

II

(Actes non législatifs)

ACTES ADOPTÉS PAR DES INSTANCES CRÉÉES PAR DES ACCORDS INTERNATIONAUX

Seuls les textes originaux de la CEE (ONU) ont un effet légal en vertu du droit public international. Le statut et la date d'entrée en vigueur du présent règlement sont à vérifier dans la dernière version du document de statut TRANS/WP.29/343 de la CEE (ONU), disponible à l'adresse suivante: <http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29fdocstts.html>

Règlement n° 13-H de la Commission économique pour l'Europe des Nations unies (CEE-ONU) — Prescriptions uniformes relatives à l'homologation des voitures particulières en ce qui concerne le freinage [2015/2364]

Comprenant tout le texte valide jusqu'à:

Complément 16 à la version originale du règlement — Date d'entrée en vigueur: 15 juin 2015

TABLE DES MATIÈRES

RÈGLEMENT

1. Domaine d'application
2. Définitions
3. Demande d'homologation
4. Homologation
5. Spécifications
6. Essais
7. Modifications du type de véhicule ou de son système de freinage et extension de l'homologation
8. Conformité de la production
9. Sanctions pour non-conformité de la production
10. Arrêt définitif de la production
11. Noms et adresses des services techniques chargés des essais d'homologation et des autorités d'homologation
12. Dispositions transitoires

ANNEXES

1. Communication

Appendice – Liste des données relatives aux véhicules aux fins de l'homologation en vertu du règlement n° 90

2. Exemples de marque d'homologation
3. Essais de freinage et efficacité des systèmes de freinage

Appendice – Méthode de surveillance de l'état de charge des batteries

4. Dispositions concernant les sources d'énergie et les dispositifs de réserve d'énergie (accumulateurs d'énergie)

5. Répartition du freinage entre les essieux des véhicules
Appendice 1 – Méthode d'essai de l'ordre de blocage des roues
Appendice 2 – Méthode d'essai avec roues dynamométriques
 6. Prescriptions relatives aux essais des véhicules équipés de systèmes antiblocage
Appendice 1 – Symboles et définitions
Appendice 2 – Utilisation de l'adhérence
Appendice 3 – Efficacité sur des surfaces d'adhérence différentes
Appendice 4 – Méthode de sélection du revêtement à faible coefficient d'adhérence
 7. Méthodes d'essai sur dynamomètre à inertie pour garnitures de freins
 8. Prescriptions spéciales s'appliquant aux questions de sécurité relatives aux systèmes complexes de commande électronique du véhicule
 9. Systèmes électroniques de contrôle de stabilité et d'aide au freinage
Appendice 1 – Simulation de la stabilité dynamique
Appendice 2 – Outil de simulation de la stabilité dynamique et sa validation
Appendice 3 – Procès-verbal de l'essai de la fonction de contrôle de la stabilité du véhicule par simulation
Appendice 4 – Méthode de détermination de F_{ABS} et a_{ABS}
Appendice 5 – Traitement des données pour le système BAS
-
1. DOMAINE D'APPLICATION
 - 1.1. Le présent règlement s'applique au freinage des véhicules des catégories M_1 et N_1 ⁽¹⁾.
 - 1.2. Le domaine d'application du présent règlement ne couvre pas:
 - 1.2.1. Les véhicules dont, par construction, la vitesse ne peut dépasser 25 km/h;
 - 1.2.2. Les véhicules aménagés pour être conduits par des invalides.
 2. DÉFINITIONS
Au sens du présent règlement, on entend:
 - 2.1. Par «homologation du véhicule», l'homologation d'un type de véhicule en ce qui concerne le freinage.
 - 2.2. Par «type de véhicule», une catégorie de véhicules ne présentant pas entre eux de différences essentielles notamment sur les points suivants:
 - 2.2.1. La masse maximale, selon la définition du paragraphe 2.11 ci-dessous;
 - 2.2.2. La répartition de la masse sur les essieux;

⁽¹⁾ Le présent règlement propose une série de prescriptions applicables aux véhicules de la catégorie N_1 , différentes de celles contenues dans le règlement n° 13. Les Parties contractantes qui appliquent à la fois le règlement n° 13 et le présent règlement reconnaissent comme étant également valables les homologations accordées en vertu de l'un ou de l'autre de ces règlements. Les catégories M_1 et N_1 de véhicules sont définies dans la Résolution d'ensemble sur la construction des véhicules (R.E.3), document ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.3, par. 2 — www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29resolutions.html

- 2.2.3. La vitesse maximale par construction;
 - 2.2.4. Un équipement de freinage de type différent, notamment présence ou absence d'un équipement pour le freinage d'une remorque ou présence d'un système de freinage électrique;
 - 2.2.5. Le type du moteur;
 - 2.2.6. Le nombre des rapports et leur démultiplication;
 - 2.2.7. Les rapports de pont;
 - 2.2.8. La dimension des pneumatiques.
- 2.3. Par «équipement de freinage», l'ensemble des organes qui ont pour fonction de diminuer ou d'annuler progressivement la vitesse d'un véhicule en marche, ou de le maintenir immobile s'il se trouve déjà à l'arrêt; ces fonctions sont définies au paragraphe 5.1.2 ci-après. L'équipement se compose de la commande, de la transmission et du frein proprement dit.
- 2.4. Par «commande», la pièce directement actionnée par le conducteur pour fournir à la transmission l'énergie nécessaire pour freiner, ou pour la contrôler. Cette énergie peut être soit l'énergie musculaire du conducteur, soit une autre source d'énergie contrôlée par lui, soit une combinaison de ces diverses sources d'énergie.
- 2.5. Par «transmission», l'ensemble des éléments compris entre la commande et le frein et les reliant de façon fonctionnelle. La transmission peut être mécanique, hydraulique, pneumatique, électrique ou mixte. Lorsque le freinage est assuré ou assisté par une source d'énergie indépendante du conducteur, la réserve d'énergie que comporte le système fait aussi partie de la transmission.
- La transmission a deux fonctions indépendantes: la transmission de commande et la transmission d'énergie. Chaque fois que le terme «transmission» est utilisé seul dans le présent règlement, il désigne à la fois la «transmission de commande» et la «transmission d'énergie»:
- 2.5.1. Par «transmission de commande», l'ensemble des éléments de la transmission qui commandent le fonctionnement des freins, y compris la fonction de commande et la ou les réserves d'énergie nécessaires;
 - 2.5.2. Par «transmission d'énergie», l'ensemble des éléments qui fournissent aux freins l'énergie dont ils ont besoin pour fonctionner, y compris la ou les réserves d'énergie nécessaires au fonctionnement des freins;
- 2.6. Par «frein», l'organe où se développent les forces qui s'opposent au mouvement du véhicule. Le frein peut être du type à friction (lorsque les forces naissent du frottement entre deux pièces en mouvement relatif appartenant toutes deux au véhicule), électrique (lorsque les forces naissent par action électromagnétique entre deux éléments en mouvement relatif – mais ne se touchant pas – appartenant tous deux au véhicule), à fluide (lorsque les forces se développent par l'action d'un fluide qui se trouve entre deux éléments en mouvement relatif appartenant tous deux au véhicule), moteur (lorsque les forces proviennent d'une augmentation artificielle de l'action freinante du moteur qui est transmise aux roues).
- 2.7. Par «équipements de freinage de types différents», des équipements pouvant différer sur les points essentiels suivants:
- 2.7.1. Dispositifs dont les éléments ont des caractéristiques différentes;
 - 2.7.2. Dispositifs pour lesquels les caractéristiques des matériaux constituant un élément quelconque sont différentes ou dont les éléments ont une forme ou une dimension différente;

- 2.7.3. Dispositifs dont les éléments sont combinés différemment.
- 2.8. Par «élément de l'équipement de freinage», un des composants distincts dont l'ensemble forme l'équipement de freinage;
- 2.9. Par «freinage modérable», un freinage pendant lequel, à l'intérieur du champ de fonctionnement normal du dispositif, et pendant le serrage des freins (voir paragraphe 2.16 ci-dessous):
- 2.9.1. Le conducteur peut, à chaque instant, augmenter ou diminuer la force de freinage par action sur la commande;
- 2.9.2. La force de freinage varie dans le même sens que l'action sur la commande (fonction monotone);
- 2.9.3. Il est possible de procéder aisément à un réglage suffisamment fin de la force de freinage.
- 2.10. Par «véhicule en charge», sauf indications particulières, un véhicule chargé de manière à atteindre sa «masse maximale».
- 2.11. Par «masse maximale», la masse maximale techniquement admissible déclarée par le constructeur (cette masse peut être supérieure à la «masse maximale autorisée», fixée par l'administration nationale).
- 2.12. Par «répartition de la masse entre les essieux», la répartition de l'effet de la gravité sur la masse du véhicule et/ou son contenu entre les essieux.
- 2.13. Par «charge roue/essieu», la réaction (ou force) statique verticale de la surface de la route qui s'exerce dans la zone de contact sur la ou les roues de l'essieu.
- 2.14. Par «charge maximale sur la roue ou l'essieu à l'état stationnaire», la charge sur la roue ou l'essieu à l'état stationnaire réalisée lorsque le véhicule est en charge.
- 2.15. Par «équipement de freinage hydraulique avec accumulation d'énergie», un équipement de freinage où l'énergie est fournie par un fluide hydraulique sous pression, stocké dans un ou plusieurs accumulateurs alimentés depuis un ou plusieurs compresseurs, équipés chacun d'un dispositif permettant de limiter la pression à une valeur maximale. Cette valeur doit être précisée par le constructeur.
- 2.16. Par «actionnement», le serrage ou desserrage du dispositif de commande.
- 2.17. Par «système de freinage électrique à récupération» un système de freinage qui, pendant la décélération, permet de convertir l'énergie cinétique du véhicule en énergie électrique.
- 2.17.1. Par «commande de freinage électrique à récupération», un dispositif qui module l'action du système de freinage électrique à récupération;
- 2.17.2. Par «système de freinage électrique à récupération de la catégorie A», un système de freinage électrique à récupération ne faisant pas partie du système de freinage de service;
- 2.17.3. Par «système de freinage électrique à récupération de la catégorie B», un système de freinage électrique à récupération faisant partie du système de freinage de service;
- 2.17.4. Par «état de charge électrique», le rapport instantané entre la quantité d'énergie électrique stockée dans la batterie de traction et la quantité maximale d'énergie électrique pouvant être stockée dans cette batterie;

- 2.17.5. Par «batterie de traction», un ensemble d'accumulateurs constituant la réserve d'énergie utilisée pour alimenter le(s) moteur(s) de traction du véhicule.
- 2.18. Par «freinage coordonné» un moyen qui peut être utilisé, lorsque deux sources de freinage ou plus sont actionnées par une même commande, pour privilégier l'une par neutralisation progressive de l'autre (des autres), si bien qu'il faudrait un mouvement accru à la commande pour que ces sources puissent entrer en action.
- 2.19. Par «valeur nominale», des définitions de l'efficacité du freinage, pour donner une valeur à la fonction de transfert du système de freinage en comparant les valeurs de sortie et les valeurs d'entrée, pour les véhicules considérés isolément.
- 2.19.1. Par «valeur nominale», la caractéristique démontrable lors de l'homologation de type qui met en corrélation la force de freinage du véhicule seul et la valeur d'entrée du freinage.
- 2.20. Par «freinage à commande automatique», une fonction d'un système complexe de commande électronique où l'actionnement du (des) système(s) de freinage ou des freins de certains essieux, en vue de provoquer la décélération du véhicule avec ou sans intervention directe du conducteur résultant de l'évaluation automatique des informations communiquées par les systèmes de bord du véhicule.
- 2.21. Par «freinage sélectif», une fonction d'un système complexe de commande électronique dans lequel le (les) frein(s) de chaque roue est actionné par un dispositif automatique qui privilégie la modification du comportement dynamique du véhicule par rapport à la décélération.
- 2.22. Par «signal de freinage», un signal logique indiquant l'actionnement du freinage comme indiqué au paragraphe 5.2.22 du présent règlement.
- 2.23. Par «signal de freinage d'urgence», un signal logique indiquant l'actionnement du freinage d'urgence comme indiqué au paragraphe 5.2.23 du présent règlement.
- 2.24. Par «angle d'Ackermann», on entend l'angle dont la tangente est le quotient de l'empattement par le rayon de braquage à très basse vitesse.
- 2.25. Par «système de contrôle de stabilité» ou «ESC», on entend un système qui présente toutes les caractéristiques suivantes:
- 2.25.1. Il accroît la stabilité directionnelle du véhicule en ayant au moins la capacité de régler automatiquement et individuellement le couple de freinage des roues gauche et droite de chaque essieu ou d'un essieu de chaque groupe d'essieux ⁽²⁾ pour induire un moment le lacet correcteur, sur la base d'une évaluation du comportement réel du véhicule par comparaison avec une détermination du comportement du véhicule décidé par le conducteur;
- 2.25.2. Il est commandé par un module informatique dont le calculateur utilise un algorithme en boucle fermée pour limiter le survirage du véhicule et le sous-virage du véhicule, sur la base d'une évaluation du comportement réel du véhicule par comparaison avec une détermination du comportement de celui-ci tel qu'il est demandé par le conducteur;
- 2.25.3. Il est en mesure de déterminer directement la vitesse angulaire en lacet du véhicule et d'estimer son angle de dérive ou la dérivée par rapport au temps de l'angle de dérive;
- 2.25.4. Il peut contrôler en continu les signaux donnés par le conducteur à la commande de direction; et
- 2.25.5. Il utilise un algorithme pour déterminer la nécessité d'intervenir, et il est capable de modifier le couple moteur si nécessaire, pour aider le conducteur à garder le contrôle du véhicule.

⁽²⁾ Un groupe d'essieux est assimilé à un essieu simple et des roues jumelées sont assimilées à une roue simple.

