

## II

(Actes non législatifs)

## RÈGLEMENTS

## RÈGLEMENT (UE) 2016/646 DE LA COMMISSION

du 20 avril 2016

**portant modification du règlement (CE) n° 692/2008 en ce qui concerne les émissions des véhicules particuliers et utilitaires légers (Euro 6)**

(Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE)

LA COMMISSION EUROPÉENNE,

vu le traité sur le fonctionnement de l'Union européenne,

vu le règlement (CE) n° 715/2007 du Parlement européen et du Conseil du 20 juin 2007 relatif à la réception des véhicules à moteur au regard des émissions des véhicules particuliers et utilitaires légers (Euro 5 et Euro 6) et aux informations sur la réparation et l'entretien des véhicules <sup>(1)</sup>, et notamment son article 5, paragraphe 3,

considérant ce qui suit:

- (1) Le règlement (CE) n° 715/2007 est l'un des actes réglementaires particuliers relevant de la procédure de réception par type prévue par la directive 2007/46/CE du Parlement européen et du Conseil <sup>(2)</sup>.
- (2) Le règlement (CE) n° 715/2007 dispose que les nouveaux véhicules légers doivent respecter certaines valeurs limites d'émissions et impose des exigences supplémentaires en matière d'accès aux informations. Les dispositions techniques spécifiques nécessaires à l'application de ce règlement ont été adoptées par le règlement (CE) n° 692/2008 de la Commission <sup>(3)</sup>.
- (3) La Commission a effectué une analyse détaillée des procédures, essais et exigences pour la réception par type qui sont définis dans le règlement (CE) n° 692/2008 sur la base de ses propres recherches et d'informations externes et a constaté que les émissions générées en conditions de conduite réelles sur route par les véhicules Euro 5/6 dépassaient sensiblement les émissions mesurées sur le nouveau cycle européen de conduite (NEDC) réglementaire, notamment en ce qui concerne les émissions de NO<sub>x</sub> des véhicules diesel.
- (4) Les prescriptions concernant les émissions pour la réception par type des véhicules à moteur ont été progressivement et sensiblement durcies par l'introduction et la révision ultérieure des normes Euro. Si, d'une manière générale, les véhicules ont réalisé d'importantes réductions d'émissions sur l'ensemble de la gamme des polluants réglementés, tel n'est pas le cas pour les émissions de NO<sub>x</sub> des moteurs diesel (en particulier, ceux des véhicules légers). Il est donc nécessaire de prendre des mesures pour corriger cette situation.
- (5) Les «dispositifs d'invalidation», tels que définis à l'article 3, point 10, du règlement (CE) n° 715/2007, qui réduisent le niveau de contrôle des émissions sont interdits. Des événements récents ont mis en lumière la

<sup>(1)</sup> JO L 171 du 29.6.2007, p. 1.

<sup>(2)</sup> Directive 2007/46/CE du Parlement européen et du Conseil du 5 septembre 2007 établissant un cadre pour la réception des véhicules à moteur, de leurs remorques et des systèmes, des composants et des entités techniques destinés à ces véhicules (directive-cadre) (JO L 263 du 9.10.2007, p. 1).

<sup>(3)</sup> Règlement (CE) n° 692/2008 de la Commission du 18 juillet 2008 portant application et modification du règlement (CE) n° 715/2007 du Parlement européen et du Conseil relatif à la réception des véhicules à moteur au regard des émissions des véhicules particuliers et utilitaires légers (Euro 5 et Euro 6) et aux informations sur la réparation et l'entretien des véhicules (JO L 199 du 28.7.2008, p. 1).

nécessité de renforcer les mesures visant à s'assurer du respect de la réglementation à cet égard. Il convient donc de demander une meilleure supervision de la stratégie de maîtrise des émissions appliquée par le constructeur lors de la réception par type, suivant les principes déjà appliqués aux véhicules lourds par le règlement Euro VI (CE) n° 595/2009 et ses mesures d'exécution.

- (6) Régler le problème des émissions de NO<sub>x</sub> des véhicules diesel devrait contribuer à faire baisser les hauts niveaux persistants actuels des concentrations de NO<sub>2</sub> dans l'air ambiant, qui constituent une préoccupation majeure pour la santé humaine.
- (7) En janvier 2011, la Commission a constitué un groupe de travail associant tous les acteurs intéressés afin de développer une procédure d'essai des émissions en conditions de conduite réelles (RDE) reflétant mieux les émissions mesurées sur route. À cette fin, et à l'issue de discussions techniques approfondies, l'option suggérée dans le règlement (CE) n° 715/2007, c'est-à-dire le recours à des systèmes portables de mesure des émissions (PEMS) et à des limites à ne pas dépasser (NTE), a été suivie.
- (8) Comme convenu avec les parties prenantes du processus CARS 2020 <sup>(1)</sup>, les procédures d'essai RDE devraient être introduites en deux phases: au cours d'une première période de transition, les procédures d'essai ne devraient être appliquées qu'à des fins de surveillance, tandis que, par la suite, elles devraient être appliquées avec des prescriptions RDE quantitatives contraignantes pour toutes les nouvelles réceptions par type et tous les nouveaux véhicules.
- (9) Les procédures d'essai RDE ont été introduites par le règlement (UE) 2016/427 de la Commission <sup>(2)</sup>. Il est, à présent, nécessaire d'établir les prescriptions RDE quantitatives afin de limiter les émissions au tuyau d'échappement dans toutes les conditions d'utilisation normales, conformément aux limites d'émissions fixées dans le règlement (CE) n° 715/2007. À cette fin, les incertitudes statistiques et techniques des procédures de mesure devraient être prises en compte.
- (10) Afin de permettre aux constructeurs de s'adapter progressivement aux règles RDE, les prescriptions RDE quantitatives finales devraient être introduites en deux étapes successives. Dans la première étape, qui devrait commencer à s'appliquer 4 ans après les dates d'application obligatoire des normes Euro 6, un facteur de conformité de 2,1 devrait être appliqué. La deuxième étape devrait suivre 1 an et 4 mois après la première et devrait imposer la conformité totale à la valeur limite d'émissions de 80 mg/km pour les NO<sub>x</sub> fixée dans le règlement (CE) n° 715/2007, plus une marge tenant compte des incertitudes de mesure supplémentaires liées à l'application de systèmes portables de mesure des émissions (PEMS).
- (11) S'il est important que toutes les situations de conduite possibles soient potentiellement couvertes par l'essai RDE, il convient d'éviter que les véhicules soumis à l'essai soient conduits d'une manière biaisée, c'est-à-dire avec l'intention de générer un essai positif ou négatif non pas en vertu de la performance technique du véhicule, mais en raison de caractéristiques de conduite extrêmes. C'est pourquoi des conditions limites complémentaires pour l'essai RDE sont introduites afin de répondre à de telles situations.
- (12) En raison de leur nature même, les conditions de conduite rencontrées durant des parcours PEMS individuels peuvent ne pas correspondre entièrement aux «conditions normales d'utilisation d'un véhicule». La sévérité du contrôle des émissions lors de tels parcours peut donc varier. Par conséquent, et afin de tenir compte des incertitudes statistiques et techniques des procédures de mesure, il pourrait être envisagé, à l'avenir, de refléter, dans les limites d'émissions NTE applicables à des parcours PEMS individuels, les caractéristiques de ces parcours, décrites par certains paramètres mesurables, en rapport, par exemple, avec la dynamique de conduite ou la charge. Si ce principe est appliqué, il ne devrait pas conduire à affaiblir l'effet environnemental et l'efficacité des procédures d'essai RDE, ce qui devrait être démontré par une étude scientifique ayant fait l'objet d'un examen par les pairs. De plus, pour évaluer la sévérité du contrôle des émissions durant un parcours PEMS, seuls des paramètres qui peuvent être justifiés par des raisons scientifiques objectives et non pas seulement par des raisons d'étalonnage du moteur ou des dispositifs de maîtrise de la pollution, ou des systèmes de contrôle des émissions, devraient être pris en compte.
- (13) Enfin, la nécessité de contrôler les émissions de NO<sub>x</sub> en conditions urbaines étant reconnue, il est urgent de songer à modifier la pondération relative des éléments de conduite en milieu urbain, de conduite hors agglomérations et de conduite sur autoroute de l'essai RDE afin qu'un faible facteur de conformité puisse être atteint en pratique, en créant, dans le troisième paquet réglementaire RDE, une nouvelle condition limite relative à la dynamique de conduite, au-dessus de laquelle les conditions étendues seraient applicables à partir des dates d'introduction de l'étape 1.

<sup>(1)</sup> Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social européen et au Comité des régions CARS 2020: plan d'action pour une industrie automobile compétitive et durable en Europe [COM(2012) 636 final].

<sup>(2)</sup> Règlement (UE) 2016/427 de la Commission du 10 mars 2016 portant modification du règlement (CE) n° 692/2008 en ce qui concerne les émissions des véhicules particuliers et utilitaires légers (JO L 82 du 31.3.2016, p. 1).

