale de la courbe du couple, depuis le régime de ralenti jusqu'à n_{pref}, représente 51% de la totalité de l'intégrale entre le régime de ralenti et le régime maximal pour lequel le moteur développe 95% de sa puissance nominale.

Le cycle d'essais WHSC correspondant, en conditions stabilisées, comporte 12 modes répartis selon 6 régimes du moteur (ralenti compris) et jusqu'à 4 taux de charge différents, entre 25 % et 100 % (Tableau 11). Afin de rapprocher le cycle WHSC du cycle WHTC (ce qui n'est pas le cas pour ESC et ETC), on utilise un coefficient de pondération pour le fonctionnement en décélération (« motoring ») ou les émissions sont nul.

La dénormalisation de n_{norm_ref} pour le cycle WHSC utilise la même équation que pour le cycle WHTC.

Tableau 11 : Combinaisons régime / charge pour le cycle WHSC

	charge du moteur					
n_{norm_ref}	motoring	0%	25%	50%	70%	100%
motoring	24%					
0%		17%				
25%			8.0%			
35%			10.0%	8.0%		2.0%
45%			6.0%		3.0%	
55%			10.0%	5.0%	3.0%	2.0%
75%						2.0%

GLOSSAIRE

ACEA	Association des Constructeurs Européens d'Automobiles
CADC	Common Artemis Driving Cycle (cycle de conduite commun Artemis)
ECE R 49	Cycle stationnaire à 13 modes prescrit par la réglementation CEE-ONU
EEV	Enhanced Environmentally Friendly Vehicle (véhicule plus respectueux de l'environnement)
RGE	Exhaust gas recirculation (recyclage des gaz d'échappement)
ELR	Essai de prises en charges dynamiques utilisé pour déterminer l'opacité des fumées lors de l'homologation des moteurs diesel de PL vis-à-vis des émissions
CEE	Commission économique pour l'Europe (Nations Unies)
ESC	European Steady State Cycle, cycle utilisé pour l'homologation des moteurs diesel de poids lourds et d'autobus vis-à-vis des émissions
ETC	Nouveau cycle en conditions transitoires utilisé, avec le cycle ESC, pour l'homologation des moteurs de poids lourds et d'autobus vis-à-vis des émissions
GRPE	Groupe de rapporteurs sur la pollution et l'énergie de la Commission économique pour l'Europe des Nations Unies
PTC	Poids total en charge
PL	Poids lourd
MI	Malfunction Indicator (indicateur de dysfonctionnement)
Véhicules N1	Véhicules utilitaires légers
NEDC	New European Driving Cycle (nouveau cycle urbain européen), utilisé pour les essais de voitures particulières
NOx	Oxydes d'azote
OBD	On-Board Diagnostic System (système de diagnostic embarqué)
SCR	Selective Catalytic Reduction (réduction catalytique sélective)
WHDC	Worldwide Heavy Duty Diesel Engine Certification Procedure (groupe de travail sur la procédure d'homologation mondiale des véhicules utilitaires lourds)
WHSC	Worldwide Heavy Duty Diesel Engine Stationary Test Cycle (cycle d'essais harmonisé au niveau mondial des moteurs diesel de poids lourds en conditions stabilisées)
WHTC	Worldwide Heavy Duty Diesel Engine Transient Test Cycle (cycle d'essais harmonisé au niveau mondial des moteurs diesel de poids lourds en conditions transitoires)
WMTC	Worldwide harmonised Motorcycle Test Cycle (cycle mondial d'essais pour le contrôle des motocycles)