- 2.26. Par «accélération latérale», on entend la composante vectorielle de l'accélération d'un point du véhicule perpendiculairement à l'axe (longitudinal) x du véhicule et parallèlement au plan de la route.
- 2.27. Par «survirage», on entend une situation dans laquelle la vitesse angulaire en lacet du véhicule est supérieure à ce qu'elle devrait être à la vitesse donnée du véhicule, compte tenu de l'effet de l'angle d'Ackermann.
- 2.28. Par «angle de dérive», on entend l'arc tangent de la vitesse latérale du centre de gravité du véhicule divisée par la vitesse longitudinale du même point.
- 2.29. Par «sous-virage», on entend une situation dans laquelle la vitesse angulaire en lacet du véhicule est inférieure à ce qu'elle devrait être à la vitesse donnée du véhicule, compte tenu de l'effet de l'angle d'Ackermann.
- 2.30. Par «vitesse angulaire en lacet», on entend la vitesse de changement de cap du véhicule, mesurée en degrés/seconde de rotation autour d'un axe vertical passant par le centre de gravité du véhicule.
- 2.31. Par «coefficient de freinage maximal (CFM)», on entend une mesure du frottement pneumatique/route fondée sur la décélération maximale obtenue avec une roue en rotation.
- 2.32. Par «espace d'affichage commun», on entend une zone où plusieurs témoins, indicateurs, symboles d'identification ou autres messages peuvent être affichés, mais non simultanément.
- 2.33. Par «facteur de stabilité statique», on entend le quotient de la moitié de la voie d'un véhicule par la hauteur de son centre de gravité, ou encore $SSF = T/2 H$, «T» étant la largeur de la voie (sur les véhicules à plusieurs essieux, moyenne de leurs largeurs et sur les essieux à roues jumelées, écartement entre les roues extérieures) et «H» la hauteur du centre de la gravité du véhicule.
- 2.34. Par «système d'aide au freinage (BAS)», une fonction du système de freinage qui déduit d'une caractéristique de l'actionnement du système de freinage par le conducteur qu'il y a situation de freinage d'urgence et qui, dans ces conditions:
- a) aide le conducteur à obtenir le taux de freinage le plus élevé possible; ou
 - b) fait en sorte que le système de freinage antiblocage effectue des cycles complets.
- 2.34.1. Par «système d'aide au freinage de catégorie A», un système qui détecte une situation de freinage d'urgence essentiellement ⁽³⁾ à partir de la force exercée par le conducteur sur la pédale de frein;
- 2.34.2. Par «système d'aide au freinage de catégorie B», un système qui détecte une situation de freinage d'urgence essentiellement ⁽³⁾ à partir de la vitesse imprimée par le conducteur à la pédale de frein;
- 2.35. Par «code d'identification», un code qui permet d'identifier les disques de freins ou les tambours de frein couverts par l'homologation du système de freinage accordée conformément au présent règlement. Il comprend au moins la marque de fabrique ou de commerce du fabricant et un numéro d'identification.
3. DEMANDE D'HOMOLOGATION
- 3.1. La demande d'homologation d'un type de véhicule en ce qui concerne le freinage est présentée par le constructeur du véhicule ou son représentant dûment accrédité.

⁽³⁾ Selon le constructeur du véhicule.

- 3.2. Elle est accompagnée des documents mentionnés ci-après, en triple exemplaire, et des indications suivantes:
- 3.2.1. Description du type de véhicule en ce qui concerne les points mentionnés au paragraphe 2.2 ci-dessus. Les numéros et/ou les symboles caractérisant le type du véhicule et le type de moteur doivent être indiqués;
- 3.2.2. Bordereau des éléments, dûment identifiés, formant l'équipement de freinage;
- 3.2.3. Schéma de l'ensemble de l'équipement de freinage et indication de la position de ses éléments sur le véhicule;
- 3.2.4. Dessins détaillés relatifs à chaque élément afin de permettre facilement leur repérage et leur identification.
- 3.3. Un véhicule, représentatif du type de véhicule à homologuer, doit être présenté au service technique chargé des essais d'homologation.
4. HOMOLOGATION
- 4.1. Lorsque le type de véhicule présenté à l'homologation en application du présent règlement satisfait aux prescriptions des paragraphes 5 et 6 ci-après, l'homologation pour ce type de véhicule est accordée.
- 4.2. Un numéro d'homologation est attribué à chaque type homologué dont les deux premiers chiffres correspondent à la série d'amendements comprenant les principales modifications techniques les plus récentes apportées au règlement à la date de la délivrance de l'homologation. Une même Partie contractante ne peut attribuer ce numéro au même type de véhicule équipé d'un autre type d'équipement de freinage, ni à un autre type de véhicule.
- 4.3. L'homologation ou le refus d'homologation d'un type de véhicule, en application du présent règlement, est communiqué aux Parties à l'accord appliquant le présent règlement au moyen d'une fiche conforme au modèle figurant à l'annexe 1 du présent règlement et d'un résumé des informations contenues dans les documents mentionnés aux paragraphes 3.2.1 à 2.4 ci-dessus, les dessins fournis par le demandeur de l'homologation étant au format maximal A4 (210 × 297 mm), ou pliés à ce format, et à une échelle appropriée.
- 4.4. Sur tout véhicule conforme à un type de véhicule homologué en application du présent règlement, il est apposé de manière visible, en un endroit facilement accessible et indiqué sur la fiche d'homologation, une marque d'homologation internationale composée:
- 4.4.1. D'un cercle à l'intérieur duquel est placée la lettre «E», suivie du numéro distinctif du pays ayant délivré l'homologation ⁽⁴⁾;
- 4.4.2. Du numéro du présent règlement, suivi de la lettre «R», d'un tiret et du numéro d'homologation, placés à la droite du cercle prévu au paragraphe 4.4.1 ci-dessus.
- 4.4.3. Dans le cas d'un véhicule satisfaisant aux prescriptions relatives au contrôle électronique de la stabilité et au système d'aide au freinage énoncées à l'annexe 9 du présent règlement, les lettres «ESC» doivent être ajoutées et placées immédiatement à droite de la lettre «R» visée au paragraphe 4.4.2 ci-dessus.
- 4.4.4. Dans le cas d'un véhicule satisfaisant aux prescriptions relatives à la fonction de contrôle de stabilité énoncées à l'annexe 21 du règlement n° 13 et aux prescriptions relatives au système d'aide au freinage énoncées à l'annexe 9 du présent règlement, les lettres «VSF» doivent être ajoutées et placées immédiatement à droite de la lettre «R» visée au paragraphe 4.4.2 ci-dessus.

⁽⁴⁾ Les numéros distinctifs des parties contractantes à l'accord de 1958 figurent à l'annexe 3 de la Résolution d'ensemble sur la construction des véhicules (R.E.3), document ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.3, annexe 3 – www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29resolutions.html

- 4.5. Si le véhicule est conforme à un type de véhicule homologué en application d'un autre ou de plusieurs autres règlements annexés à l'accord dans le même pays que celui qui a accordé l'homologation en application du présent règlement, le symbole prévu au paragraphe 4.4.1 ci-dessus n'a pas à être répété; dans ce cas, les numéros de règlement et d'homologation et les symboles additionnels de tous les règlements pour lesquels l'homologation est accordée dans le pays ayant délivré l'homologation en application du présent règlement doivent être rangés en colonnes verticales situées à droite du symbole prévu au paragraphe 4.4.1 ci-dessus.
- 4.6. La marque d'homologation doit être nettement lisible et indélébile.
- 4.7. La marque d'homologation doit être placée au voisinage de la plaque apposée par le constructeur et donnant les caractéristiques du véhicule, ou sur cette plaque.
- 4.8. L'annexe 2 du présent règlement donne des exemples de schémas de marques d'homologation.
5. SPÉCIFICATIONS
- 5.1. Généralités
- 5.1.1. Équipement de freinage
- 5.1.1.1. L'équipement de freinage doit être conçu, construit et monté de telle façon que, dans des conditions normales d'utilisation et en dépit des vibrations auxquelles il peut être soumis, le véhicule puisse satisfaire aux prescriptions du présent règlement.
- 5.1.1.2. En particulier, l'équipement de freinage doit être conçu, construit et monté de façon à résister aux phénomènes de corrosion et de vieillissement auxquels il est exposé.
- 5.1.1.3. Les garnitures de frein ne doivent pas contenir d'amiante.
- 5.1.1.4. L'efficacité de l'équipement de freinage ne doit pas être entamé par des champs magnétiques ou électriques. (Cette condition est remplie si le règlement n° 10, révisé par la série 02 d'amendements, est respecté.)
- 5.1.1.5. Un signal de détection de défaillance peut interrompre momentanément (< 10 ms) le signal de demande de la transmission de commande, à condition que l'efficacité du freinage n'en soit pas altérée.
- 5.1.2. Fonctions de l'équipement de freinage
- L'équipement de freinage défini au paragraphe 2.3 du présent règlement doit remplir les fonctions suivantes:
- 5.1.2.1. Système de freinage de service
- Le système de freinage de service doit permettre de contrôler le mouvement du véhicule et de l'arrêter d'une façon sûre, rapide et efficace, quels que soient la vitesse et l'état de charge et quelle que soit la déclivité ascendante ou descendante sur laquelle le véhicule se trouve. Son action doit être modérable. Le conducteur doit pouvoir obtenir ce freinage de sa place de conduite sans lever les mains de l'organe de direction.
- 5.1.2.2. Système de freinage de secours
- Le système de freinage de secours doit permettre, par actionnement du contrôle du freinage de service, d'arrêter le véhicule sur une distance raisonnable en cas de défaillance du freinage de service. Son action doit être modérable. Le conducteur doit pouvoir obtenir ce freinage de sa place de conduite sans lever les mains de l'organe de direction. Aux fins de la présente prescription, il est supposé qu'il ne peut se produire à la fois plus d'une défaillance du système de freinage de service.
- 5.1.2.3. Système de freinage de stationnement
- Le système de freinage de stationnement doit permettre de maintenir le véhicule immobile sur une déclivité ascendante ou descendante, même en l'absence du conducteur, les éléments actifs restant alors maintenus en position de serrage au moyen d'un dispositif à action purement mécanique. Le conducteur doit pouvoir obtenir ce freinage de sa place de conduite.

- 5.1.3. Les prescriptions de l'annexe 8 s'appliquent pour les questions de sécurité relatives à tous les systèmes complexes de commande électronique du véhicule qui assurent la transmission de commande de la fonction de freinage y compris ceux qui utilisent le(s) système(s) de freinage pour le freinage à commande automatique ou le freinage sélectif.

Toutefois, les systèmes ou fonctions qui utilisent le système de freinage pour atteindre un objectif supérieur doivent satisfaire aux dispositions de l'annexe 8 uniquement dans la mesure où ils ont un effet direct sur le système de freinage. Si de tels systèmes sont présents, ils ne doivent pas être mis hors fonction pendant l'essai d'homologation de type du système de freinage.

- 5.1.4. Prescriptions relatives au contrôle technique périodique des systèmes de freinage

- 5.1.4.1. Il doit être possible de contrôler l'état d'usure des éléments du frein de service qui sont soumis à usure, par exemple les garnitures de friction et les tambours ou les disques (dans le cas des tambours ou des disques, l'évaluation de l'usure n'est pas nécessairement faite lors du contrôle technique périodique). Les modalités de ce contrôle sont définies dans le paragraphe 5.2.11.2 du présent règlement.

- 5.1.4.2. Il doit être possible de vérifier de façon fréquente et simple le fonctionnement correct des systèmes électroniques complexes qui commandent le freinage. Si des informations spéciales sont nécessaires à cette fin, elles doivent être mises à disposition.

- 5.1.4.2.1. Lorsque l'état de fonctionnement est indiqué au conducteur par des signaux d'avertissement, comme prescrit dans le présent règlement, il doit être possible lors d'un contrôle technique périodique de confirmer le bon fonctionnement par une observation visuelle des signaux d'avertissement présents après remise du contact.

- 5.1.4.2.2. Au moment de l'homologation de type, les moyens de protection mis en œuvre contre la simple modification non autorisée du fonctionnement des systèmes de contrôle choisis par le constructeur (témoin d'alarme par exemple) doivent être décrits de façon confidentielle. À défaut, on considère qu'il est satisfait à cette prescription relative à la protection des systèmes lorsqu'il existe un autre moyen de vérifier leur fonctionnement correct.

- 5.1.4.3. Il doit être possible de produire des forces maximales de freinage dans des conditions statiques sur un dynamomètre à inertie ou sur un banc d'essai de freinage à rouleaux.

- 5.2. Caractéristiques des systèmes de freinage

- 5.2.1. L'ensemble des systèmes de freinage dont est équipé le véhicule doivent satisfaire aux conditions exigées pour le freinage de service, de secours et de stationnement.