- (14) La Commission continuera d'examiner les dispositions de la procédure d'essai RDE et adaptera ces dispositions pour tenir compte des nouvelles technologies automobiles et s'assurer de leur efficacité. De même, la Commission reverra annuellement le niveau approprié du facteur de conformité final en fonction du progrès technique. Elle réexaminera, en particulier, les deux méthodes alternatives pour évaluer les données d'émissions PEMS définies dans les appendices 5 et 6 de l'annexe IIIA du règlement (CE) n° 692/2008 en vue d'élaborer une méthode unique.
- (15) Il convient, dès lors, de modifier le règlement (CE) n° 692/2008 en conséquence.
- (16) Les mesures prévues par le présent règlement sont conformes à l'avis du comité technique pour les véhicules à moteur,

A ADOPTÉ LE PRÉSENT RÈGLEMENT:

*Article premier*

Le règlement (CE) n° 692/2008 est modifié comme suit:

1) à l'article 2, les points 43 et 44 suivants sont ajoutés:

- «43. "stratégie de base de limitation des émissions" (ci-après "BES"), une stratégie de limitation des émissions qui est active dans toutes les conditions de vitesse, de charge et de fonctionnement du véhicule à moins qu'une stratégie auxiliaire de limitation des émissions ne soit activée;
44. "stratégie auxiliaire de limitation des émissions" (ci-après "AES"), une stratégie de limitation des émissions qui intervient et remplace ou modifie une BES dans un but spécifique et en réponse à un ensemble spécifique de conditions ambiantes ou de conditions d'exploitation, et qui ne reste opérationnelle que tant que ces conditions existent.»;

2) à l'article 3, paragraphe 10, le troisième alinéa est remplacé par le texte suivant:

«Jusqu'à trois ans après les dates spécifiées à l'article 10, paragraphe 4, et quatre ans après les dates spécifiées à l'article 10, paragraphe 5, du règlement (CE) n° 715/2007, les dispositions suivantes s'appliquent:»;

3) l'article 3, paragraphe 10, point a), est remplacé par le texte suivant:

«Les prescriptions du point 2.1 de l'annexe IIIA ne s'appliquent pas.»;

4) à l'article 5, les paragraphes 11 et 12 suivants sont insérés:

«11. Le constructeur fournit également un dossier de documentation étendu comprenant les informations suivantes:

- a) des informations sur le fonctionnement de toutes les stratégies auxiliaires (AES) et de base (BES) de limitation des émissions, notamment une description des paramètres qui sont modifiés par une stratégie AES et les conditions limites dans lesquelles celle-ci fonctionne, et l'indication des stratégies AES ou BES qui sont susceptibles d'être actives dans les conditions des procédures d'essai décrites dans le présent règlement;
- b) une description de la logique de commande du système d'alimentation en carburant, les stratégies de réglage de l'allumage/injection et les points de commutation dans tous les modes de fonctionnement.

12. Le dossier de documentation étendu visé au paragraphe 11 reste strictement confidentiel. Il peut être conservé par l'autorité compétente en matière de réception ou, à la discrétion de celle-ci, par le constructeur. Dans le cas où le constructeur conserve le dossier de documentation, ce dernier est identifié et daté par l'autorité compétente en matière de réception une fois qu'elle l'a examiné et approuvé. Il est soumis à l'inspection de l'autorité compétente en matière de réception au moment de la réception ou à tout moment pendant la validité de la réception.»;

5) l'appendice 6 de l'annexe I est modifié comme indiqué dans l'annexe I du présent règlement;

6) l'annexe IIIA est modifiée comme indiqué dans l'annexe II du présent règlement.

*Article 2*

Le présent règlement entre en vigueur le vingtième jour suivant celui de sa publication au *Journal officiel de l'Union européenne*.

Le présent règlement est obligatoire dans tous ses éléments et directement applicable dans tout État membre.

Fait à Bruxelles, le 20 avril 2016.

*Par la Commission*  
*Le président*  
Jean-Claude JUNCKER

---

## ANNEXE I

Dans l'appendice 6 de l'annexe I du règlement (CE) n° 692/2008, le tableau 1 est modifié comme suit:

1) Les lignes ZD, ZE et ZF sont remplacées par le texte suivant:

«ZD	Euro 6c	Euro 6-2	M, N1 classe I	PI, CI		1.9.2018	31.8.2019
ZE	Euro 6c	Euro 6-2	N1 classe II	PI, CI		1.9.2019	31.8.2020
ZF	Euro 6c	Euro 6-2	N1 classe III, N2	PI, CI		1.9.2019	31.8.2020»

2) Les lignes suivantes sont insérées après la ligne ZF:

«ZG	Euro 6d-TEMP	Euro 6-2	M, N1 classe I	PI, CI	1.9.2017	1.9.2019	31.12.2020
ZH	Euro 6d-TEMP	Euro 6-2	N1 classe II	PI, CI	1.9.2018	1.9.2020	31.12.2021
ZI	Euro 6d-TEMP	Euro 6-2	N1 classe III, N2	PI, CI	1.9.2018	1.9.2020	31.12.2021
ZJ	Euro 6d	Euro 6-2	M, N1 classe I	PI, CI	1.1.2020	1.1.2021	
ZK	Euro 6d	Euro 6-2	N1 classe II	PI, CI	1.1.2021	1.1.2022	
PLN	Euro 6d	Euro 6-2	N1 classe III, N2	PI, CI	1.1.2021	1.1.2022»	

3) Dans la légende du tableau, les paragraphes suivants sont insérés après le paragraphe concernant la norme d'émissions «Euro 6b»:

«Norme d'émissions Euro 6c = exigences complètes en matière de valeurs d'émissions Euro 6, mais sans exigences RDE quantitatives, c'est-à-dire norme d'émissions Euro 6b, normes définitives pour le nombre de particules en ce qui concerne les véhicules à allumage commandé, utilisation des carburants de référence E10 et B7 (le cas échéant), évaluées sur le cycle d'essai en laboratoire réglementaire et essai RDE pour contrôle uniquement (sans application de limites d'émissions NTE);

Norme d'émissions Euro 6d-TEMP = exigences complètes en matière de valeurs d'émissions Euro 6, c'est-à-dire norme d'émissions Euro 6b, normes définitives pour le nombre de particules en ce qui concerne les véhicules à allumage commandé, utilisation des carburants de référence E10 et B7 (le cas échéant), évaluées sur le cycle d'essai en laboratoire réglementaire et essai RDE par rapport aux facteurs de conformité temporaires;».

4) Dans la légende du tableau, le paragraphe concernant la norme d'émissions Euro 6c est remplacé par le texte suivant:

«Norme d'émissions Euro 6d = exigences complètes en matière de valeurs d'émissions Euro 6, c'est-à-dire norme d'émissions Euro 6b, normes définitives pour le nombre de particules en ce qui concerne les véhicules à allumage commandé, utilisation des carburants de référence E10 et B7 (le cas échéant), évaluées sur le cycle d'essai en laboratoire réglementaire et essai RDE par rapport aux facteurs de conformité finaux;».

## ANNEXE II

L'annexe IIIA du règlement (CE) n° 692/2008 est modifiée comme suit:

1) Le point 2.1 est remplacé par le texte suivant:

«2.1 Limites d'émissions à ne pas dépasser

Les émissions d'un type de véhicule réceptionné conformément au règlement (CE) n° 715/2007, déterminées conformément aux prescriptions de la présente annexe et générées lors de tout essai RDE possible effectué conformément aux prescriptions de la présente annexe, ne doivent pas être supérieures aux valeurs à ne pas dépasser (NTE) suivantes pendant toute la durée de vie normale du véhicule:

$$NTE_{\text{pollutant}} = CF_{\text{pollutant}} \times TF(p_1, \dots, p_n) \times \text{EURO-6}$$

où EURO-6 est la limite d'émissions Euro 6 applicable figurant dans le tableau 2 de l'annexe I du règlement (CE) n° 715/2007.»

2) Les points 2.1.1, 2.1.2 et 2.1.3 suivants sont insérés:

«2.1.1 Facteurs de conformité finaux

Le facteur de conformité  $CF_{\text{pollutant}}$  pour le polluant considéré est spécifié comme suit:

Polluant	Masse des oxydes d'azote (NO <sub>x</sub> )	Nombre de particules (PN)	Masse de monoxyde de carbone (CO) <sup>(1)</sup>	Masse des hydrocarbures totaux (THC)	Masse combinée des hydrocarbures totaux et des oxydes d'azote (THC + NO <sub>x</sub> )
$CF_{\text{pollutant}}$	1 + <i>margin</i> avec <i>margin</i> = 0,5	à déterminer	—	—	—

<sup>(1)</sup> Les émissions de CO sont mesurées et enregistrées lors d'essais RDE.

*margin* est un paramètre tenant compte des incertitudes de mesure supplémentaires introduites par l'équipement PEMS, qui sont soumises à un réexamen annuel et seront révisées en fonction de l'amélioration de la qualité de la procédure PEMS ou du progrès technique.