- 5.2.2. Les systèmes assurant le freinage de service, de secours et de stationnement peuvent avoir des parties communes, sous réserve de satisfaire aux prescriptions suivantes:

- 5.2.2.1. Il doit y avoir au moins deux commandes, indépendantes l'une de l'autre, aisément accessibles au conducteur de sa place de conduite normale. Toutes les commandes de frein doivent être conçues de façon à revenir à leur position de départ quand elles sont desserrées. Cette prescription ne s'applique pas à la commande de frein de stationnement quand elle est verrouillée mécaniquement en position;

- 5.2.2.2. La commande du système de freinage de service doit être indépendante de celle du système de freinage de stationnement;

- 5.2.2.3. L'efficacité de la liaison entre la commande du système de freinage de service et les différentes parties des systèmes de transmission ne doit pas pouvoir être altérée après une certaine période d'utilisation;

- 5.2.2.4. Le système de freinage de stationnement doit être conçu de telle sorte que, lorsque le véhicule est en mouvement, il puisse être actionné. Il peut être satisfait à cette prescription par l'actionnement du frein de service du véhicule au moyen d'une commande auxiliaire;

- 5.2.2.5. Sans préjudice des prescriptions du paragraphe 5.1.2.3 du présent règlement, le système de freinage de service et le système de freinage de stationnement peuvent comporter des éléments de transmission communs, à condition qu'en cas de défaillance de l'un d'eux, les prescriptions applicables au freinage de secours continuent d'être satisfaites;
- 5.2.2.6. Une rupture d'un élément autre que les freins (au sens du paragraphe 2.6 ci-dessus) et les composants mentionnés au paragraphe 5.2.2.10 ci-après, ou toute autre défaillance dans le système de freinage de service (mauvais fonctionnement, épuisement partiel ou total d'une réserve d'énergie), ne doit pas empêcher la fraction du système de freinage de service qui n'est pas affectée par la défaillance de pouvoir arrêter le véhicule dans les conditions requises pour le freinage de secours;
- 5.2.2.7. Si le freinage de service est assuré par l'action de l'énergie musculaire du conducteur assistée par une ou plusieurs réserves d'énergie, le freinage de secours doit, en cas de défaillance de cette assistance, pouvoir être assuré par l'énergie musculaire du conducteur, assistée, le cas échéant, par les réserves d'énergie non affectées par la défaillance, la force sur la commande ne dépassant pas les maxima prescrits;
- 5.2.2.8. Si la force de freinage de service et sa transmission sont obtenues exclusivement par l'utilisation, commandée par le conducteur, d'une réserve d'énergie, il doit y avoir au moins deux réserves d'énergie complètement indépendantes et munies de leurs propres transmissions également indépendantes; chacune d'elles peut n'agir que sur les freins de deux ou de plusieurs roues choisies de façon qu'elles puissent assurer, seules, le freinage de secours dans les conditions prescrites et sans compromettre la stabilité du véhicule pendant le freinage; en outre, chacune de ces réserves d'énergie doit être munie d'un dispositif d'avertissement défini au paragraphe 5.2.14 ci-après;
- 5.2.2.9. Si la force de freinage de service et sa transmission sont obtenues exclusivement par l'utilisation d'une réserve d'énergie, il est considéré qu'une réserve d'énergie suffit pour la transmission, à condition que le freinage de secours soit assuré par l'énergie musculaire du conducteur manœuvrant la commande du frein de service et que les prescriptions du paragraphe 5.2.5 ci-après soient satisfaites;
- 5.2.2.10. Certaines pièces, comme la pédale et son support, le maître-cylindre et son (ou ses) piston(s), le distributeur, la liaison entre la pédale et le maître-cylindre ou le distributeur, les cylindres de frein et leurs pistons et les ensembles leviers-cames des freins ne sont pas considérés comme éventuellement sujets à rupture, à condition que ces pièces aient des dimensions largement calculées, qu'elles soient aisément accessibles pour l'entretien et présentent des caractéristiques de sécurité au moins égales à celles requises pour les autres organes essentiels des véhicules (par exemple pour la tringlerie de direction). Si la défaillance d'une seule de ces pièces rend impossible le freinage du véhicule avec une efficacité au moins égale à celle exigée pour le freinage de secours, cette pièce doit être métallique ou en un matériau de caractéristiques équivalentes et ne doit pas subir de déformation notable au cours du fonctionnement normal des systèmes de freinage.
- 5.2.3. La défaillance d'une fraction d'un système de transmission hydraulique doit être signalée au conducteur par un dispositif comportant un voyant rouge s'allumant avant ou dès l'exercice d'une pression différentielle ne dépassant pas 15,5 bars entre le système actif et le système défaillant, mesurée à la sortie du maître-cylindre, ce voyant devant rester allumé tant que dure la défaillance et que le contact d'allumage (de démarrage) est dans la position «marche». Toutefois, un dispositif comportant un voyant rouge qui s'allume lorsque le liquide dans le réservoir est inférieur à un certain niveau défini par le constructeur est admis. Le voyant doit être visible même de jour; son bon état doit pouvoir être contrôlé aisément par le conducteur depuis son siège. La défaillance d'un élément du dispositif ne doit pas entraîner la perte totale d'efficacité du système de freinage. Le serrage du frein de stationnement doit aussi être indiqué au conducteur. Le même voyant peut servir à cet effet.
- 5.2.4. Lorsqu'il est fait appel à une énergie autre que l'énergie musculaire du conducteur, la source d'énergie (pompe hydraulique, compresseur d'air, etc.) peut être unique, mais le mode d'entraînement du dispositif constituant cette source doit être aussi sûr que possible.
- 5.2.4.1. En cas de défaillance d'une partie quelconque de la transmission d'un système de freinage, l'alimentation de la partie non affectée par la défaillance doit continuer à être assurée si cela est nécessaire pour arrêter le véhicule avec l'efficacité prescrite pour le freinage de secours. Cette condition doit être réalisée au moyen de dispositifs pouvant aisément être mis en œuvre lorsque le véhicule est à l'arrêt ou par un dispositif à fonctionnement automatique.

- 5.2.4.2. De plus, les réservoirs situés en aval de ce dispositif doivent être tels qu'en cas de défaillance de l'alimentation en énergie il soit encore possible, après quatre manœuvres à fond de course de la commande du frein de service, et dans les conditions prescrites au paragraphe 1.2 de l'annexe 4 du présent règlement, d'arrêter le véhicule à la cinquième manœuvre avec l'efficacité prescrite pour le freinage de secours.
- 5.2.4.3. Cependant, pour les systèmes de freinage hydraulique avec accumulation d'énergie, ces dispositions peuvent être considérées comme satisfaites à condition que les prescriptions du paragraphe 1.3 de l'annexe 4 du présent règlement le soient également.
- 5.2.5. Les prescriptions des paragraphes 5.2.2, 5.2.3 et 5.2.4 ci-dessus doivent être satisfaites sans recourir à un dispositif à fonctionnement automatique d'un type tel que son inefficacité soit susceptible de n'être pas remarquée du fait que des pièces normalement en position de repos n'entrent en action qu'en cas de défaillance du système de freinage.
- 5.2.6. Le dispositif de freinage de service doit agir sur toutes les roues du véhicule et cette action doit être répartie convenablement entre les essieux.
- 5.2.7. Dans le cas de véhicules équipés de systèmes de freinage électrique à récupération de la catégorie B, l'apport d'autres sources de freinage peut être convenablement dosé de manière que le système de freinage électrique à récupération soit seul en action, pour autant que les deux conditions suivantes soient remplies:
- 5.2.7.1. Des variations intrinsèques du couple appliqué par le système de freinage électrique à récupération (par exemple à la suite de modifications de l'état de charge électrique des batteries de traction) sont automatiquement compensées par une variation appropriée du dosage relatif, pour autant que les prescriptions ⁽⁵⁾ de l'une des annexes suivantes du présent règlement soient satisfaites:

Annexe 3, paragraphe 1.3.2, ou

Annexe 6, paragraphe 5.3 (y compris les cas où le moteur électrique est en fonction), et

- 5.2.7.2. Partout où cela est nécessaire, afin d'assurer un taux de freinage ⁽³⁾ conforme à la demande du conducteur et tenant compte de l'adhérence, le freinage doit automatiquement être appliqué à toutes les roues du véhicule.
- 5.2.8. L'action du dispositif de freinage de service doit être répartie symétriquement entre les roues de chaque essieu, par rapport au plan longitudinal médian du véhicule.

La compensation et les fonctions, telles que l'antiblocage, qui peuvent entraîner des exceptions à cette répartition symétrique doivent être déclarées.

- 5.2.8.1. La compensation par la transmission de commandes électriques d'une défaillance ou d'un défaut du système de freinage doit être indiquée au conducteur au moyen du voyant jaune mentionné au paragraphe 5.2.1.1.2 ci-après. Cette prescription s'applique, quel que soit l'état de charge du véhicule, lorsque la compensation dépasse les limites suivantes:
- 5.2.8.1.1. Un écart entre les prescriptions de freinage des extrémités de tout essieu:
- a) égal à 25 % de la valeur supérieure, pour toute décélération du véhicule $\geq 2 \text{ m/s}^2$;
- b) égal à une valeur correspondant à 25 %, à 2 m/s^2 , pour toute décélération inférieure à cette valeur;

⁽⁵⁾ L'autorité d'homologation de type appelée à accorder l'homologation peut vérifier le système de freinage de secours en soumettant le véhicule à des procédures d'essais supplémentaires.

5.2.8.1.2. Une valeur de compensation individuelle sur tout essieu:

- a) $> \text{à } 50 \%$ de la valeur nominale, pour toute décélération du véhicule $\geq \text{à } 2 \text{ m/s}^2$;
- b) une valeur correspondant à 50% de la valeur nominale à 2 m/s^2 , pour toute décélération inférieure à cette valeur.

5.2.8.2. La compensation définie ci-dessus n'est autorisée que si l'actionnement initial des freins intervient alors que le véhicule roule à plus de 10 km/h .

5.2.9. Les défaillances de la transmission de commande électrique ne doivent pas avoir pour effet d'actionner les freins contre la volonté du conducteur.

5.2.10. Les systèmes de freinage de service, de secours et de stationnement doivent agir sur des surfaces freinées reliées aux roues par l'intermédiaire de pièces suffisamment robustes.

Lorsque le couple de freinage pour tel ou tel essieu est assuré à la fois par un système de freinage à friction et un système de freinage électrique à récupération de la catégorie B, la mise hors fonction de cette dernière source est autorisée, pour autant que la source de freinage à friction demeure constamment en fonction et capable de fournir la compensation dont il est question au paragraphe 5.2.7.1 ci-dessus.

Toutefois, en cas d'effets transitoires de perte de contact de brève durée, une compensation incomplète est admise, mais elle doit avoir atteint, dans la seconde, au moins 75% de sa valeur finale.

Néanmoins, dans tous les cas, la source de freinage à friction constamment en fonction doit garantir que tant le système de freinage de service que le système de freinage de secours continuent de fonctionner avec le degré d'efficacité prescrit.

Pour le système de freinage de stationnement, un désaccouplement des surfaces freinées n'est admis qu'à condition d'être commandé exclusivement par le conducteur de sa place de conduite au moyen d'un système ne pouvant entrer en action à cause d'une fuite.

5.2.11. L'usure des freins doit pouvoir être aisément compensée par un système de réglage manuel ou automatique. En outre, la commande et les éléments de la transmission et des freins doivent posséder une réserve de course et, si nécessaire, un dispositif de compensation approprié tel que, après échauffement des freins ou après un certain degré d'usure des garnitures, l'efficacité du freinage soit assurée sans nécessité d'un réglage immédiat.

5.2.11.1. Le rattrapage de l'usure doit être automatique pour les freins de service. Les dispositifs de rattrapage automatique d'usure doivent être tels qu'après échauffement et refroidissement des freins, un freinage efficace soit encore assuré. Le véhicule doit en particulier être encore en mesure de rouler normalement après les essais effectués conformément au paragraphe 1.5 de l'annexe 3 (essai du type I).

5.2.11.2. Contrôle de l'usure des éléments de friction du frein de service

5.2.11.2.1. Il doit être possible d'évaluer facilement l'usure des garnitures du frein de service depuis l'extérieur ou le dessous du véhicule, sans enlever les roues, par les trous de visite prévus à cet effet ou par tout autre moyen. Cette inspection doit pouvoir se faire à l'aide de simples outils ordinaires ou d'un équipement d'inspection courant.

Un dispositif de détection monté sur chaque roue (les roues jumelées étant considérées comme une seule roue) transmettant au conducteur, à son poste de conduite, un signal l'avertissant que les garnitures doivent être remplacées est également acceptable. Le signal d'avertissement jaune défini au paragraphe 5.2.21.1.2 peut être utilisé.

5.2.11.2.2. L'état d'usure des surfaces de friction des disques ou des tambours de frein ne peut être évalué que par une mesure directe de l'élément proprement dit ou par un examen des témoins d'usure des disques ou des tambours de frein, ce qui peut nécessiter un certain degré de démontage. Par conséquent, lors de l'homologation de type, le constructeur du véhicule doit:

- a) indiquer la méthode à utiliser pour évaluer le degré d'usure des surfaces de friction des disques et des tambours, y compris le degré de démontage nécessaire et les outils et moyens à utiliser pour ce faire;
- b) définir la limite d'usure maximale admissible des surfaces de friction, à partir de laquelle elles doivent être remplacées.

Ces renseignements doivent être indiqués, par exemple dans le manuel d'utilisation du véhicule ou sur un support électronique.

5.2.12. Dans les systèmes de freinage à transmission hydraulique, les orifices de remplissage des réservoirs de liquide doivent être aisément accessibles; en outre, les récipients contenant la réserve de liquide doivent être conçus et construits de manière à permettre, sans qu'il soit nécessaire de les ouvrir, un contrôle aisé du niveau de la réserve et la capacité totale minimale du réservoir est équivalente au déplacement de liquide qui se produit lorsque tous les cylindres de roue ou les pistons d'étrier desservis par les réservoirs passent de la position rétractée à la position complètement serrée correspondant à une garniture usée. Si ces dernières conditions ne sont pas remplies, le voyant rouge défini au paragraphe 5.2.21.1.1 doit appeler l'attention du conducteur sur toute baisse de la réserve de liquide susceptible d'entraîner une défaillance du système de freinage.

5.2.13. Le type de liquide à utiliser pour les systèmes de freinage à transmission hydraulique est indiqué par le symbole utilisé dans la figure 1 ou 2 de la norme ISO 9128:2006 et par le symbole DOT approprié (par exemple DOT 3). Le symbole et les marques doivent être indélébiles et apposés dans un endroit visible à une distance de 100 mm des orifices de remplissage des réservoirs de liquide; le fabricant peut fournir des indications complémentaires à ce sujet.

5.2.14. Dispositif d'avertissement

5.2.14.1. Tout véhicule équipé d'un frein de service actionné à partir d'un réservoir d'énergie doit, dans le cas où l'efficacité prescrite pour le freinage de secours est impossible au moyen de ce frein sans l'intervention de l'énergie accumulée, être muni d'un dispositif d'avertissement, donnant un signal lumineux ou sonore lorsque l'énergie accumulée, dans une partie quelconque du système, est descendue à une valeur à laquelle, sans réalimentation du réservoir et quel que soit l'état de charge du véhicule, il est encore possible après quatre manœuvres à fond de la commande du frein de service d'obtenir à la cinquième manœuvre l'efficacité prescrite pour le freinage de secours (sans défaillance de la transmission du frein de service et avec les freins réglés au plus juste). Ce dispositif d'avertissement doit être raccordé directement et de façon permanente au circuit. Lorsque le moteur fonctionne dans des conditions d'utilisation normales et qu'aucune défaillance n'affecte le système de freinage, comme c'est le cas pendant les essais d'homologation du type, le dispositif d'avertissement ne doit pas se déclencher sauf pendant le temps nécessaire pour recharger le ou les réservoirs d'énergie après la mise en marche du moteur. Le voyant rouge défini au paragraphe 5.2.21.1.1 ci-après sert de signal d'avertissement lumineux.

5.2.14.2. Toutefois, dans le cas de véhicules considérés comme satisfaisant aux prescriptions du paragraphe 5.2.4.1 du présent règlement uniquement du fait qu'ils satisfont à celles du paragraphe 1.3 de l'annexe 4 du même règlement, le dispositif d'avertissement comprend un signal sonore en plus du signal lumineux. Il n'est pas nécessaire que ces dispositifs fonctionnent simultanément, à condition que chacun d'eux réponde aux prescriptions ci-dessus et que le signal sonore ne se déclenche pas avant le signal lumineux. Le voyant rouge défini au paragraphe 5.2.21.1.1 ci-après sert de signal d'avertissement lumineux.

5.2.14.3. Ce dispositif acoustique peut être mis hors circuit pendant le serrage du frein de stationnement et/ou, au choix du constructeur, pendant que le levier de sélection, dans le cas d'une transmission automatique, est dans la position stationnement.

5.2.15. Sans préjudice des prescriptions énoncées au paragraphe 5.1.2.3 ci-dessus, lorsqu'une source auxiliaire d'énergie est indispensable au fonctionnement d'un système de freinage, la réserve d'énergie doit être telle qu'en cas d'arrêt du moteur, ou de défaillance du mode d'entraînement de la source d'énergie, l'efficacité du freinage reste suffisante pour permettre l'arrêt du véhicule dans les conditions prescrites. En outre, si l'action musculaire du conducteur sur le système de freinage de stationnement est renforcée par un dispositif d'assistance, il doit être possible d'actionner le frein de stationnement en cas de défaillance de l'assistance, au besoin en recourant à une réserve d'énergie indépendante de celle assurant normalement cette assistance. Cette réserve d'énergie peut être celle qui est destinée au frein de service.

- 5.2.16. L'équipement auxiliaire pneumatique/hydraulique doit être alimenté en énergie de telle sorte que les valeurs de décélération prescrites soient atteintes pendant son fonctionnement et que, même en cas d'avarie de la source d'énergie, le fonctionnement de l'équipement auxiliaire ne puisse avoir pour effet de réduire les réserves d'énergie alimentant les systèmes de freinage à un niveau inférieur à celui indiqué au paragraphe 5.2.14 ci-dessus.
- 5.2.17. Dans le cas d'un véhicule à moteur équipé pour tirer une remorque munie de freins de service électriques, les prescriptions suivantes doivent être satisfaites:
- 5.2.17.1. La source électrique (générateur et batterie) du véhicule à moteur doit être d'une capacité suffisante pour fournir le courant destiné à un système de freinage électrique. Après la mise en marche du moteur à la vitesse de ralenti recommandée par le constructeur et la mise sous tension de tous les dispositifs électriques montés en série, la tension dans les lignes électriques ne doit pas, pour une consommation maximale du système de freinage électrique (15 A), tomber au-dessous de la valeur de 9,6 V mesurée au point de contact avec le réseau. Les lignes électriques ne doivent pas pouvoir se mettre en court-circuit même en cas de surcharge;
- 5.2.17.2. En cas de défaillance du système de freinage de service d'un véhicule à moteur, lorsque ce système comprend au moins deux unités indépendantes, l'unité ou les unités non affectées par la défaillance doivent pouvoir partiellement ou totalement actionner les freins de la remorque;
- 5.2.17.3. L'utilisation de l'interrupteur et du circuit du feu stop pour commander le système de freinage électrique n'est admise que si la ligne de commande est connectée en parallèle avec le feu stop et que l'interrupteur et le circuit existants de celui-ci sont capables de supporter cette charge supplémentaire.
- 5.2.18. Prescriptions supplémentaires pour les véhicules équipés d'un système de freinage électrique à récupération
- 5.2.18.1. Véhicules équipés d'un système de freinage électrique à récupération de la catégorie A
- 5.2.18.1.1. Le système de freinage électrique à récupération doit être actionné uniquement par la commande d'accélérateur et/ou la position point mort du levier de vitesse.
- 5.2.18.2. Véhicules équipés d'un système de freinage électrique à récupération de la catégorie B
- 5.2.18.2.1. Il ne doit pas être possible de débrancher partiellement ou totalement une partie du système de freinage de service autrement que par un dispositif automatique. Cela ne doit pas être interprété comme une dérogation aux prescriptions du paragraphe 5.2.10 ci-dessus.
- 5.2.18.2.2. Le système de freinage de service ne doit comporter qu'un seul dispositif de commande.
- 5.2.18.2.3. Le fonctionnement du système de freinage de service ne doit pas être perturbé par la mise du (des) moteur(s) au point mort ou par le rapport utilisé.
- 5.2.18.2.4. Si le fonctionnement de la composante électrique de freinage est basée sur une relation établie entre l'information provenant de la commande de freinage de service et la force de freinage sur les roues qui en résulte, une défaillance de cette relation entraînant le non-respect des prescriptions de la répartition du freinage entre les essieux (annexe 5 ou 6 suivant le cas) doit être signalée au conducteur par un voyant s'allumant au plus tard lorsque la commande est actionnée et devant rester allumé aussi longtemps que ce défaut existe et que l'interrupteur de contact est dans la position «marche».
- 5.2.18.3. Pour les véhicules équipés d'un système de freinage électrique à récupération de l'une ou l'autre catégorie, toutes les prescriptions pertinentes doivent être respectées, sauf celles du paragraphe 5.2.18.1.1 ci-dessus. Dans ce cas, le freinage électrique à récupération peut être actionné par la commande d'accélérateur et/ou la position point mort du levier de vitesse. De plus, l'actionnement de la commande du frein de service ne doit pas réduire l'effet de freinage ci-dessus obtenu par relâchement de la commande d'accélérateur.

- 5.2.18.4. Le fonctionnement du freinage électrique ne doit pas être perturbé par des champs magnétiques ou électriques.
- 5.2.18.5. Pour les véhicules équipés d'un dispositif antiblocage, ce dernier doit commander le système de freinage électrique.
- 5.2.18.6. L'état de charge des batteries de traction est déterminé suivant la méthode définie à l'appendice de l'annexe 3 du présent règlement ⁽⁶⁾.
- 5.2.19. Dispositions supplémentaires spéciales pour la transmission électrique du système de freinage de stationnement:
- 5.2.19.1. En cas de défaillance de la transmission électrique, tout actionnement involontaire du système de freinage de stationnement doit être évité;
- 5.2.19.2. En cas de défaillance électrique de la commande ou de rupture du câblage de la transmission de commande électrique entre ladite commande et le module de gestion électronique auquel elle est directement reliée, et non de l'alimentation électrique, il doit encore être possible d'actionner le frein de stationnement à partir du siège du conducteur et donc de maintenir le véhicule chargé immobile sur une pente de 8 %. L'actionnement automatique du frein de stationnement est admis lorsque le véhicule est à l'arrêt, à condition que le niveau d'efficacité ci-dessus soit atteint et que le frein de stationnement reste serré quelle que soit la position du contacteur d'allumage (de démarrage). Le frein de stationnement doit automatiquement se desserrer lorsque le conducteur remet le véhicule en marche. L'enclenchement d'un rapport ou la transmission automatique (en position «parc») peuvent servir ou contribuer à atteindre le niveau d'efficacité ci-dessus.
- 5.2.19.2.1. Toute rupture du câblage de transmission électrique, ou toute défaillance électrique de la commande du frein de stationnement, doit être signalée au conducteur au moyen du signal d'avertissement de couleur jaune défini au paragraphe 5.2.21.1.2. Lorsqu'il est causé par une rupture du câblage de transmission de commande électrique du frein de stationnement, le signal d'avertissement de couleur jaune doit se déclencher instantanément.
- En outre, toute défaillance électrique de la commande ou rupture du câblage en dehors de l'unité (des unités) de commande électronique(s), à l'exclusion de la réserve d'énergie, doit être indiquée au conducteur par le clignotement du signal d'avertissement de couleur rouge défini au paragraphe 5.2.21.1.1, aussi longtemps que le contact d'allumage (démarrage) est mis, et au moins encore 10 s après la coupure du contact, et aussi longtemps que la commande est sur la position «en fonction».
- Cependant, si le système du frein de stationnement détecte que le frein de stationnement est correctement activé, le clignotement du signal d'avertissement rouge peut être supprimé et un signal d'avertissement rouge non clignotant sera utilisé pour indiquer «frein de stationnement serré».
- Si l'actionnement du frein de stationnement est normalement indiqué au moyen d'un signal d'avertissement distinct de couleur rouge, satisfaisant à toutes les prescriptions du paragraphe 5.2.21.2 ci-après, ledit signal doit être utilisé de façon à satisfaire aux prescriptions ci-dessus applicables au signal de couleur rouge.
- 5.2.19.3. L'équipement auxiliaire peut être alimenté en énergie par l'intermédiaire de la transmission électrique du frein de stationnement, à condition que l'énergie disponible soit suffisante pour actionner le frein de stationnement et alimenter en plus tous les autres consommateurs électriques du véhicule, en l'absence de toute défaillance. De plus, lorsque cette réserve d'énergie est aussi utilisée par le frein de service, les dispositions du paragraphe 5.2.20.6 ci-après s'appliquent.
- 5.2.19.4. Une fois que le contact d'allumage/démarrage qui commande l'alimentation en électricité de l'équipement de freinage a été coupé et/ou que la clef de contact a été retirée, il doit encore être possible d'actionner le système de freinage de stationnement, mais il doit être impossible de le desserrer.
- 5.2.20. Dispositions supplémentaires spéciales pour les systèmes de freinage de service à transmission de commande électrique
- 5.2.20.1. Lorsque le frein de stationnement est desserré, le frein de service doit offrir les fonctions suivantes:

⁽⁶⁾ En accord avec le service technique, l'évaluation de l'état de charge n'est pas nécessaire sur les véhicules disposant d'une source d'énergie embarquée leur permettant de charger leurs batteries de traction et d'un moyen de régulation de leur état de charge.

- a) lorsque le dispositif de commande marche/arrêt du véhicule est en position «marche», produire une force de freinage statique totale au moins égale à celle requise lors de l'essai de type 0 (mesure de l'efficacité du freinage de service) visé au paragraphe 2.1 de l'annexe 3 au présent règlement;
- b) dans les 60 premières secondes suivant le passage du dispositif de commande marche/arrêt en position «arrêt» ou «verrouillé» et/ou le retrait de la clef de contact, le fait de freiner trois fois doit produire une force de freinage statique totale au moins égale à celle requise lors de l'essai de type 0 (mesure de l'efficacité du freinage de service) visé au paragraphe 2.1 de l'annexe 3 au présent règlement; et
- c) à l'issue de la durée susmentionnée ou dès le quatrième freinage intervenu dans les 60 premières secondes, le premier de ces deux états étant déterminant, produire une force de freinage statique totale au moins égale à celle requise lors de l'essai de type 0 (mesure de l'efficacité du freinage de secours) visé au paragraphe 2.2 de l'annexe 3 au présent règlement.

Il est entendu qu'il reste suffisamment d'énergie dans le système de transmission d'énergie du frein de service.

- 5.2.20.2. En cas de défaillance temporaire unique (< 40 ms) de la transmission de commande électrique, à l'exclusion de sa réserve d'énergie (signal non transmis ou erreur de données, par exemple), l'efficacité du frein de service ne doit pas être entamée de façon perceptible.
- 5.2.20.3. Toute défaillance de la transmission de la commande électrique (7), à l'exclusion de sa réserve d'énergie, qui affecte le fonctionnement et l'efficacité des systèmes visés par le présent règlement, doit être indiquée au conducteur au moyen des signaux d'avertissement de couleur rouge ou jaune, respectivement définis aux paragraphes 5.2.21.1.1 et 5.2.21.1.2 ci-après, selon le cas. Lorsque l'efficacité prescrite du frein de service ne peut plus être assurée (voyant rouge), les défaillances dues à une interruption de l'alimentation électrique (à cause d'une rupture ou d'un débranchement, par exemple) sont signalées au conducteur dès qu'elles se produisent, et l'efficacité prescrite du frein de secours est assurée par un actionnement de la commande du frein de service, conformément au paragraphe 2.2 de l'annexe 3 du présent règlement.
- 5.2.20.4. En cas de défaillance de la source d'énergie de la transmission de commande électrique, à partir de la valeur nominale du niveau d'énergie, toute la plage de commande du système de freinage de service doit être garantie après avoir actionné 20 fois de suite, à fond, la pédale de commande du frein de service. Pendant l'essai, la commande de freinage doit être actionnée à fond pendant 20 s puis relâchée pendant 5 s à chaque fois. Il est entendu qu'au cours de cet essai, une quantité d'énergie suffisante est disponible dans la transmission d'énergie pour permettre un actionnement à fond de course de la commande du frein de service. Cette prescription ne doit pas être interprétée comme une dérogation aux prescriptions de l'annexe 4.
- 5.2.20.5. Si la tension d'alimentation descend en dessous d'une valeur fixée par le constructeur, à partir de laquelle l'efficacité prescrite du frein de service ne peut plus être assurée et/ou au moins deux circuits de freinage de service indépendants ne peuvent atteindre ni l'un ni l'autre l'efficacité prescrite du frein de secours, le voyant rouge défini au paragraphe 5.2.21.1.1 ci-après doit s'allumer. Une fois le voyant allumé, il doit être possible d'actionner la commande du frein de service et d'obtenir au moins l'efficacité du frein de secours prescrite au paragraphe 2.2 de l'annexe 3 du présent règlement. Il est entendu que le système de freinage de service dispose d'une énergie suffisante.
- 5.2.20.6. Si l'équipement auxiliaire est alimenté en énergie par la même réserve que la transmission de commande électrique, il faut s'assurer que, lorsque le régime du moteur est inférieur ou égal à 80 % du régime maximum, l'alimentation en énergie soit suffisante pour permettre les valeurs de décélération prescrites, soit au moyen d'une source d'énergie capable d'empêcher l'épuisement de cette réserve lorsque tous les équipements auxiliaires fonctionnent, soit par une coupure automatique d'éléments prédéterminés de l'équipement auxiliaire lorsque la tension dépasse le seuil critique défini au paragraphe 5.2.20.5 ci-dessus du présent règlement, empêchant ainsi toute décharge ultérieure de la réserve. La conformité à cette prescription peut être démontrée par calcul ou au moyen d'un essai pratique. Le présent paragraphe ne s'applique pas aux véhicules sur lesquels les valeurs de décélération prescrites peuvent être atteintes sans recourir à l'énergie électrique.