2.1.2 Facteurs de conformité temporaires

Par dérogation aux dispositions du point 2.1.1, pendant une période de 5 ans et 4 mois après les dates spécifiées à l'article 10, paragraphes 4 et 5, du règlement (CE) n° 715/2007 et sur demande du constructeur, les facteurs de conformité temporaires suivants peuvent être appliqués:

Polluant	Masse des oxydes d'azote (NO <sub>x</sub> )	Nombre de particules (PN)	Masse de monoxyde de carbone (CO) <sup>(1)</sup>	Masse des hydrocarbures totaux (THC)	Masse combinée des hydrocarbures totaux et des oxydes d'azote (THC + NO <sub>x</sub> )
$CF_{\text{pollutant}}$	2,1	à déterminer	—	—	—

<sup>(1)</sup> Les émissions de CO sont mesurées et enregistrées lors d'essais RDE.

L'application de facteurs de conformité temporaires doit être indiquée dans le certificat de conformité du véhicule.

## 2.1.3 Fonctions de transfert

La fonction de transfert  $TF(p_1, \dots, p_n)$  visée au point 2.1 est fixée à 1 pour la gamme complète de paramètres  $p_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ).

Si la fonction de transfert  $TF(p_1, \dots, p_n)$  est modifiée, cela doit être fait d'une manière qui n'est pas préjudiciable à l'impact environnemental et à l'efficacité des procédures d'essai RDE. En particulier, la condition suivante doit être maintenue:

$$\int TF(p_1, \dots, p_n) * Q(p_1, \dots, p_n) dp = \int Q(p_1, \dots, p_n) dp$$

où:

—  $dp$  représente l'intégrale sur l'espace entier des paramètres  $p_i$  ( $i = 1, \dots, n$ )

—  $Q(p_1, \dots, p_n)$  est la densité de probabilité d'un événement correspondant aux paramètres  $p_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) en conditions de conduite réelles.»

## 3) Le point 3.1.0 suivant est inséré:

«3.1.0 Les prescriptions du point 2.1 doivent être respectées pour la partie urbaine et pour le parcours PEMS total. Au choix du constructeur, les conditions d'au moins un des deux points ci-dessous doivent être remplies:

3.1.0.1  $M_{gas,d,t} \leq NTE_{pollutant}$  et  $M_{gas,d,u} \leq NTE_{pollutant}$  avec les définitions du point 2.1 de la présente annexe ainsi que des points 6.1 et 6.3 de l'appendice 5 et en posant  $gas = pollutant$ .

3.1.0.2  $M_{w,gas,d} \leq NTE_{pollutant}$  et  $M_{w,gas,u} \leq NTE_{pollutant}$  avec les définitions du point 2.1 de la présente annexe ainsi que du point 3.9 de l'appendice 6 et en posant  $gas = pollutant$ .»

## 4) Le point 5.3 est supprimé.

## 5) Le point 5.4 est remplacé par le texte suivant:

## «5.4. Conditions dynamiques

Les conditions dynamiques englobent l'effet de l'inclinaison de la route, de la vitesse du vent de face et de la dynamique de conduite (accélération et décélération), ainsi que l'effet des systèmes auxiliaires, sur la consommation d'énergie et les émissions du véhicule d'essai. La vérification de la normalité des conditions dynamiques doit être effectuée après que l'essai est achevé, en utilisant les données PEMS enregistrées. Cette vérification s'effectue en deux étapes:

5.4.1. L'excès général ou l'insuffisance générale de la dynamique de conduite durant le parcours doit faire l'objet d'une vérification au moyen des méthodes décrites dans l'appendice 7a de la présente annexe.

5.4.2. Si les résultats du parcours sont jugés valides à la suite de la vérification conformément au point 5.4.1, les méthodes de vérification de la normalité des conditions dynamiques exposées dans les appendices 5 et 6 de la présente annexe doivent être appliquées. Chaque méthode comprend une valeur de référence pour les conditions dynamiques, des plages autour de la valeur de référence et des prescriptions de couverture minimale pour accomplir un essai valide.»

## 6) Le point 6.8 est remplacé par le texte suivant:

«6.8. La vitesse moyenne (y compris les arrêts) de la part de conduite urbaine du parcours doit être comprise entre 15 et 40 km/h. Les périodes d'arrêt, définies comme celles où la vitesse du véhicule est inférieure à 1 km/h, doivent représenter entre 6 et 30 % de la durée de la conduite urbaine. La conduite urbaine doit inclure plusieurs périodes d'arrêt de 10 s ou plus. Si une période d'arrêt dure plus de 180 s, les émissions des 180 s suivant cette période d'arrêt excessivement longue doivent être exclues de l'évaluation.»

## 7) Au point 6.11, la phrase suivante est ajoutée:

«De plus, le gain d'altitude positif cumulé proportionnel doit être inférieur à 1 200 m/100 km et être déterminé conformément à l'appendice 7b.»

8) Le point 9.5 est remplacé par le texte suivant:

«9.5. Si, durant un intervalle de temps particulier, les conditions ambiantes sont étendues conformément au point 5.2, les émissions au cours de cet intervalle de temps particulier, calculées conformément à l'appendice 4, sont divisées par une valeur de 1,6 avant d'être évaluées pour déterminer leur conformité aux prescriptions de la présente annexe.»

9) L'appendice 1 est modifié comme suit:

a) au point 3.4.6, la phrase suivante est ajoutée:

«Il est permis d'alimenter à partir de la batterie du véhicule tout éclairage, en rapport avec la sécurité, des composants PEMS fixés et installés à l'extérieur de l'habitacle du véhicule.»;

b) au point 4.5, la phrase suivante est ajoutée:

«Pour minimiser la dérive de l'analyseur, il convient d'effectuer l'étalonnage du zéro et de l'étendue de mesure des analyseurs à une température ambiante qui est aussi proche que possible de la température à laquelle l'équipement d'essai est exposé lors du parcours RDE.»

10) Dans l'appendice 2, la note 2 du tableau 4 au point 8 est remplacée par le texte suivant:

«<sup>(2)</sup> Cette prescription générale s'applique au capteur de vitesse uniquement; si la vitesse du véhicule est utilisée pour déterminer des paramètres tels que l'accélération, le produit de la vitesse et de l'accélération positive, ou l'accélération positive relative, le signal de vitesse doit avoir une précision de 0,1 % au-dessus de 3 km/h et une fréquence d'échantillonnage de 1 Hz. Cette prescription de précision peut être respectée en utilisant le signal d'un capteur de la vitesse de rotation des roues.»

11) Au point 2 de l'appendice 6, la définition suivante est supprimée:

« $a_i$  Accélération réelle au pas de temps  $i$ , si elle n'est pas définie autrement dans une équation:

$$a_i = \frac{(v_{i+1} - v_i)}{3,6 \times (t_{i+1} - t_i)}, [m/s^2].$$

12) Au point 2 de l'appendice 6, les définitions suivantes sont insérées:

« $\overline{m}_{\text{gas},U}$  Valeur pondérée d'émissions d'un composant gazeux des gaz d'échappement pour le sous-échantillon de toutes les secondes  $i$  pour lesquelles  $v_i < 60$  km/h, g/s

$M_{w,\text{gas},d,U}$  Émissions spécifiques à la distance pondérées pour le composant gazeux des gaz d'échappement pour le sous-ensemble de toutes les secondes  $i$  pour lesquelles  $v_i < 60$  km/h, g/km

$\overline{v}_U$  Vitesse pondérée du véhicule dans la classe de puissance aux roues  $j$ , km/h».

13) Au point 3.1 de l'appendice 6, le premier paragraphe est remplacé par le texte suivant:

«La puissance réelle aux roues  $P_{r,i}$  est la puissance totale nécessaire pour vaincre la résistance à l'air, la résistance au roulement, les inclinaisons de la route, l'inertie longitudinale du véhicule et l'inertie rotationnelle des roues.»

14) Le point 3.2 de l'appendice 6 est remplacé par le texte suivant:

«3.2. **Classification des moyennes mobiles en conduite urbaine, conduite hors agglomérations et conduite sur autoroute**

Les fréquences des puissances standard sont définies pour la conduite urbaine et pour le parcours total (voir point 3.4) et une évaluation séparée des émissions doit être effectuée pour le parcours total et pour la partie urbaine. Les moyennes mobiles sur trois secondes calculées conformément au point 3.3 doivent donc être affectées ultérieurement aux conditions de conduite urbaines et extra-urbaines en fonction du signal de vitesse ( $v_i$ ) de la seconde réelle  $i$ , comme décrit dans le tableau I-1.