(7) Tant que des procédures d'essai uniformes n'auront pas été définies, le constructeur doit communiquer aux services techniques une analyse des défaillances potentielles de la transmission de commande et de leurs effets. Les renseignements communiqués doivent faire l'objet d'un examen et d'un accord entre les services techniques et le constructeur.

- 5.2.20.7. Si l'équipement auxiliaire est alimenté en énergie par la transmission de commande électrique, les prescriptions suivantes doivent être satisfaites:
- 5.2.20.7.1. En cas de défaillance de la source d'énergie, alors que le véhicule est en mouvement, l'énergie contenue dans le réservoir doit être suffisante pour déclencher les freins quand la commande est actionnée;
- 5.2.20.7.2. En cas de défaillance de la source d'énergie, alors que le véhicule est à l'arrêt et que le frein de stationnement est serré, l'énergie contenue dans le réservoir doit être suffisante pour allumer les lumières même lorsque les freins sont actionnés.
- 5.2.21. Les prescriptions générales applicables aux signaux d'avertissement optiques servant à signaler au conducteur certains défauts de défaillance précis du système de freinage du véhicule à moteur ou, le cas échéant, de sa remorque, sont présentées dans les alinéas qui suivent. Contrairement à ce qu'indique le paragraphe 5.2.21.5 ci-dessous, ces signaux doivent exclusivement être utilisés aux fins définies dans le présent règlement.
- 5.2.21.1. Les véhicules à moteur doivent être capables de produire des signaux d'avertissement lumineux en cas de défaillance ou de défaut du système de freinage, comme suit:
- 5.2.21.1.1. Un signal d'avertissement rouge indiquant les défaillances du système de freinage du véhicule définies ailleurs dans le présent règlement qui empêchent le frein de service d'atteindre l'efficacité prescrite et/ou mettent hors d'état de fonctionner au moins l'un des deux circuits indépendants de freinage de service;
- 5.2.21.1.2. Le cas échéant, un voyant jaune indiquant les défauts, détectés électriquement, du système de freinage du véhicule, qui ne sont pas indiqués par le voyant rouge défini au paragraphe 5.2.21.1.1 ci-dessus.
- 5.2.21.2. Les signaux d'avertissement doivent être visibles, même en plein jour; leur bon état doit pouvoir être aisément vérifié par le conducteur depuis son siège; la défaillance d'un des éléments de dispositifs d'avertissement ne doit pas nuire à l'efficacité du système de freinage.
- 5.2.21.3. Sauf indication contraire:
- 5.2.21.3.1. Tout défaut ou défaillance défini doit être signalé au conducteur au moyen du signal (des signaux) d'avertissement mentionné(s) ci-dessus, au plus tard au moment où il actionne la commande du frein concerné;
- 5.2.21.3.2. Le signal (les signaux) d'avertissement doit (doivent) rester allumé(s) aussi longtemps que le défaut ou la défaillance persiste et que le contact est mis; et
- 5.2.21.3.3. Le signal d'avertissement doit être constant (et non pas clignotant).
- 5.2.21.4. Le(s) voyant(s) mentionné(s) ci-dessus doit (doivent) s'allumer lorsque les circuits électriques du véhicule (et son système de freinage) sont mis sous tension. Lorsque le véhicule est à l'arrêt, le système de freinage doit vérifier qu'aucune des défaillances ou défauts définis ci-dessus ne sont présents avant l'extinction des voyants. Les défaillances ou les défauts définis qui sont censés déclencher les voyants mentionnés ci-dessus, mais qui ne sont pas détectés dans des conditions statiques, doivent être enregistrés au moment de leur détection et s'afficher au moment du démarrage et aussi longtemps que le contact est mis et que la défaillance ou le défaut persiste.
- 5.2.21.5. Les défaillances ou les défauts non définis, ainsi que d'autres renseignements concernant les freins et/ou le train de roulement d'un véhicule à moteur peuvent être indiqués au moyen du signal de couleur jaune défini au paragraphe 5.2.21.1.2 ci-dessus, pourvu que toutes les conditions ci-dessus soient remplies:
- 5.2.21.5.1. Le véhicule est immobile;

- 5.2.21.5.2. Après le premier actionnement du système de freinage et une fois que le signal a indiqué que, conformément à la procédure indiquée au paragraphe 5.2.21.4 ci-dessus, aucune défaillance ou défaut défini n'est apparu; et
- 5.2.21.5.3. Les défauts non définis ainsi que les autres renseignements doivent être indiqués exclusivement par un clignotement du signal d'avertissement. Cependant, le signal doit s'éteindre dès que le véhicule dépasse la vitesse de 10 km/h.
- 5.2.22. Envoi d'un signal de freinage pour l'allumage des feux stop
- 5.2.22.1. L'actionnement du système de freinage de service par le conducteur doit générer un signal qui servira à allumer les feux stop.
- 5.2.22.2. L'actionnement du frein de service par la fonction de freinage à commande automatique doit produire le signal mentionné ci-dessus. Toutefois, lorsque le ralentissement induit est inférieur à $0,7 \text{ m/s}^2$, le signal peut être omis ⁽⁸⁾.
- 5.2.22.3. L'actionnement d'une partie du système de freinage de service par le biais du «freinage sélectif» ne doit pas générer le signal susmentionné ⁽⁹⁾.
- 5.2.22.4. Les systèmes de freinage électrique par récupération, tels qu'ils sont définis au paragraphe 2.17 du présent règlement, qui produisent un ralentissement par relâchement de la pédale d'accélérateur, doivent émettre le signal susmentionné conformément aux dispositions suivantes:

Décélérations du véhicule	Émission du signal
$\leq 0,7 \text{ m/s}^2$	Le signal ne doit pas être émis
$> 0,7 \text{ m/s}^2$ et $\leq 1,3 \text{ m/s}^2$	Le signal peut être émis
$> 1,3 \text{ m/s}^2$	Le signal doit être émis

Dans tous les cas, le signal doit être désactivé au plus tard lorsque la décélération tombe sous le seuil de $0,7 \text{ m/s}^2$ ⁽⁸⁾.

- 5.2.23. Lorsqu'un véhicule est équipé de dispositifs permettant d'indiquer le freinage d'urgence, le signal de freinage d'urgence ne doit être activé que par l'utilisation du système de freinage de service lorsque les conditions ci-après sont réunies ⁽⁸⁾:
- 5.2.23.1. Le signal ne doit pas être activé lorsque la décélération du véhicule est en dessous de 6 m/s^2 mais il peut être activé lorsque se produit toute décélération égale ou supérieure à cette valeur, la valeur effective étant définie par le constructeur du véhicule.
- Le signal doit être désactivé au plus tard lorsque la décélération est tombée au-dessous de $2,5 \text{ m/s}^2$.
- 5.2.23.2. Le signal peut aussi être activé et désactivé dans les conditions suivantes:
- a) le signal peut être activé dans l'hypothèse où la décélération du véhicule résultant de la demande de freinage respecte les seuils d'activation et de désactivation définis au paragraphe 5.2.23.1 ci-dessus; ou
 - b) le signal peut être activé à une vitesse supérieure à 50 km/h lorsque le système antiblocage exécute des cycles complets (conformément à la définition figurant au paragraphe 2 de l'annexe 6).

Le signal doit être désactivé lorsque le système antiblocage n'exécute plus des cycles complets.

⁽⁸⁾ Au moment de l'homologation de type, le constructeur automobile doit confirmer le respect de ces dispositions.

⁽⁹⁾ En situation de «freinage sélectif», le passage à la fonction «freinage à commande automatique» est possible.

- 5.2.24. Tout véhicule équipé d'un système ESC conformément au paragraphe 2.25 doit satisfaire aux prescriptions en matière d'équipement, d'efficacité et d'essai énoncées dans la partie A de l'annexe 9 du présent règlement.
- 5.2.24.1. À défaut, les véhicules des catégories M₁ et N₁ dont la masse en état de marche est supérieure à 1 735 kg peuvent être équipés d'une fonction de contrôle de stabilité qui comporte un contrôle de retournement et un contrôle directionnel et qui satisfait aux prescriptions techniques de l'annexe 21 du règlement n° 13.
- 5.2.25. Les véhicules à moteur des catégories M₁ et N₁ équipés de roues ou de pneumatiques de secours à usage temporaire doivent répondre aux prescriptions techniques pertinentes de l'annexe 3 au règlement n° 64.
6. ESSAIS
- Les essais de freinage que doivent subir les véhicules présentés à l'homologation, ainsi que l'efficacité de freinage exigée, sont décrits à l'annexe 3 du présent règlement.
7. MODIFICATIONS DU TYPE DE VÉHICULE OU DE SON SYSTÈME DE FREINAGE ET EXTENSION DE L'HOMOLOGATION
- 7.1. Toute modification du type de véhicule ou de son système de freinage est portée à la connaissance de l'autorité d'homologation de type qui a accordé l'homologation du type du véhicule. Cette autorité peut alors:
- 7.1.1. Soit considérer que les modifications apportées ne risquent pas d'avoir une influence défavorable notable, et qu'en tout cas ce véhicule satisfait encore aux prescriptions;
- 7.1.2. Soit exiger un nouveau procès-verbal du service technique chargé des essais.
- 7.2. La confirmation, l'extension ou le refus de l'homologation sera communiqué aux Parties à l'accord appliquant le présent règlement conformément à la procédure indiquée au paragraphe 4.3 ci-dessus.
- 7.3. L'autorité d'homologation de type délivrant l'extension de l'homologation attribue un numéro de série à chaque fiche de communication établie aux fins de ladite extension.
8. CONFORMITÉ DE LA PRODUCTION
- La procédure de contrôle de la conformité de la production doit suivre celle énoncée dans l'appendice 2 de l'accord (E/ECE/324-E/ECE/TRANS/505/ Rev.2), les prescriptions étant les suivantes:
- 8.1. Tout véhicule homologué en application du présent règlement doit être construit de manière conforme au type de véhicule homologué en satisfaisant aux exigences du paragraphe 5 ci-dessus;
- 8.2. L'autorité d'homologation de type qui a accordé l'homologation de type peut à tout moment vérifier les méthodes de contrôle de la conformité utilisées dans chaque entreprise de production. La fréquence normale de ces vérifications est d'une fois tous les deux ans.
9. SANCTIONS POUR NON-CONFORMITÉ DE LA PRODUCTION
- 9.1. L'homologation délivrée pour un type de véhicule en application du présent règlement peut être retirée si les conditions énoncées au paragraphe 8.1 ci-dessus ne sont pas respectées.
- 9.2. Si une Partie contractante à l'accord appliquant le présent règlement retire une homologation qu'elle a précédemment accordée, elle doit en informer aussitôt les autres Parties contractantes appliquant le présent règlement, au moyen d'une copie de la fiche de communication conforme au modèle de l'annexe 1 du présent règlement.

10. ARRÊT DÉFINITIF DE LA PRODUCTION

Si le détenteur d'une homologation cesse définitivement la fabrication d'un type de véhicule homologué conformément au présent règlement, il doit en informer l'autorité d'homologation de type qui a délivré l'homologation qui, à son tour, avise les autres Parties à l'accord appliquant le présent règlement au moyen de copies de la fiche de communication conforme au modèle de l'annexe 1 du présent règlement.

11. NOMS ET ADRESSES DES SERVICES TECHNIQUES CHARGÉS DES ESSAIS D'HOMOLOGATION ET DES AUTORITÉS D'HOMOLOGATION DE TYPE

Les Parties à l'accord appliquant le présent règlement communiquent au Secrétariat de l'Organisation des Nations unies les noms et adresses des services techniques chargés des essais d'homologation et ceux des autorités d'homologation de type qui délivrent l'homologation et auxquelles doivent être envoyées les fiches d'homologation ou d'extension ou de refus ou de retrait d'homologation, émises dans les autres pays.

12. DISPOSITIONS TRANSITOIRES

12.1. À compter de la date d'entrée en vigueur du complément 16 au présent règlement, aucune Partie contractante appliquant le présent règlement ne doit refuser d'accorder ou de reconnaître des homologations de type au titre du présent règlement tel que modifié par le complément 16.

12.2. Au terme d'un délai de 24 mois après la date d'entrée en vigueur du complément 16 au présent règlement, les Parties contractantes appliquant le présent règlement ne doivent accorder des homologations de type que si le type de véhicule à homologuer satisfait aux prescriptions du présent règlement tel que modifié par le complément 16.

12.3. Nonobstant les dispositions des paragraphes 12.1 et 12.2 ci-dessus, les Parties contractantes appliquant le présent règlement doivent continuer à accorder des homologations aux types de véhicules non équipés d'une fonction de contrôle de stabilité ou d'un ESC et d'un système d'aide au freinage d'urgence (AFU) qui satisfont aux prescriptions de l'annexe 9 du présent règlement.

12.4. Les Parties contractantes appliquant le présent règlement ne doivent pas refuser d'accorder des extensions d'homologation de type à des types de véhicules existants équipés ou non d'une fonction de contrôle de stabilité ou d'un ESC et d'un système d'aide au freinage d'urgence (AFU), en application des prescriptions en vigueur à la date de l'homologation d'origine.

12.5. Sous réserve des dispositions du paragraphe 12.6 ci-dessous, même après la date d'entrée en vigueur du complément 16 au présent règlement, les homologations de type délivrées au titre d'une quelconque série de complément au présent règlement doivent rester valides et les Parties contractantes qui appliquent ce règlement doivent continuer à les accepter.

12.6. Les Parties contractantes appliquant ce règlement ne sont pas tenues d'accepter, aux fins d'une homologation de type nationale ou régionale, une homologation de type visant des types de véhicule qui ne sont pas équipés d'une fonction de contrôle de stabilité ou d'un ESC et d'un système d'aide au freinage d'urgence (AFU).

ANNEXE I

COMMUNICATION (*)

(Format maximal: A4 (210 × 297 mm)]



émanant de: Nom de l'administration

.....

.....

.....

concernant ⁽²⁾: Délivrance d'une homologation

Extension d'homologation

Refus d'homologation

Retrait d'homologation

Arrêt définitif de la production

d'un type de véhicule en ce qui concerne le freinage en application du règlement n° 13-H

N° d'homologation:

N° d'extension:

1. Marque de fabrique ou de commerce du véhicule:
2. Type du véhicule:
3. Nom et adresse du constructeur:
4. Le cas échéant, nom et adresse du représentant du constructeur:
5. Masse du véhicule:
- 5.1. Masse maximale du véhicule:
- 5.2. Masse minimale du véhicule:
6. Répartition de la masse sur chaque essieu (valeur maximale):
7. Marques et types des garnitures, disques et tambours de frein:
 - 7.1. Garnitures de frein
 - 7.1.1. Garnitures de frein soumises aux essais conformément aux prescriptions pertinentes de l'annexe 3:
 - 7.1.2. Variantes de garnitures de frein soumises aux essais conformément à l'annexe 7:
 - 7.2. Disques et tambours de frein
 - 7.2.1. Code d'identification des disques de frein couverts par l'homologation du système de freinage:
 - 7.2.2. Code d'identification des tambours de frein couverts par l'homologation du système de freinage:
8. Type du moteur:
9. Nombre de rapports et leur démultiplication:
10. Rapport(s) de pont:
11. Le cas échéant, masse maximale de la remorque qui peut être attelée:
- 11.1. Remorque non freinée:

12. Dimensions des pneumatiques:
- 12.1. Dimensions de la roue/du pneumatique de rechange à usage temporaire:
- 12.2. Le véhicule satisfait aux prescriptions techniques de l'annexe 3 du règlement n° 64:
oui/non ⁽²⁾
13. Vitesse théorique maximale:
14. Description sommaire de l'équipement de freinage:
15. Masse du véhicule lors de l'essai:

	En charge (kg)	À vide (kg)
Essieu n° 1		
Essieu n° 2		
Total		

16. Résultat des essais:

Vitesse d'essai (km/h)	Efficacité mesurée	Force mesurée sur la commande (daN)

- 16.1. Essais du type 0:
- Moteur débrayé
- Freinage de service (en charge)
- Freinage de service (à vide)
- Freinage de secours (en charge)
- Freinage de secours (à vide)
- 16.2. Essais du type 0:
- Moteur embrayé
- Freinage de service (en charge)
- Freinage de service (à vide)
- (Conformément au paragraphe 2.1.1.B de l'annexe 3)
- 16.3. Essais du type I:
- Freinages d'échauffement préliminaires (pour déterminer la force à la pédale)
- Efficacité à chaud (1^{er} arrêt)
- Efficacité à chaud (2^e arrêt)
- Efficacité de récupération
- 16.4. Efficacité dynamique du frein de stationnement:
17. Résultat de l'essai d'efficacité selon l'annexe 5:

18. Le véhicule est/n'est pas ⁽²⁾ équipé pour tirer une remorque avec un système de freinage électrique
19. Le véhicule est/n'est pas ⁽²⁾ équipé d'un système antiblocage
- 19.1. Le véhicule satisfait aux prescriptions de l'annexe 6: oui/non ⁽²⁾
- 19.2. Catégorie du système antiblocage: catégorie 1/2/3 ⁽²⁾
20. Une documentation appropriée a été fournie, conformément à l'annexe 8, au sujet du (des) système(s) suivant(s): oui/non/sans objet ⁽²⁾
21. Le véhicule est équipé d'un système ESC: oui/non ⁽²⁾
- Si oui: le système ESC a été soumis aux essais conformément aux prescriptions de la partie A de l'annexe 9 et satisfait à ces prescriptions: oui/non ⁽²⁾
- ou: la fonction de stabilité du véhicule a été soumise aux essais conformément aux prescriptions de l'annexe 21 du règlement n° 13 et satisfait à ces prescriptions: oui/non ⁽²⁾
22. Le véhicule est/n'est pas ⁽²⁾ équipé d'un système d'aide au freinage conforme aux prescriptions de la partie B de l'annexe 9
- 22.1. Catégorie de systèmes d'aide au freinage A/B ⁽²⁾
- 22.1.1. Pour les systèmes de catégorie «A», définir le seuil de force à partir duquel le rapport entre la force exercée sur la pédale et la pression des freins augmente ⁽²⁾;
- 22.1.2. Pour les systèmes de catégorie «B», définir la vitesse qui doit être communiquée à la pédale de frein pour que soit activé le système d'aide au freinage (par exemple la vitesse d'enfoncement de la pédale (mm/s) pendant un intervalle de temps donné) ⁽²⁾;
23. Véhicule présenté à l'homologation le:
24. Service technique chargé des essais d'homologation:
25. Date du procès-verbal délivré par ce service:
26. Numéro du procès-verbal délivré par ce service:
27. L'homologation est délivrée/refusée/étendue/retirée ⁽²⁾
28. Emplacement de la marque d'homologation sur le véhicule:
29. Lieu:
30. Date:
31. Signature:
32. Est annexé à la présente communication le résumé visé au paragraphe 4.3 du présent règlement.

(*) Si le demandeur d'une homologation conformément au règlement n° 90 en fait la demande, les informations énumérées dans l'appendice 1 de la présente annexe doivent être fournies par l'autorité d'homologation de type. Ces informations cependant ne doivent pas être communiquées à d'autres fins que l'homologation conformément au règlement n° 90.

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

⁽²⁾ Rayer les mentions inutiles.

*Appendice***Liste des données relatives aux véhicules aux fins de l'homologation en vertu du règlement n° 90**

1. Description du type du véhicule:
- 1.1. Marque de fabrique ou de commerce du véhicule, si disponible:
- 1.2. Catégorie du véhicule:
- 1.3. Type du véhicule selon l'homologation au titre du règlement n° 13-H:
- 1.4. Modèle ou nom de commerce des véhicules constituant le type, si disponible:
- 1.5. Nom et adresse du constructeur:
2. Marques et types des garnitures, disques et tambours de frein:
 - 2.1. Garnitures de frein
 - 2.1.1. Garnitures de frein soumises aux essais conformément aux prescriptions pertinentes de l'annexe 3
 - 2.1.2. Variantes de garnitures de frein soumises aux essais conformément à l'annexe 7
 - 2.2. Disques et tambours de frein.
 - 2.2.1. Code d'identification des disques de frein couverts par l'homologation du système de freinage
 - 2.2.2. Code d'identification des tambours de frein couverts par l'homologation du système de freinage
3. Masse minimale du véhicule:
- 3.1. Répartition de la masse sur chaque essieu (valeur maximale):
4. Masse maximale du véhicule:
- 4.1. Répartition de la masse sur chaque essieu (valeur maximale):
5. Vitesse maximale du véhicule:
6. Cotes des pneumatiques et des roues:
7. Configuration du circuit de freinage (par exemple essieu avant/essieu arrière ou répartition diagonale):
8. Déclaration indiquant quel est le frein de secours:
9. Spécifications des correcteurs de freinage (s'il y a lieu):
- 9.1. Spécifications du réglage du répartiteur de freinage:
- 9.2. Tarage du régulateur de pression:
10. Répartition de la force de freinage par construction:
11. Spécification des freins:
- 11.1. Type de frein à disque (par exemple nombre de pistons avec indication du (des) diamètre(s), disque ventilé ou plein):

- 11.2. Type de frein à tambour (par exemple duo servo, avec indication de la taille du piston et des dimensions du tambour):
- 11.3. Dans le cas de systèmes de freinage à air comprimé, indiquer par exemple le type et la dimension des chambres, des leviers, etc.:
12. Type et taille du maître-cylindre:
13. Type et taille du servofrein:
-

ANNEXE 2

EXEMPLES DE MARQUE D'HOMOLOGATION

MODÈLE A

(Voir paragraphe 4.4 du présent règlement)

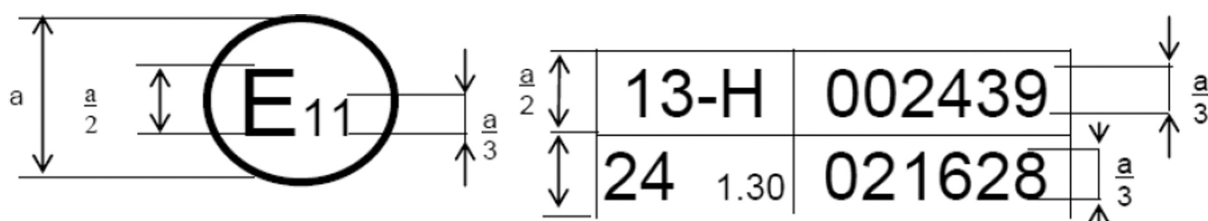


a = 8 mm min.

La marque d'homologation ci-dessus, apposée sur un véhicule, indique que le type de ce véhicule a été homologué au Royaume-Uni (E 11), en ce qui concerne le dispositif de freinage, en application du règlement n° 13-H, sous le numéro d'homologation 002439. Les deux premiers chiffres du numéro d'homologation indiquent que l'homologation a été délivrée conformément aux prescriptions du règlement n° 13-H sous sa forme originale. La marque supplémentaire «ESC» indique que le véhicule satisfait aux prescriptions en matière de contrôle électronique de stabilité et de système d'aide au freinage énoncées à l'annexe 9 du présent règlement.

MODÈLE B

(Voir paragraphe 4.5 du présent règlement)



a = 8 mm min.

La marque d'homologation ci-dessus, apposée sur un véhicule, indique que le type de ce véhicule a été homologué au Royaume-Uni (E 11), en application des règlements n°s 13-H et 24 ⁽¹⁾. (Dans le cas de ce dernier règlement, la valeur corrigée du coefficient d'absorption est 1,30 m⁻¹.) Les numéros d'homologation signifient qu'aux dates de délivrance des homologations respectives le règlement n° 13-H existait sous sa forme originale et que le règlement n° 24 comprenait la série 02 d'amendements.

⁽¹⁾ Ce numéro n'est donné qu'à titre d'exemple.

ANNEXE 3

ESSAIS DE FREINAGE ET EFFICACITÉ DES SYSTÈMES DE FREINAGE

1. ESSAIS DE FREINAGE

1.1. Généralités

1.1.1. L'efficacité prescrite pour les systèmes de freinage est basée sur la distance de freinage et la décélération moyenne en régime. L'efficacité d'un système de freinage est déterminée en mesurant la distance de freinage rapportée à la vitesse initiale du véhicule et/ou en mesurant la décélération moyenne en régime au cours de l'essai.

1.1.2. La distance de freinage est la distance couverte par le véhicule depuis le moment où le conducteur commence à actionner la commande du système de freinage jusqu'au moment où le véhicule s'arrête; la vitesse initiale est la vitesse au moment où le conducteur commence à actionner la commande du système de freinage; elle ne doit pas être inférieure à 98 % de la vitesse prescrite pour l'essai en question.

La décélération moyenne en régime (d_m) est calculée comme étant la décélération moyenne en fonction de la distance sur l'intervalle v_b - v_e , conformément à la formule suivante:

$$d_m = \frac{V_b^2 - V_e^2}{25,92 (s_e - s_b)}$$

où:

v_o = vitesse initiale du véhicule en km/h;

v_b = vitesse du véhicule à 0,8 v_o en km/h;

v_e = vitesse du véhicule à 0,1 v_o en km/h;

s_b = distance parcourue entre v_o et v_b en mètres;

s_e = distance parcourue entre v_o et v_e en mètres.

La vitesse et la distance sont calculées à l'aide d'instruments ayant une précision de $\pm 1\%$ à la vitesse d'essai prescrite. La décélération moyenne en régime peut être calculée par d'autres méthodes que la mesure de la vitesse et de la distance; dans ce cas, la précision du calcul doit être de $\pm 3\%$.