Tableau 1-1

**Plages de vitesses pour l'affectation des données d'essai aux conditions de conduites urbaine, hors agglomérations et sur autoroute dans le cadre de la méthode des classes de puissance**

	Conduite urbaine	Conduite hors agglomérations	Conduite sur autoroute
$v_i$ [km/h]	0 à ≤ 60	> 60 à ≤ 90	> 90»

15) Le point 3.9 de l'appendice 6 est remplacé par le texte suivant:

**«3.9. Calcul de la valeur pondérée d'émissions spécifiques à la distance**

Les moyennes pondérées sur la base du temps des émissions au cours de l'essai doivent être converties en émissions sur la base de la distance une fois pour l'ensemble de données urbaines et une fois pour l'ensemble de données complet, de la manière suivante:

$$\text{Pour le parcours total: } M_{w, \text{gas}, d} = 1\,000 \cdot \frac{\bar{m}_{\text{gas}} \times 3\,600}{\bar{v}}$$

$$\text{Pour la partie urbaine du parcours: } M_{w, \text{gas}, d, U} = 1\,000 \cdot \frac{\bar{m}_{\text{gas}, U} \times 3\,600}{\bar{v}_U}$$

Au moyen de ces formules, des moyennes pondérées doivent être calculées pour les polluants suivants pour le parcours total et pour la partie urbaine du parcours:

$M_{w, \text{NOx}, d}$  résultat d'essai pondéré pour NOx en [mg/km]

$M_{w, \text{NOx}, d, U}$  résultat d'essai pondéré pour NOx en [mg/km]

$M_{w, \text{CO}, d}$  résultat d'essai pondéré pour CO en [mg/km]

$M_{w, \text{CO}, d, U}$  résultat d'essai pondéré pour CO en [mg/km]».

16) Les appendices 7a et 7b suivants sont insérés:

«Appendice 7a

**Vérification de la dynamique générale du parcours**

1. INTRODUCTION

Le présent appendice décrit les procédures de calcul pour vérifier la dynamique générale du parcours, c'est-à-dire pour déterminer l'excès général ou l'absence générale de dynamique durant les parts de conduite urbaine, de conduite hors agglomérations et de conduite sur autoroute.

2. SYMBOLES

RPA	Accélération positive relative
“résolution de l'accélération $a_{\text{res}}$ ”	accélération minimale > 0 mesurée en m/s <sup>2</sup>
T4253H	lisseur de données composées
“accélération positive $a_{\text{pos}}$ ”	accélération [m/s <sup>2</sup> ] supérieure à 0,1 m/s <sup>2</sup>

L'indice i fait référence au pas de temps.

L'indice j fait référence au pas de temps des ensembles de données à accélération positive.

L'indice k fait référence à la catégorie (t = total, u = conduite urbaine, r = conduite hors agglomérations, m = conduite sur autoroute).

$\Delta$	— différence
$>$	— supérieur à
$\geq$	— supérieur ou égal à
%	— pour cent
$<$	— inférieur à
$\leq$	— inférieur ou égal à
$a$	— accélération [ $\text{m/s}^2$ ]
$a_i$	— accélération au pas de temps i [ $\text{m/s}^2$ ]
$a_{\text{pos}}$	— accélération positive supérieure à $0,1 \text{ m/s}^2$ [ $\text{m/s}^2$ ]
$a_{\text{pos},i,k}$	— accélération positive supérieure à $0,1 \text{ m/s}^2$ au pas de temps i en tenant compte des parts de conduite urbaine, de conduite hors agglomérations et de conduite sur autoroute [ $\text{m/s}^2$ ]
$a_{\text{res}}$	— résolution de l'accélération [ $\text{m/s}^2$ ]
$d_i$	— distance couverte au pas de temps i [m]
$d_{i,k}$	— distance couverte au pas de temps i en tenant compte des parts de conduite urbaine, de conduite hors agglomérations et de conduite sur autoroute [m]
$M_k$	— nombre d'échantillons pour les parts de conduite urbaine, de conduite hors agglomérations et de conduite sur autoroute avec une accélération positive supérieure à $0,1 \text{ m/s}^2$
$N_k$	— nombre total d'échantillons pour les parts de conduite urbaine, de conduite hors agglomérations et de conduite sur autoroute et pour le parcours complet
$RPA_k$	— accélération positive relative pour les parts de conduite urbaine, de conduite hors agglomérations et de conduite sur autoroute [ $\text{m/s}^2$ ou $\text{kWs}/(\text{kg} \times \text{km})$ ]
$t_k$	— durée des parts de conduite urbaine, de conduite hors agglomérations et de conduite sur autoroute et du parcours complet [s]
$v$	— vitesse du véhicule [km/h]
$v_i$	— vitesse réelle du véhicule au pas de temps i [km/h]
$v_{i,k}$	— vitesse réelle du véhicule au pas de temps i en tenant compte des parts de conduite urbaine, de conduite hors agglomérations et de conduite sur autoroute [km/h]
$(v \cdot a)_i$	— vitesse réelle du véhicule par accélération au pas de temps i [ $\text{m}^2/\text{s}^3$ ou $\text{W/kg}$ ]
$(v \cdot a_{\text{pos}})_{j,k}$	— vitesse réelle du véhicule par accélération positive supérieure à $0,1 \text{ m/s}^2$ au pas de temps j en tenant compte des parts de conduite urbaine, de conduite hors agglomérations et de conduite sur autoroute [ $\text{m}^2/\text{s}^3$ ou $\text{W/kg}$ ]
$(v \cdot a_{\text{pos}})_{k-}[95]$	— 95 <sup>e</sup> centile du produit de la vitesse du véhicule par l'accélération positive supérieure à $0,1 \text{ m/s}^2$ pour les parts de conduite urbaine, de conduite hors agglomérations et de conduite sur autoroute [ $\text{m}^2/\text{s}^3$ ou $\text{W/kg}$ ]
$\bar{v}_k$	— vitesse moyenne du véhicule pour les parts de conduite urbaine, de conduite hors agglomérations et de conduite sur autoroute [km/h]

### 3. INDICATEURS DE PARCOURS

#### 3.1. Calculs

##### 3.1.1. Prétraitement des données

Les paramètres dynamiques tels que l'accélération,  $v \cdot a_{\text{pos}}$  ou l'accélération positive relative sont déterminés avec un signal de vitesse d'une précision de 0,1 % au-dessus de 3 km/h et une fréquence d'échantillonnage de 1 Hz. Cette exigence de précision est généralement remplie par les signaux de vitesse (de rotation) des roues.

Le tracé de vitesse doit être contrôlé pour repérer les sections erronées ou non plausibles. Le tracé de vitesse du véhicule de ces sections est caractérisé par des escaliers, des sauts, des tracés de vitesse en gradins ou des valeurs manquantes. Les courtes sections erronées doivent être corrigées, par exemple par interpolation de données ou par comparaison avec un signal de vitesse secondaire. À titre d'alternative, les parcours courts contenant des sections erronées pourraient être exclus de l'analyse ultérieure des données. Dans une deuxième étape, les valeurs d'accélération doivent être rangées en ordre ascendant, afin de déterminer la résolution d'accélération  $a_{res}$  (valeur d'accélération minimale  $> 0$ ).

Si  $a_{res} \leq 0,01 \text{ m/s}^2$ , la mesure de la vitesse du véhicule est suffisamment précise.

Si  $0,01 < a_{res} \leq r_{max} \text{ m/s}^2$ , un lissage est effectué au moyen d'un filtre Hanning T4253.

Si  $a_{res} > r_{max} \text{ m/s}^2$ , le parcours n'est pas valide.

Le filtre Hanning T4253 effectue les calculs suivants: le lisseur commence avec une médiane mobile de 4, qui est centrée par une médiane mobile de 2. Il lisse à nouveau ces valeurs en appliquant une médiane mobile de 5, puis une médiane mobile de 3, et par hanning (moyennes pondérées mobiles). Les valeurs résiduelles sont calculées en soustrayant la série lissée de la série originale. Ce processus entier est ensuite répété sur les valeurs résiduelles calculées. Enfin, les valeurs résiduelles lissées sont calculées en soustrayant les valeurs lissées obtenues lors de la première application du processus.

Le tracé correct de la vitesse constitue la base des calculs et classifications ultérieurs décrits au point 3.1.2.

### 3.1.2. Calcul de la distance, de l'accélération et de $v \cdot a$

Les calculs suivants sont effectués sur l'ensemble du tracé de vitesse en fonction du temps (résolution de 1 Hz) de la seconde 1 à la seconde  $t_i$  (dernière seconde).

L'incrément de distance par échantillon de données est calculé comme suit:

$$d_i = v_i/3,6, \quad i = 1 \text{ à } N_i$$

où:

$d_i$  est la distance couverte au pas de temps  $i$  [m]

$v_i$  est la vitesse réelle du véhicule au pas de temps  $i$  [km/h]

$N_i$  est le nombre total d'échantillons

L'accélération est calculée comme suit:

$$a_i = (v_{i+1} - v_{i-1})/(2 \cdot 3,6), \quad i = 1 \text{ à } N_i$$

où:

$a_i$  est l'accélération au pas de temps  $i$  [ $\text{m/s}^2$ ]. Pour  $i = 1$ :  $v_{i-1} = 0$ , pour  $i = N_i$ :  $v_{i+1} = 0$ .

Le produit de la vitesse du véhicule par l'accélération est calculé comme suit:

$$(v \cdot a)_i = v_i \cdot a_i/3,6, \quad i = 1 \text{ à } N_i$$

où:

$(v \cdot a)_i$  est le produit de la vitesse réelle du véhicule par l'accélération au pas de temps  $i$  [ $\text{m}^2/\text{s}^3$  ou  $\text{W/kg}$ ].

### 3.1.3. Classification des résultats

Après le calcul de  $a_i$  et  $(v \cdot a)_i$ , les valeurs  $v_i$ ,  $d_i$ ,  $a_i$  et  $(v \cdot a)_i$  sont rangées dans l'ordre ascendant de la vitesse du véhicule.

Tous les ensembles de données avec  $v_i \leq 60 \text{ km/h}$  appartiennent à la classe de vitesse «urbaine», tous les ensembles de données avec  $60 \text{ km/h} < v_i \leq 90 \text{ km/h}$  appartiennent à la classe de vitesse «hors agglomérations» et tous les ensembles de données avec  $v_i > 90 \text{ km/h}$  appartiennent à la classe de vitesse «autoroute».

Le nombre d'ensembles de données avec des valeurs d'accélération  $a_i > 0,1 \text{ m/s}^2$  doit être supérieur ou égal à 150 dans chaque classe de vitesse.

Pour chaque classe de vitesse, la vitesse moyenne du véhicule  $\bar{v}_k$  doit être calculée comme suit:

$$\bar{v}_k = \left( \sum_i v_{i,k} \right) / N_k, \quad i = 1 \text{ à } N_k, k = u, r, m$$

où:

$N_k$  est le nombre total d'échantillons pour les parts de conduite urbaine, de conduite hors agglomérations et de conduite sur autoroute.

#### 3.1.4. Calcul de $v \cdot a_{\text{pos}}[95]$ par classe de vitesse

Le 95<sup>e</sup> centile des valeurs  $v \cdot a_{\text{pos}}$  est calculé comme suit:

Les valeurs  $(v \cdot a)_{i,k}$  incluses dans chaque classe de vitesse sont rangées en ordre ascendant pour tous les ensembles de données avec  $a_{i,k} \geq 0,1 \text{ m/s}^2$  et le nombre total de ces échantillons  $M_k$  est déterminé.

Les valeurs de centile sont ensuite attribuées aux valeurs  $(v \cdot a)_{j,k}$  avec  $a_{i,k} \geq 0,1 \text{ m/s}^2$  de la manière suivante:

La valeur  $v \cdot a_{\text{pos}}$  la plus faible reçoit le centile  $1/M_k$ , la deuxième valeur la plus faible le centile  $2/M_k$ , la troisième valeur la plus faible le centile  $3/M_k$  et la valeur la plus élevée le centile  $M_k/M_k = 100 \%$ .

$(v \cdot a_{\text{pos}})_{k-}[95]$  est la valeur  $(v \cdot a_{\text{pos}})_{j,k}$  avec  $j/M_k = 95 \%$ . Si  $j/M_k = 95 \%$  ne peut être atteint,  $(v \cdot a_{\text{pos}})_{k-}[95]$  est calculé par interpolation linéaire entre les échantillons consécutifs  $j$  et  $j+1$  avec  $j/M_k < 95 \%$  et  $(j+1)/M_k > 95 \%$ .

L'accélération positive relative par classe de vitesse est calculée comme suit:

$$RPA_k = \sum_j (\Delta t \cdot (v \cdot a_{\text{pos}})_{j,k}) / \sum_i d_{i,k}, \quad j = 1 \text{ à } M_k, i = 1 \text{ à } N_k, k = u, r, m$$

où:

$RPA_k$  est l'accélération positive relative pour les parts de conduite urbaine, de conduite hors agglomérations et de conduite sur autoroute [ $\text{m/s}^2$  ou  $\text{kWs}/(\text{kg} \cdot \text{km})$ ]

$\Delta t$  est la différence de temps égale à 1 seconde

$M_k$  est le nombre d'échantillons pour les parts de conduite urbaine, de conduite hors agglomérations et de conduite sur autoroute avec accélération positive

$N_k$  est le nombre total d'échantillons pour les parts de conduite urbaine, de conduite hors agglomérations et de conduite sur autoroute

## 4. VÉRIFICATION DE LA VALIDITÉ DU PARCOURS

### 4.1.1. Vérification de $v \cdot a_{\text{pos}}[95]$ par classe de vitesse (avec $v$ en $[\text{km/h}]$ )

Si  $\bar{v}_k \leq 74,6 \text{ km/h}$

et

$(v \cdot a_{\text{pos}})_{k-}[95] > (0,136 \cdot \bar{v}_k + 14,44)$

le parcours n'est pas valide.

Si  $\bar{v}_k > 74,6 \text{ km/h}$  et  $(v \cdot a_{\text{pos}})_{k-}[95] > (0,0742 \cdot \bar{v}_k + 18,966)$ , le parcours n'est pas valide.

### 4.1.2. Vérification de la RPA par classe de vitesse

Si  $\bar{v}_k \leq 94,05 \text{ km/h}$  et  $RPA_k < (-0,0016 \cdot \bar{v}_k + 0,1755)$ , le parcours n'est pas valide.

Si  $\bar{v}_k > 94,05 \text{ km/h}$  et  $RPA_k < 0,025$ , le parcours n'est pas valide.

## Appendice 7b

**Procédure pour déterminer le gain d'élévation positif cumulé d'un parcours**

## 1. INTRODUCTION

Le présent appendice décrit la procédure pour déterminer le gain d'élévation cumulé d'un parcours RDE.

## 2. SYMBOLES

$d(0)$	— distance au départ d'un parcours [m]
$d$	— distance cumulée parcourue au point de cheminement discret considéré [m]
$d_0$	— distance cumulée parcourue jusqu'à la mesure précédant directement le point de cheminement considéré $d$ [m]
$d_1$	— distance cumulée parcourue jusqu'à la mesure suivant directement le point de cheminement considéré $d$ [m]
$d_a$	— point de cheminement de référence à $d(0)$ [m]
$d_e$	— distance cumulée parcourue jusqu'au dernier point de cheminement discret [m]
$d_i$	— distance instantanée [m]
$d_{\text{tot}}$	— distance d'essai totale [m]
$h(0)$	— altitude du véhicule, après l'examen et la vérification de principe de la qualité des données, au départ d'un parcours [m au-dessus du niveau de la mer]
$h(t)$	— altitude du véhicule, après l'examen et la vérification de principe de la qualité des données, au point $t$ [m au-dessus du niveau de la mer]
$h(d)$	— altitude du véhicule au point de cheminement $d$ [m au-dessus du niveau de la mer]
$h(t-1)$	— altitude du véhicule, après l'examen et la vérification de principe de la qualité des données, au point $t-1$ [m au-dessus du niveau de la mer]
$h_{\text{corr}}(0)$	— altitude corrigée directement avant le point de cheminement considéré $d$ [m au-dessus du niveau de la mer]
$h_{\text{corr}}(1)$	— altitude corrigée directement après le point de cheminement considéré $d$ [m au-dessus du niveau de la mer]
$h_{\text{corr}}(t)$	— altitude instantanée corrigée du véhicule au point de données $t$ [m au-dessus du niveau de la mer]
$h_{\text{corr}}(t-1)$	— altitude instantanée corrigée du véhicule au point de données $t-1$ [m au-dessus du niveau de la mer]
$h_{\text{GPS},i}$	— altitude instantanée du véhicule mesurée avec le GPS [m au-dessus du niveau de la mer]
$h_{\text{GPS}}(t)$	— altitude du véhicule mesurée avec le GPS au point de données $t$ [m au-dessus du niveau de la mer]
$h_{\text{int}}(d)$	— altitude interpolée au point de cheminement discret considéré $d$ [m au-dessus du niveau de la mer]
$h_{\text{int,sm},1}(d)$	— valeur lissée de l'altitude interpolée, après le premier lissage, au point de cheminement discret considéré $d$ [m au-dessus du niveau de la mer]
$h_{\text{map}}(t)$	— altitude du véhicule au point de données $t$ , sur la base de la carte topographique [m au-dessus du niveau de la mer]
Hz	— hertz
km/h	— kilomètre par heure
m	— mètre

$road_{grade,1}(d)$	— valeur lissée de l'inclinaison de la route au point de cheminement discret considéré $d$ , après le premier lissage [m/m]
$road_{grade,2}(d)$	— valeur lissée de l'inclinaison de la route au point de cheminement discret considéré $d$ , après le deuxième lissage [m/m]
$\sin$	— fonction trigonométrique sinus
$t$	— temps écoulé depuis le début de l'essai [s]
$t_0$	— temps écoulé à la mesure précédant directement le point de cheminement considéré $d$ [s]
$v_i$	— vitesse instantanée du véhicule [km/h]
$v(t)$	— vitesse du véhicule au point de données $t$ [km/h]

### 3. PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES

Le gain d'élévation positif cumulé d'un parcours RDE est déterminé sur la base de trois paramètres: l'altitude instantanée du véhicule  $h_{GPS,i}$  [m au-dessus du niveau de la mer] mesurée au moyen du GPS, la vitesse instantanée du véhicule  $v_i$  [km/h] enregistrée à une fréquence de 1 Hz et le temps correspondant  $t$  [s] qui s'est écoulé depuis le début de l'essai.