1.2. Pour l'homologation de tout véhicule, l'efficacité du freinage est mesurée lors d'essais sur route effectués dans les conditions suivantes:

1.2.1. Le véhicule doit être dans les conditions de masse indiquées pour chaque type d'essai; ces conditions doivent être consignées dans le procès-verbal de l'essai;

1.2.2. L'essai doit être effectué aux vitesses indiquées pour chaque type d'essai; lorsque, par construction, la vitesse maximale du véhicule est inférieure à celle prescrite pour un essai, l'essai se fait à la vitesse maximale du véhicule;

1.2.3. Pendant les essais, la force exercée sur la commande pour obtenir l'efficacité prescrite ne doit pas dépasser la valeur maximale fixée;

- 1.2.4. À moins de dispositions contraires dans les annexes correspondantes, la route doit avoir une surface présentant de bonnes conditions d'adhérence;
- 1.2.5. Les essais doivent être effectués en l'absence de vent susceptible d'influencer les résultats;
- 1.2.6. Au début des essais, les pneumatiques doivent être à froid, à la pression prescrite pour la charge supportée effectivement par les roues en conditions statiques;
- 1.2.7. L'efficacité prescrite doit être obtenue sans blocage des roues à des vitesses dépassant 15 km/h, sans déviation par rapport à la trajectoire depuis une file large de 3,5 m, sans dépassement d'un mouvement de lacet de 15° et sans vibrations anormales;
- 1.2.8. Pour les véhicules dont la traction est assurée entièrement ou en partie par un moteur (des moteurs) électrique(s), relié(s) en permanence aux roues, tous les essais doivent être effectués moteur(s) accouplé(s);
- 1.2.9. Pour les véhicules visés au paragraphe 1.2.8 ci-dessus, équipés d'un système de freinage électrique à récupération de la catégorie A, des essais de comportement doivent être effectués sur une piste à faible coefficient d'adhérence (telle qu'elle est définie au paragraphe 5.2.2 de l'annexe 6) à une vitesse égale à 80 % de la vitesse maximale mais ne dépassant pas 120 km/h, pour vérifier que la stabilité est préservée;
- 1.2.9.1. En outre, sur les véhicules équipés d'un système de freinage électrique à récupération de la catégorie A, des conditions momentanées telles que les changements de vitesse ou le relâchement de la commande d'accélérateur ne doivent pas avoir d'incidence sur le comportement du véhicule dans les conditions d'essai définies au paragraphe 1.2.9 ci-dessus;
- 1.2.10. Au cours des essais spécifiés aux paragraphes 1.2.9 et 1.2.9.1 ci-dessus, le blocage des roues n'est pas autorisé. Une correction de la direction est toutefois admise si l'angle de rotation de la commande de direction est inférieur à 120° pendant les deux premières secondes et à 240° au total.
- 1.2.11. Sur les véhicules munis d'un frein de service électrique alimenté par des batteries de traction (ou par une batterie auxiliaire) dont l'énergie provient exclusivement d'un système de charge extérieur indépendant, les batteries en question doivent, lors de l'essai de freinage, avoir une charge moyenne ne dépassant pas de plus de 5 % l'état de charge auquel le signal de défaillance des freins prescrit au paragraphe 5.2.20.5 du présent règlement doit se déclencher.

Si ledit signal se déclenche effectivement, une légère recharge des batteries est autorisée afin que leur état de charge soit conforme aux prescriptions.

- 1.3. Comportement du véhicule pendant le freinage
- 1.3.1. Lors des essais de freinage, notamment ceux à vitesse élevée, on doit vérifier le comportement général du véhicule pendant le freinage.
- 1.3.2. Le comportement du véhicule lors du freinage sur une route ayant une adhérence réduite doit satisfaire aux conditions indiquées à l'annexe 5 et/ou à l'annexe 6 du présent règlement.
- 1.3.2.1. Dans le cas d'un système de freinage conforme au paragraphe 5.2.7 du présent règlement, lorsque le freinage pour tel ou tel essieu est assuré par plus d'une source et que des variations d'une source à l'autre sont possibles, le véhicule doit satisfaire aux prescriptions de l'annexe 5, ou alors de l'annexe 6, dans toutes les relations que permet la stratégie de commande adoptée⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Le fabricant doit communiquer au service technique la famille de courbes de freinage qu'autorise la stratégie de commande automatique appliquée. Ces courbes peuvent être vérifiées par le service technique.

- 1.4. Essai de type 0 (essai ordinaire de l'efficacité à froid)
- 1.4.1. Généralités
- 1.4.1.1. La température moyenne des freins de service sur l'essieu le plus chaud du véhicule, mesurée à l'intérieur des garnitures de freins ou sur la bande de freinage du disque ou du tambour, est située entre 65 et 100 °C avant tout freinage.
- 1.4.1.2. L'essai doit être effectué dans les conditions suivantes:
- 1.4.1.2.1. Le véhicule doit être en charge, la répartition de sa masse sur les essieux étant celle déclarée par le constructeur; dans le cas où plusieurs dispositions de la charge sur les essieux sont prévues, la répartition de la masse maximale entre les essieux doit être telle que la charge sur chaque essieu soit proportionnelle à la masse maximale admissible pour chacun d'eux;
- 1.4.1.2.2. Tout essai doit être répété sur le véhicule non chargé; en plus du conducteur, une deuxième personne chargée de noter les résultats de l'essai peut être assise sur le siège avant;
- 1.4.1.2.3. Dans le cas des véhicules équipés d'un système de freinage électrique à récupération, les prescriptions sont fonction de la catégorie dont fait partie ce système:
- Catégorie A. Pendant les essais de type 0, il ne doit pas être utilisé de commande de système de freinage électrique à récupération.
- Catégorie B. La contribution du système de freinage électrique à récupération à la force de freinage produite ne doit pas être supérieure au niveau minimum garanti par le concepteur.
- Il est satisfait à cette prescription si les batteries se trouvent dans l'un des états de charge suivants:
- a) au niveau de charge maximal recommandé par le fabricant dans les caractéristiques du véhicule; ou
- b) à un niveau qui n'est pas inférieur à 95 % de la pleine charge, lorsque le fabricant n'a pas fait de recommandation particulière; ou
- c) au niveau maximal que permet la commande de charge automatique sur le véhicule; ou
- d) lorsque les essais sont réalisés sans composante de récupération, quelle que soit la charge des batteries.
- 1.4.1.2.4. Les limites prescrites pour l'efficacité minimale, soit pour les essais à vide, soit pour les essais en charge, sont celles indiquées ci-après; le véhicule doit satisfaire à la fois à la distance de freinage prescrite et à la décélération moyenne en régime prescrite; il ne sera peut-être pas nécessaire toutefois de mesurer effectivement les deux paramètres;
- 1.4.1.2.5. La route doit être horizontale; sauf indication contraire, chaque essai peut comprendre jusqu'à six arrêts y compris tout arrêt nécessaire pour que le conducteur se familiarise avec le véhicule.
- 1.4.2. Essai de type 0, avec un système de freinage de service conforme aux dispositions du paragraphe 2.1.1 A) de la présente annexe.
- L'essai doit être effectué à la vitesse prescrite; pour les chiffres donnés à ce sujet une certaine tolérance est admise. L'efficacité minimale prescrite doit être atteinte.
- 1.4.3. Essai de type 0 avec moteur embrayé, avec un système de freinage de service conforme aux dispositions du paragraphe 2.1.1 B) de la présente annexe.

- 1.4.3.1. L'essai doit être effectué moteur embrayé, à partir de la vitesse prescrite au paragraphe 2.1.1 B) de la présente annexe. L'efficacité minimale prescrite doit être atteinte. L'essai n'est pas effectué si la vitesse maximale du véhicule est ≤ 125 km/h.
- 1.4.3.2. L'efficacité pratique maximale doit être mesurée et le comportement du véhicule doit être conforme au paragraphe 1.3.2 de la présente annexe. Cependant, si la vitesse maximale du véhicule est supérieure à 200 km/h, la vitesse d'essai doit être 160 km/h.

1.5. Essai de type I (essai de perte d'efficacité et de récupération)

1.5.1. Procédure à chaud

- 1.5.1.1. Les freins de service de tous les véhicules doivent être essayés en effectuant un certain nombre de freinages et de desserrages successifs des freins, le véhicule étant en charge, selon les modalités indiquées dans le tableau ci-dessous:

Modalités			
v_1 (km/h)	v_2 (km/h)	Δt (sec)	n
$80 \% v_{\max} \leq 120$	$0,5 v_1$	45	15

où:

v_1 = vitesse initiale, au début du freinage;

v_2 = vitesse à la fin du freinage;

$v_{\max}$ = vitesse maximale du véhicule;

n = nombre de freinages;

Δt = durée d'un cycle de freinage: temps écoulé entre le début d'un freinage et le début du suivant.

- 1.5.1.2. Si les caractéristiques du véhicule ne permettent pas de respecter la durée prescrite pour Δt , la durée peut être augmentée; on doit de toute façon disposer, en plus du temps nécessaire pour le freinage et l'accélération du véhicule, d'une période de 10 s pour chaque cycle afin de stabiliser la vitesse v_1 .
- 1.5.1.3. Au cours de ces essais, la force exercée sur la commande doit être réglée de manière à atteindre, à chaque freinage, une décélération de 3 m/s^2 ; deux essais préliminaires peuvent être effectués pour déterminer la force appropriée.
- 1.5.1.4. Pendant les freinages, le moteur reste embrayé sur le rapport de transmission le plus élevé (à l'exclusion de la surmultiplication, etc.).
- 1.5.1.5. Pendant la reprise après un freinage, le changement de vitesse doit être utilisé de façon à atteindre la vitesse v_1 dans le temps le plus court possible (accélération maximale permise par le moteur et la boîte).
- 1.5.1.6. Pour les véhicules ne disposant pas d'une autonomie suffisante pour exécuter les cycles d'échauffement des freins, on doit effectuer les essais en atteignant la vitesse prescrite avant le premier freinage, puis accélérer au maximum des possibilités pour reprendre de la vitesse et freiner ensuite successivement à la vitesse atteinte à la fin de chaque durée de cycle de 45 s.

- 1.5.1.7. Pour les véhicules équipés d'un système de freinage électrique à récupération de la catégorie B, l'état des batteries du véhicule au début de l'essai doit être tel que la contribution que le système électrique à récupération apporte à la force de freinage ne dépasse pas le minimum garanti par le concepteur. Cette prescription est réputée satisfaite si les batteries se trouvent dans l'un des états de charge énumérés dans le paragraphe 1.4.1.2.3 ci-dessus.
- 1.5.2. Efficacité à chaud
- 1.5.2.1. À la fin de l'essai du type I (décrit au paragraphe 1.5.1 de la présente annexe), l'efficacité à chaud du système de freinage de service doit être mesurée dans les conditions de l'essai du type 0 avec moteur débrayé (et en particulier avec une force moyenne exercée sur les commandes qui ne soit pas supérieure à la force moyenne effectivement utilisée, mais dans des conditions de température pouvant être différentes).
- 1.5.2.2. Cette efficacité à chaud ne doit pas être inférieure à 75 % ⁽²⁾ de celle prescrite, ni inférieure à 60 % de la valeur constatée lors de l'essai du type 0 avec moteur débrayé.
- 1.5.2.3. Pour les véhicules équipés d'un système de freinage électrique à récupération de la catégorie A, lors de l'actionnement des freins, le rapport le plus élevé doit rester engagé en permanence et la commande distincte de freinage électrique à récupération, si elle existe, ne doit pas être utilisée.
- 1.5.2.4. Dans le cas de véhicules équipés d'un système de freinage électrique à récupération de la catégorie B ayant exécuté les cycles d'échauffement selon le paragraphe 1.5.1.6 de la présente annexe, l'essai d'efficacité à chaud est effectué à la vitesse maximale que peut atteindre le véhicule à la fin des cycles d'échauffement, à moins que la vitesse indiquée au paragraphe 2.1.1 A) de la présente annexe puisse être atteinte.

Aux fins de comparaison, l'essai de type 0, freins froids, est répété à partir de la même vitesse et avec une contribution du système de freinage électrique à récupération – assuré par une charge appropriée de la batterie – qui soit analogue à celle de l'essai d'efficacité à chaud.

Après le processus et l'essai de récupération, le reconditionnement des garnitures est autorisé avant l'essai pour pouvoir comparer les résultats de ce second essai d'efficacité à froid avec ceux qui ont été obtenus dans l'essai à chaud, en fonction des critères énoncés aux paragraphes 1.5.2.2 et 1.5.2.5 de la présente annexe.

Les essais peuvent être effectués sans composante de récupération. Dans ce cas, la prescription relative à la charge des batteries ne s'applique pas.

- 1.5.2.5. Dans le cas d'un véhicule qui satisfait à la prescription de 60 % indiquée au paragraphe 1.5.2.2 de la présente annexe, mais non à celle de 75 % ⁽²⁾ indiquée au paragraphe 1.5.2.2 de la même annexe, un nouvel essai d'efficacité à chaud peut être effectué par application sur les commandes d'une force ne dépassant pas celle indiquée au paragraphe 2 de la présente annexe. Les résultats des deux essais doivent figurer dans le procès-verbal.
- 1.5.3. Procédure de récupération
- Immédiatement après l'essai d'efficacité à chaud, effectuer quatre arrêts à partir de 50 km/h avec le moteur embrayé, à une décélération moyenne de 3 m/s². Un intervalle de 1,5 km doit être respecté entre le début des arrêts successifs. Immédiatement après chaque arrêt, accélérer au rythme maximum jusqu'à 50 km/h et maintenir cette vitesse jusqu'au prochain arrêt.
- 1.5.3.1. Pour les véhicules équipés d'un système de freinage électrique à récupération de la catégorie B, les batteries peuvent être rechargées ou remplacées par un jeu chargé afin de mener à bien le processus de récupération.

Le processus peut être mené à bien sans composante de récupération.

⁽²⁾ Cette valeur correspond à une distance de freinage de $0,1 v + 0,0080 v^2$ et une décélération moyenne en régime de 4,82 m/s².

1.5.4. Efficacité de récupération

À la fin de la procédure de récupération, l'efficacité de récupération du système de freinage de service est mesurée dans les mêmes conditions que pour l'essai de type 0 avec le moteur débrayé (mais les conditions de température peuvent être différentes), avec une force moyenne exercée sur les commandes, qui ne doit pas être supérieure à la force moyenne utilisée pour l'essai correspondant de type 0.