### 4. CALCUL DU GAIN D'ÉLEVATION POSITIF CUMULÉ

#### 4.1. Généralités

Le gain d'élévation positif cumulé d'un parcours RDE est déterminé au moyen d'une procédure de calcul en trois étapes: i) l'examen et la vérification de principe de la qualité des données, ii) la correction des données d'altitude instantanée du véhicule et iii) le calcul du gain d'élévation positif cumulé.

#### 4.2. Examen et vérification de principe de la qualité des données

Les données de vitesse instantanée du véhicule sont contrôlées pour vérifier qu'elles sont complètes. La correction de données manquantes est permise si les lacunes restent conformes aux prescriptions du point 7 de l'appendice 4; dans le cas contraire, les résultats de l'essai sont invalidés. Les données d'altitude instantanée sont contrôlées pour vérifier qu'elles sont complètes. Les lacunes dans les données sont comblées par interpolation. L'exactitude des données interpolées est vérifiée au moyen d'une carte topographique. Il est recommandé de corriger les données interpolées si la condition suivante s'applique:

$$|h_{GPS}(t) - h_{map}(t)| > 40 \text{ m}$$

La correction d'altitude est appliquée de sorte que:

$$h(t) = h_{map}(t)$$

où:

$h(t)$	— est l'altitude du véhicule, après l'examen et la vérification de principe de la qualité des données, au point de données $t$ [m au-dessus du niveau de la mer]
$h_{GPS}(t)$	— est l'altitude du véhicule mesurée avec le GPS au point de données $t$ [m au-dessus du niveau de la mer]
$h_{map}(t)$	— est l'altitude du véhicule au point de données $t$ , sur la base de la carte topographique [m au-dessus du niveau de la mer]

#### 4.3. Correction des données d'altitude instantanée du véhicule

L'altitude  $h(0)$  au départ d'un parcours à  $d(0)$  est obtenue par GPS et son exactitude est vérifiée au moyen des informations d'une carte topographique. L'écart ne doit pas être supérieur à 40 m. Toute donnée d'altitude instantanée  $h(t)$  doit être corrigée si la condition suivante s'applique:

$$|h(t) - h(t-1)| > (v(t)/3,6 * \sin 45^\circ)$$

La correction d'altitude est appliquée de sorte que:

$$h_{corr}(t) = h_{corr}(t-1)$$

où:

- $h(t)$  — est l'altitude du véhicule, après l'examen et la vérification de principe de la qualité des données, au point de données  $t$  [m au-dessus du niveau de la mer]
- $h(t-1)$  — est l'altitude du véhicule, après l'examen et la vérification de principe de la qualité des données, au point de données  $t-1$  [m au-dessus du niveau de la mer]
- $v(t)$  — est la vitesse du véhicule au point de données  $t$  [km/h]
- $h_{corr}(t)$  — est l'altitude instantanée corrigée du véhicule au point de données  $t$  [m au-dessus du niveau de la mer]
- $h_{corr}(t-1)$  — est l'altitude instantanée corrigée du véhicule au point de données  $t-1$  [m au-dessus du niveau de la mer]

Une fois la procédure de correction accomplie, un ensemble valide de données d'altitude est établi. Cet ensemble de données doit être utilisé pour le calcul final du gain d'élévation positif cumulé décrit au point 4.4.

#### 4.4. Calcul final du gain d'élévation positif cumulé

##### 4.4.1. Établissement d'une résolution spatiale uniforme

La distance totale  $d_{tot}$  [m] couverte par un parcours est déterminée comme la somme des distances instantanées  $d_i$ . La distance instantanée  $d_i$  est déterminée comme:

$$d_i = \frac{v_i}{3,6}$$

où:

- $d_i$  — est la distance instantanée [m]
- $v_i$  — est la vitesse instantanée du véhicule [km/h]

Le gain d'élévation cumulé est calculé à partir de données à résolution spatiale constante de 1 m en commençant avec la première mesure au départ d'un parcours  $d(0)$ . Les points de données discrets avec une résolution de 1 m sont appelés «points de cheminement» et caractérisés par une valeur de distance spécifique  $d$  (p. ex. 0, 1, 2, 3 m...) et leur altitude correspondante  $h(d)$  [m au-dessus du niveau de la mer].

L'altitude de chaque point de cheminement discret  $d$  doit être calculée par interpolation de l'altitude instantanée  $h_{corr}(t)$  comme suit:

$$h_{int}(d) = h_{corr}(0) + \frac{h_{corr}(1) - h_{corr}(0)}{d_1 - d_0} \cdot (d - d_0)$$

où:

- $h_{int}(d)$  — est l'altitude interpolée au point de cheminement discret considéré  $d$  [m au-dessus du niveau de la mer]
- $h_{corr}(0)$  — est l'altitude corrigée directement avant le point de cheminement considéré  $d$  [m au-dessus du niveau de la mer]
- $h_{corr}(1)$  — est l'altitude corrigée directement après le point de cheminement considéré  $d$  [m au-dessus du niveau de la mer]
- $d$  — est la distance cumulée parcourue jusqu'au point de cheminement considéré  $d$  [m]

- $d_0$  — est la distance cumulée parcourue jusqu'à la mesure précédant directement le point de cheminement considéré  $d$  [m]
- $d_1$  — est la distance cumulée parcourue jusqu'à la mesure suivant directement le point de cheminement considéré  $d$  [m]

#### 4.4.2. Lissage de données supplémentaire

Les données d'altitude obtenues pour chaque point de cheminement discret doivent être lissées en appliquant une procédure en deux étapes;  $d_a$  et  $d_e$  désignent respectivement le premier et le dernier point de données (figure 1). Le premier lissage est appliqué comme suit:

$$road_{grade,1}(d) = \frac{h_{int}(d + 200\text{ m}) - h_{int}(d_a)}{(d + 200\text{ m})} \text{ pour } d \leq 200\text{ m}$$

$$road_{grade,1}(d) = \frac{h_{int}(d + 200\text{ m}) - h_{int}(d - 200\text{ m})}{(d + 200\text{ m}) - (d - 200\text{ m})} \text{ pour } 200\text{ m} < d < (d_e - 200\text{ m})$$

$$road_{grade,1}(d) = \frac{h_{int}(d_e) - h_{int}(d - 200\text{ m})}{d_e - (d - 200\text{ m})} \text{ pour } d \geq (d_e - 200\text{ m})$$

$$h_{int,sm,1}(d) = h_{int,sm,1}(d - 1\text{ m}) + road_{grade,1}(d), \quad d = d_a + 1 \text{ à } d_e$$

$$h_{int,sm,1}(d_a) = h_{int}(d_a) + road_{grade,1}(d_a)$$

où:

- $road_{grade,1}(d)$  — est la valeur lissée de l'inclinaison de la route au point de cheminement discret considéré, après le premier lissage [m/m]
- $h_{int}(d)$  — est l'altitude interpolée au point de cheminement discret considéré  $d$  [m au-dessus du niveau de la mer]
- $h_{int,sm,1}(d)$  — est la valeur lissée de l'altitude interpolée, après le premier lissage, au point de cheminement discret considéré  $d$  [m au-dessus du niveau de la mer]
- $d$  — est la distance cumulée parcourue au point de cheminement discret considéré [m]
- $d_a$  — est le point de cheminement de référence à une distance de zéro mètre [m]
- $d_e$  — est la distance cumulée parcourue jusqu'au dernier point de cheminement discret [m]

Le deuxième lissage est appliqué comme suit:

$$road_{grade,2}(d) = \frac{h_{int,sm,1}(d + 200\text{ m}) - h_{int,sm,1}(d_a)}{(d + 200\text{ m})} \text{ pour } d \leq 200\text{ m}$$

$$road_{grade,2}(d) = \frac{h_{int,sm,1}(d + 200\text{ m}) - h_{int,sm,1}(d - 200\text{ m})}{(d + 200\text{ m}) - (d - 200\text{ m})} \text{ pour } 200\text{ m} < d < (d_e - 200\text{ m})$$

$$road_{grade,2}(d) = \frac{h_{int,sm,1}(d_e) - h_{int,sm,1}(d - 200\text{ m})}{d_e - (d - 200\text{ m})} \text{ pour } d \geq (d_e - 200\text{ m})$$

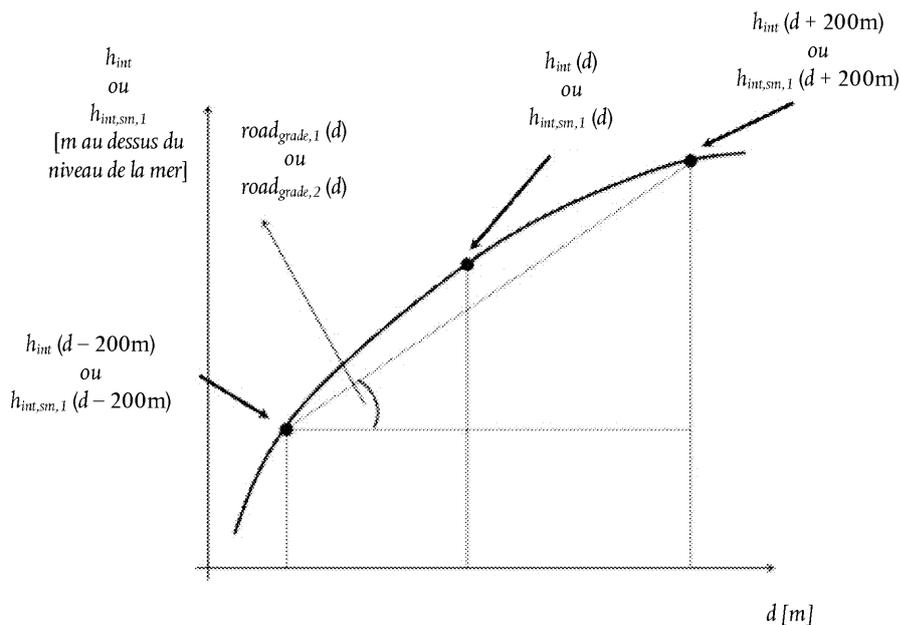
où:

- $road_{grade,2}(d)$  — est la valeur lissée de l'inclinaison de la route au point de cheminement discret considéré, après le deuxième lissage [m/m]
- $h_{int,sm,1}(d)$  — est la valeur lissée de l'altitude interpolée, après le premier lissage, au point de cheminement discret considéré  $d$  [m au-dessus du niveau de la mer]

- $d$  — est la distance cumulée parcourue au point de cheminement discret considéré [m]
- $d_a$  — est le point de cheminement de référence à une distance de zéro mètre [m]
- $d_e$  — est la distance cumulée parcourue jusqu'au dernier point de cheminement discret [m]

Figure 1

### Illustration de la procédure pour lisser les signaux d'altitude interpolés



#### 4.4.3. Calcul du résultat final

Le gain d'élévation cumulé positif d'un parcours est calculé en intégrant toutes les inclinaisons de route interpolées et lissées positives, c.-à-d.  $road_{grade,2}(d)$ . Le résultat devrait être normalisé par la distance d'essai totale  $d_{tot}$  et exprimé en mètres de gain d'élévation cumulé pour cent kilomètres de distance.

## 5. EXEMPLE NUMÉRIQUE

Les tableaux 1 et 2 montrent les étapes accomplies pour calculer le gain d'élévation positif à partir des données enregistrées pendant un essai sur route réalisée avec un système PEMS. Par souci de concision, un extrait de 800 m et 160 s est présenté ici.

### 5.1. Examen et vérification de principe de la qualité des données

L'examen et la vérification de principe de la qualité des données comprennent deux étapes. On vérifie d'abord si les données de vitesse du véhicule sont complètes. Aucune lacune dans les données relatives à la vitesse du véhicule n'est détectée dans le présent échantillon de données (voir tableau 1). On vérifie ensuite si les données d'altitude sont complètes; dans l'échantillon de données, les données d'altitude relatives aux secondes 2 et 3 sont manquantes. Les lacunes dans les données sont comblées par interpolation de signal GPS. En outre, l'altitude selon le GPS est vérifiée à l'aide d'une carte topographique; cette vérification inclut l'altitude  $h(0)$  au départ du parcours. Les données d'altitude relatives aux secondes 112-114 sont corrigées sur la base de la carte topographique pour satisfaire à la condition suivante:

$$h_{GPS}(t) - h_{map}(t) < -40 \text{ m}$$

À la suite de la vérification de données appliquée, les données de la cinquième colonne  $h(t)$  sont obtenues.

## 5.2. Correction des données d'altitude instantanée du véhicule

À l'étape suivante, les données d'altitude  $h(t)$  des secondes 1 à 4, 111 à 112 et 159 à 160 sont corrigées et se voient attribuées les valeurs d'altitude des secondes 0, 110 et 158, respectivement, étant donné que la condition suivante s'applique:

$$|h(t) - h(t - 1)| > (v(t)/3,6 * \sin 45^\circ)$$

À la suite de l'application de la correction des données, les données de la sixième colonne  $h_{corr}(t)$  sont obtenues. L'effet de l'application des étapes de vérification et de correction sur les données d'altitude est illustré à la figure 2.

## 5.3. Calcul du gain d'élévation positif cumulé

### 5.3.1. Établissement d'une résolution spatiale uniforme

La distance instantanée  $d_i$  est calculée en divisant la vitesse instantanée du véhicule mesurée en km/h par 3,6 (colonne 7 du tableau 1). Le recalcul des données d'altitude pour obtenir une résolution spatiale uniforme de 1 m donne les points de cheminement discrets  $d$  (colonne 1 du tableau 2) et leurs valeurs d'altitude correspondantes  $h_{int}(d)$  (colonne 7 du tableau 2). L'altitude de chaque point de cheminement discret  $d$  est calculée par interpolation de l'altitude instantanée mesurée  $h_{corr}$  comme suit:

$$h_{int}(0) = 120,3 + \frac{120,3 - 120,3}{0,1 - 0,0} \cdot (0 - 0) = 120,3000$$

$$h_{int}(520) = 132,5 + \frac{132,6 - 132,5}{523,6 - 519,9} \cdot (520 - 519,9) = 132,5027$$

### 5.3.2. Lissage de données supplémentaire

Dans le tableau 2, les premier et dernier points de cheminement discrets sont:  $d_a = 0$  m et  $d_e = 799$  m, respectivement. Les données d'altitude de chaque point de cheminement discret sont lissées en appliquant une procédure en deux étapes. Le premier lissage est effectué comme suit:

$$road_{grade,1}(0) = \frac{h_{int}(200 \text{ m}) - h_{int}(0)}{(0 + 200 \text{ m})} = \frac{120,9682 - 120,3000}{200} = 0,0033$$

*exemple choisi pour démontrer le lissage pour  $d \leq 200$  m*

$$road_{grade,1}(320) = \frac{h_{int}(520) - h_{int}(120)}{(520) - (120)} = \frac{132,5027 - 121,9808}{400} = 0,0288$$

*exemple choisi pour démontrer le lissage pour  $200 \text{ m} < d < (599 \text{ m})$*

$$road_{grade,1}(720) = \frac{h_{int}(799) - h_{int}(520)}{799 - (520)} = \frac{121,2000 - 132,5027}{279} = -0,0405$$

*exemple choisi pour démontrer le lissage pour  $d \geq (599 \text{ m})$*

L'altitude lissée et interpolée est calculée comme suit:

$$h_{int,sm,1}(0) = h_{int}(0) + road_{grade,1}(0) = 120,3 + 0,0033 \approx 120,3033 \text{ m}$$

$$h_{int,sm,1}(799) = h_{int,sm,1}(798) + road_{grade,1}(799) = 121,2550 - 0,0220 = 121,2330 \text{ m}$$

Deuxième lissage:

$$road_{grade,2}(0) = \frac{h_{int,sm,1}(200) - h_{int,sm,1}(0)}{(200)} = \frac{119,9618 - 120,3033}{(200)} = -0,0017$$

*exemple choisi pour démontrer le lissage pour  $d \leq 200$  m*

$$road_{grade,2}(320) = \frac{h_{int,sm,1}(520) - h_{int,sm,1}(120)}{(520) - (120)} = \frac{123,6809 - 120,1843}{400} = 0,0087$$

exemple choisi pour démontrer le lissage pour  $200 \text{ m} < d < (599)$

$$road_{grade,2}(720) = \frac{h_{int,sm,1}(799) - h_{int,sm,1}(520)}{799 - (520)} = \frac{121,2330 - 123,6809}{279} = -0,0088$$

exemple choisi pour démontrer le lissage pour  $d \geq (599 \text{ m})$

### 5.3.3. Calcul du résultat final

Le gain d'élévation cumulé positif d'un parcours est calculé en intégrant toutes les inclinaisons de route interpolées et lissées positives, c.-à-d.  $road_{grade,2}(d)$ . Pour l'exemple présenté, la distance couverte totale était de  $d_{tot} = 139,7 \text{ km}$  et la valeur de toutes les inclinaisons de route interpolées et lissées positives était de  $516 \text{ m}$ . Dès lors, un gain d'élévation cumulé positif de  $516 \times 100/139,7 = 370 \text{ m}/100 \text{ km}$  a été obtenu.

Tableau 1

#### Correction des données d'altitude instantanée du véhicule

Temps t [s]	$v(t)$ [km/h]	$h_{GPS}(t)$ [m]	$h_{map}(t)$ [m]	$h(t)$ [m]	$h_{corr}(t)$ [m]	$d_i$ [m]	Cum. d [m]
0	0,00	122,7	129,0	122,7	122,7	0,0	0,0
1	0,00	122,8	129,0	122,8	122,7	0,0	0,0
2	0,00	-	129,1	123,6	122,7	0,0	0,0
3	0,00	-	129,2	124,3	122,7	0,0	0,0
4	0,00	125,1	129,0	125,1	122,7	0,0	0,0
...	...	...	...	...	...	...	...
18	0,00	120,2	129,4	120,2	120,2	0,0	0,0
19	0,32	120,2	129,4	120,2	120,2	0,1	0,1
...	...	...	...	...	...	...	...
37	24,31	120,9	132,7	120,9	120,9	6,8	117,9
38	28,18	121,2	133,0	121,2	121,2	7,8	125,7
...	...	...	...	...	...	...	...
46	13,52	121,4	131,9	121,4	121,4	3,8	193,4
47	38,48	120,7	131,5	120,7	120,7	10,7	204,1
...	...	...	...	...	...	...	...
56	42,67	119,8	125,2	119,8	119,8	11,9	308,4
57	41,70	119,7	124,8	119,7	119,7	11,6	320,0
...	...	...	...	...	...	...	...
110	10,95	125,2	132,2	125,2	125,2	3,0	509,0
111	11,75	100,8	132,3	100,8	125,2	3,3	512,2

Temps t [s]	$v(t)$ [km/h]	$h_{GPS}(t)$ [m]	$h_{map}(t)$ [m]	$h(t)$ [m]	$h_{corr}(t)$ [m]	$d_i$ [m]	Cum. d [m]
112	13,52	0,0	132,4	132,4	125,2	3,8	516,0
113	14,01	0,0	132,5	132,5	132,5	3,9	519,9
114	13,36	24,30	132,6	132,6	132,6	3,7	523,6
...	...	...	...	...	...	...	
149	39,93	123,6	129,6	123,6	123,6	11,1	719,2
150	39,61	123,4	129,5	123,4	123,4	11,0	730,2
...	...	...	...	...	...	...	
157	14,81	121,3	126,1	121,3	121,3	4,1	792,1
158	14,19	121,2	126,2	121,2	121,2	3,9	796,1
159	10,00	128,5	126,1	128,5	121,2	2,8	798,8
160	4,10	130,6	126,0	130,6	121,2	1,2	800,0

- indique des lacunes dans les données

Tableau 2

## Calcul de l'inclinaison de la route

d [m]	$t_0$ [s]	$d_0$ [m]	$d_1$ [m]	$h_0$ [m]	$h_1$ [m]	$h_{int}(d)$ [m]	$road_{grade,1}^d(d)$ [m/m]	$h_{int,sm,1}(d)$ [m]	$road_{grade,2}^d(d)$ [m/m]
0	18	0,0	0,1	120,3	120,4	120,3	0,0035	120,3	- 0,0015
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
120	37	117,9	125,7	120,9	121,2	121,0	- 0,0019	120,2	0,0035
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
200	46	193,4	204,1	121,4	120,7	121,0	- 0,0040	120,0	0,0051
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
320	56	308,4	320,0	119,8	119,7	119,7	0,0288	121,4	0,0088
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
520	113	519,9	523,6	132,5	132,6	132,5	0,0097	123,7	0,0037
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
720	149	719,2	730,2	123,6	123,4	123,6	- 0,0405	122,9	- 0,0086
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
798	158	796,1	798,8	121,2	121,2	121,2	- 0,0219	121,3	- 0,0151
799	159	798,8	800,0	121,2	121,2	121,2	- 0,0220	121,3	- 0,0152

Figure 2

L'effet de la vérification et de la correction des données — Le profil d'altitude mesuré par GPS  $h_{GPS}(t)$ , le profil d'altitude fourni par la carte topographique  $h_{map}(t)$ , le profil d'altitude obtenu après l'examen et la vérification de principe de la qualité des données  $h(t)$  et la correction  $h_{corr}(t)$  des données énumérées dans le tableau 1

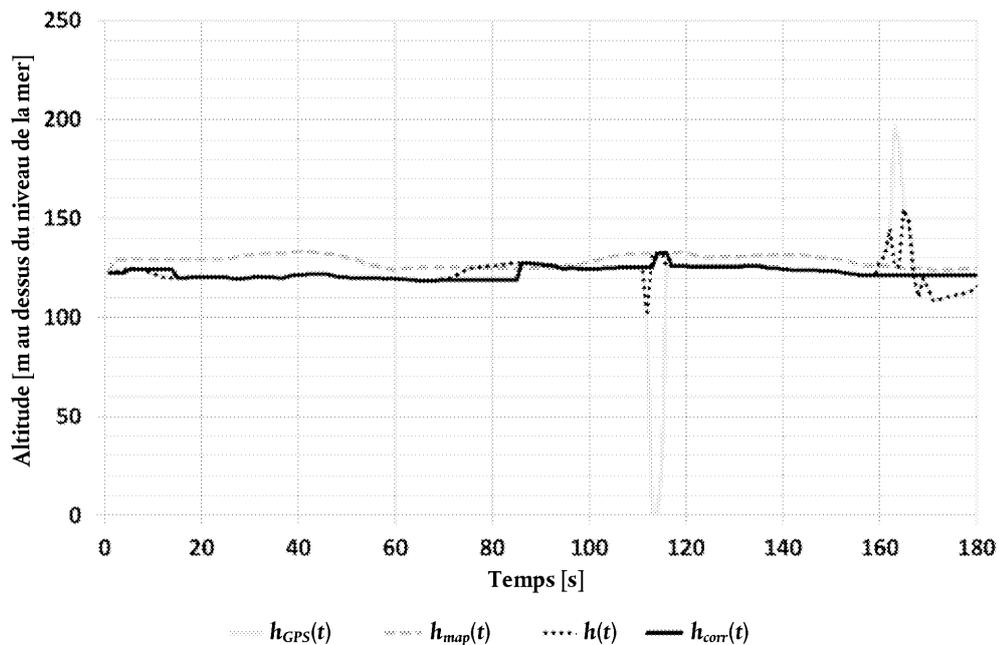


Figure 3

Comparaison entre le profil d'altitude corrigé  $h_{corr}(t)$  et l'altitude lissée et interpolée  $h_{int,sm,1}$

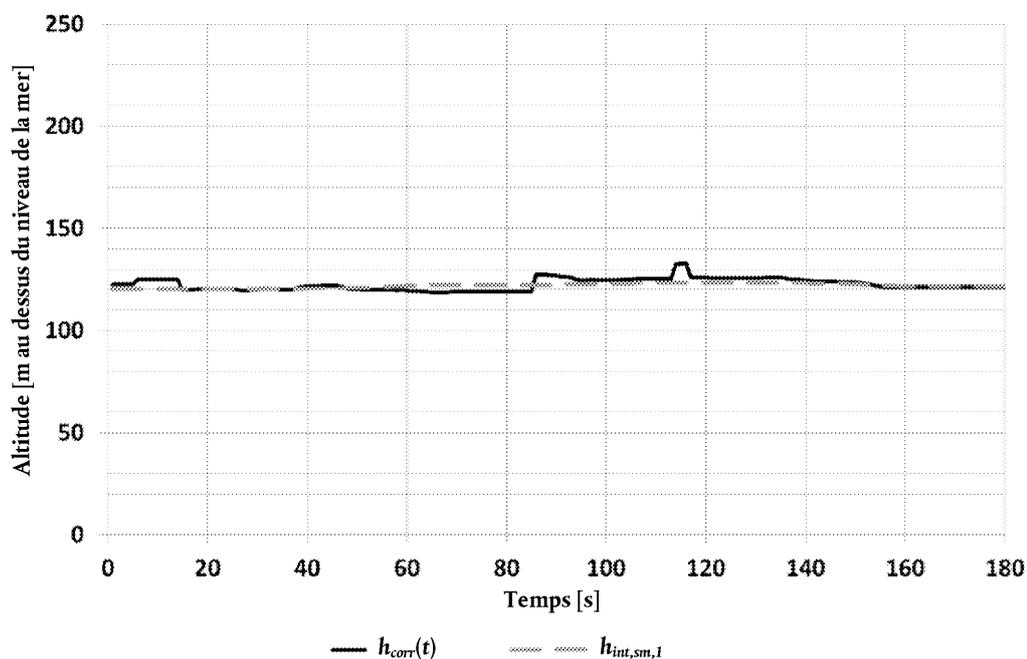


Tableau 2

## Calcul du gain d'élévation positif

d [m]	$t_0$ [s]	$d_0$ [m]	$d_1$ [m]	$h_0$ [m]	$h_1$ [m]	$h_{int}(d)$ [m]	$road_{grade,1}(d)$ [m/m]	$h_{int,sm,1}(d)$ [m]	$road_{grade,2}(d)$ [m/m]
0	18	0,0	0,1	120,3	120,4	120,3	0,0035	120,3	- 0,0015
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
120	37	117,9	125,7	120,9	121,2	121,0	- 0,0019	120,2	0,0035
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
200	46	193,4	204,1	121,4	120,7	121,0	- 0,0040	120,0	0,0051
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
320	56	308,4	320,0	119,8	119,7	119,7	0,0288	121,4	0,0088
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
520	113	519,9	523,6	132,5	132,6	132,5	0,0097	123,7	0,0037
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
720	149	719,2	730,2	123,6	123,4	123,6	- 0,0405	122,9	- 0,0086
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
798	158	796,1	798,8	121,2	121,2	121,2	- 0,0219	121,3	- 0,0151
799	159	798,8	800,0	121,2	121,2	121,2	- 0,0220	121,3	- 0,0152»