Cette efficacité de récupération doit être comprise entre 70 % et 150 % de la valeur constatée lors de l'essai de type 0 avec le moteur débrayé.

- 1.5.4.1. Pour les véhicules équipés d'un système de freinage électrique à récupération de la catégorie B, l'essai de récupération après échauffement doit être effectué sans composantes de récupération électriques, c'est-à-dire dans les conditions énoncées au paragraphe 1.5.4 ci-dessus.

Après reconditionnement des garnitures, un deuxième essai répété de type 0 doit être effectué à partir de la même vitesse sans entrée en action des composantes susmentionnées, comme dans l'essai avec moteur(s) débrayé(s), après quoi les résultats d'essai sont comparés.

L'efficacité de récupération doit être comprise entre 70 % et 150 % de la valeur enregistrée à l'occasion de ce dernier essai répété de type 0.

2. EFFICACITÉ DES SYSTÈMES DE FREINAGE

2.1. Système de freinage de service

- 2.1.1. Les freins de service sont soumis à des essais dans les conditions suivantes:

A) Essai de type 0 avec moteur débrayé	v $s \leq$ $d_m \geq$	100 km/h $0,1 v + 0,0060 v^2$ (m) $6,43 \text{ m/s}^2$
B) Essai de type 0 avec moteur embrayé	v $s \leq$ $d_m \geq$	$80 \% v_{\max} \leq 160 \text{ km/h}$ $0,1 v + 0,0067 v^2$ (m) $5,76 \text{ m/s}^2$
	f	6,5 - 50 daN

où:

v = vitesse d'essai, en km/h;

s = distance de freinage, en mètres;

d_m = décélération moyenne en régime, en m/s^2 ;

f = force exercée sur les commandes à pédale, en daN;

$v_{\max}$ = vitesse maximum du véhicule, en km/h.

- 2.1.2. Sur un véhicule à moteur autorisé à tracter une remorque non freinée, l'efficacité minimale de l'ensemble pour l'essai de type 0 ne doit pas être inférieure à $5,4 \text{ m/s}^2$, que ce soit en charge ou à vide.

L'efficacité de l'ensemble est vérifiée par des calculs de l'efficacité de freinage maximale effectivement obtenue par le véhicule à moteur seul (en charge) au cours de l'essai de type 0, avec moteur débrayé, en utilisant la formule suivante (aucun essai pratique avec une remorque attelée non freinée n'est exigé):

$$d_{M+R} = d_M \cdot \frac{P_M}{P_M + P_R}$$

où:

d_{M+R} = décélération moyenne en régime, calculée, du véhicule à moteur quant il est attelé à une remorque non freinée, en m/s^2 ;

d_M = décélération moyenne maximale en régime du véhicule à moteur seul, obtenue pendant l'essai de type 0, avec moteur débrayé, en m/s^2 ;

P_M = masse du véhicule à moteur (en charge);

P_R = masse maximale d'une remorque non freinée qui peut être attelée, selon les indications du constructeur de véhicules à moteur.

2.2. Système de freinage de secours

2.2.1. L'efficacité du système de freinage de secours est soumise à des essais de type 0, moteur débrayé, à partir d'une vitesse initiale du véhicule de 100 km/h et une force exercée sur les commandes des freins de service comprise entre 6,5 daN et 50 daN.

2.2.2. Le système de freinage de secours doit donner une distance de freinage ne dépassant pas la valeur suivante:

$$0,1 v + 0,0158 v^2 (m)$$

et une décélération moyenne en régime non inférieure à $2,44 m/s^2$ (correspondant au deuxième terme de la formule ci-dessus).

2.2.3. L'essai d'efficacité du système de freinage de secours doit être effectué en simulant les conditions effectives de défaillance pouvant affecter le système de frein de service.

2.2.4. Pour les véhicules utilisant des systèmes de freinage électrique à récupération, l'efficacité du freinage doit également être vérifiée dans le cas des deux types de défaillance suivants:

2.2.4.1. Défaillance totale de la composante électrique du freinage de service;

2.2.4.2. Cas où, du fait de la défaillance, la composante électrique délivre la force maximale de freinage.

2.3. Système de freinage de stationnement

2.3.1. Le système de freinage de stationnement doit pouvoir maintenir à l'arrêt le véhicule en charge sur une pente, ascendante ou descendante, de 20 %.

2.3.2. Sur les véhicules auxquels il est autorisé d'atteler une remorque, le système de freinage de stationnement du véhicule à moteur doit pouvoir maintenir l'ensemble à l'arrêt sur une pente, ascendante ou descendante, de 12 %.

2.3.3. Si la commande s'effectue à la main, la force exercée sur celle-ci ne doit pas dépasser 40 daN.

- 2.3.4. Si la commande s'effectue au pied, la force exercée sur celle-ci ne doit pas dépasser 50 daN.
- 2.3.5. Un système de freinage de stationnement devant être actionné plusieurs fois avant d'atteindre l'efficacité prescrite peut être admis.
- 2.3.6. Pour vérifier la conformité aux prescriptions du paragraphe 5.2.2.4 du présent règlement, on doit exécuter un essai du type 0, avec moteur débrayé, à une vitesse initiale de 30 km/h. Lors d'un freinage exécuté par manœuvre de la commande du système de freinage de stationnement, la décélération moyenne en régime et la décélération juste avant l'arrêt du véhicule ne doivent pas être inférieures à 1,5 m/s². L'essai est exécuté sur le véhicule en charge. La force exercée sur le dispositif de commande de frein ne doit pas dépasser les valeurs prescrites.
3. TEMPS DE RÉPONSE
- 3.1. Sur tout véhicule où le système de freinage de service fait appel totalement ou partiellement à une source d'énergie autre que l'effort musculaire du conducteur, les conditions suivantes doivent être satisfaites:
- 3.1.1. Lors d'une manœuvre d'urgence, le temps s'écoulant entre le moment où la commande commence à être actionnée et le moment où la force de freinage sur l'essieu le plus défavorisé atteint la valeur correspondant à l'efficacité prescrite ne doit pas dépasser 0,6 s;
- 3.1.2. Dans le cas de véhicules équipés de systèmes de freinage hydrauliques, les prescriptions du paragraphe 3.1.1 ci-dessus sont considérées comme satisfaites si, lors d'une manœuvre d'urgence, la décélération du véhicule ou la pression au niveau du cylindre de frein le moins favorable, atteint un niveau correspondant à l'efficacité prescrite dans un délai de 0,6 s.
-

*Appendice***Méthode de surveillance de l'état de charge des batteries**

Cette méthode s'applique aux batteries de véhicules utilisées pour la traction et le freinage par récupération.

Cette méthode nécessite l'utilisation d'un wattheuremètre bidirectionnel pour courant continu ou d'un ampèreheuremètre bidirectionnel pour courant continu.

1. MÉTHODE

- 1.1. Si les batteries sont neuves ou ont été entreposées longtemps, elles doivent subir les cycles recommandés par le fabricant, après quoi elles doivent être laissées en trempage pendant au moins 8 heures à température ambiante.
 - 1.2. Les batteries doivent être mises en état de pleine charge en suivant la méthode recommandée par le fabricant.
 - 1.3. À l'issue des essais de freinage prescrits aux paragraphes 1.2.11, 1.4.1.2.3, 1.5.1.6, 1.5.1.7 et 1.5.2.4 de l'annexe 3, on enregistre la puissance (en watts/heure) fournie par le système de freinage par récupération et absorbée par les moteurs de traction, comme un total de marche qui servira ensuite à déterminer l'état de charge existant au début ou à la fin de tel ou tel essai.
 - 1.4. Pour reproduire un état de charge des batteries en vue des essais comparatifs prévus au paragraphe 1.5.2.4 de l'annexe 3, les batteries doivent être soit rechargées à ce niveau soit chargées à un niveau supérieur à celui-ci puis déchargées à puissance à peu près constante jusqu'à atteindre l'état de charge requis. Ou alors, sur les véhicules uniquement équipés d'une traction électrique à batterie, l'état de charge peut être modifié en faisant fonctionner le véhicule. Si les batteries sont partiellement chargées, les essais devront commencer le plus tôt possible après que les batteries auront atteint l'état de charge désiré.
-

ANNEXE 4

Dispositions concernant les sources d'énergie et les dispositifs de réserve d'énergie (accumulateurs d'énergie)**Systèmes de freinage hydrauliques avec réserve d'énergie****1. CAPACITÉ DES DISPOSITIFS DE RÉSERVE D'ÉNERGIE (ACCUMULATEURS D'ÉNERGIE)****1.1. Généralités**

1.1.1. Les véhicules sur lesquels l'équipement de freinage doit comporter une réserve d'énergie fournie par un liquide hydraulique sous pression doivent être munis de dispositifs de réserve d'énergie (accumulateurs d'énergie) d'une capacité telle qu'il soit satisfait aux prescriptions des paragraphes 1.2 ou 1.3 de la présente annexe;

1.1.2. Aucune prescription de capacité des réservoirs n'est toutefois imposée lorsque le système de freinage est tel qu'il soit possible en l'absence de toute réserve d'énergie d'obtenir, avec la commande de frein de service, une efficacité de freinage au moins égale à celle prescrite pour le système de freinage de secours;

1.1.3. Lors du contrôle de la conformité aux prescriptions des paragraphes 1.2, 1.3 et 2.1 de la présente annexe, les freins sont réglés au plus près et, en ce qui concerne le paragraphe 1.2 de la même annexe, la cadence des manœuvres à fond de course de la commande doit être telle que l'intervalle entre chaque manœuvre soit au moins de 60 s.

1.2. Les véhicules équipés d'un dispositif de freinage à centrale hydraulique et réserve d'énergie doivent satisfaire aux conditions suivantes:

1.2.1. Après huit manœuvres à fond de course de la commande du frein de service, il doit encore être possible d'obtenir à la neuvième manœuvre l'efficacité prescrite pour le système de freinage de secours.

1.2.2. Lors des essais, les conditions ci-après doivent être respectées:

1.2.2.1. Les essais commencent à une pression qui peut être définie par le constructeur, mais qui n'est pas supérieure à la pression minimale de fonctionnement du système (pression de conjonction) ⁽¹⁾.

1.2.2.2. Le ou les dispositifs de réserve d'énergie ne doivent pas être alimentés; en outre, tout dispositif de réserve d'énergie pour équipement auxiliaire doit être isolé.

1.3. Les véhicules équipés d'un système de freinage à centrale hydraulique et réserve d'énergie qui ne peuvent satisfaire aux conditions du paragraphe 5.2.4.1 du présent règlement seront considérés comme répondant aux dispositions de ce paragraphe si les conditions suivantes sont respectées:

1.3.1. Après toute défaillance de la transmission, il doit encore être possible, après huit manœuvres à fond de course de la commande du frein de service, d'obtenir à la neuvième manœuvre au moins l'efficacité prescrite pour le système de freinage de secours.

1.3.2. L'essai doit être effectué conformément aux prescriptions suivantes:

1.3.2.1. La source d'énergie étant au repos ou en fonctionnement, à une vitesse correspondant au ralenti du moteur, on peut provoquer une défaillance quelconque de la transmission. Avant que cette défaillance ne soit provoquée, le ou les dispositifs de réserve d'énergie doivent être à une pression qui peut être définie par le constructeur, mais qui ne doit pas dépasser la pression de conjonction;

1.3.2.2. L'équipement auxiliaire et ses dispositifs de réserve d'énergie, s'il en existe, doivent être isolés.

2. CAPACITÉ DES GÉNÉRATEURS HYDRAULIQUES DE PRESSION

2.1. Les générateurs de pression doivent satisfaire aux conditions fixées ci-après:

⁽¹⁾ Le niveau initial d'énergie est indiqué dans le document d'homologation.

2.1.1. Définitions

2.1.1.1. Par « p_1 », on entend la pression maximale de fonctionnement du système (pression de disjonction) dans le ou les dispositifs de réserve d'énergie indiqués par le constructeur.

2.1.1.2. Par « p_2 », on entend la pression après quatre manœuvres à fond de course de la commande du frein de service, à partir de la pression p_1 , sans que le ou les dispositifs de réserve d'énergie aient été alimentés.

2.1.1.3. Par « t », on entend le délai nécessaire pour que la pression dans le ou les dispositifs de réserve d'énergie monte de p_2 à p_1 sans que la commande de frein ait été manœuvrée.

2.1.2. Conditions de mesure

2.1.2.1. Au cours de l'essai visant à déterminer le délai t , le débit du générateur d'énergie doit être celui obtenu lorsque le moteur tourne à un régime correspondant à son maximum de puissance ou à la vitesse autorisée par le régulateur de vitesse.

2.1.2.2. Au cours de l'essai visant à déterminer le délai t , le ou les dispositifs de réserve d'énergie pour l'équipement auxiliaire ne doivent pas être isolés autrement que par une action automatique.

2.1.3. Interprétation des résultats

2.1.3.1. Pour tous les véhicules, le délai t ne doit pas dépasser 20 s.

3. CARACTÉRISTIQUES DES DISPOSITIFS D'AVERTISSEMENT

Moteur à l'arrêt et en commençant à une pression qui peut être fixée par le constructeur mais ne doit pas dépasser la pression de conjonction, le dispositif d'avertissement ne doit pas se déclencher après deux manœuvres à fond de course de la commande du frein de service.

ANNEXE 5

RÉPARTITION DU FREINAGE ENTRE LES ESSIEUX DES VÉHICULES

1. GÉNÉRALITÉS

Les véhicules qui ne sont pas équipés d'un dispositif antiblocage tel qu'il est défini à l'annexe 6 du présent règlement doivent satisfaire à toutes les conditions énoncées dans la présente annexe. Si un dispositif spécial est utilisé, il doit fonctionner automatiquement.

2. SYMBOLES

i = indice de l'essieu ($i = 1$, essieu avant;
 $i = 2$, essieu arrière)

P_i = réaction normale du revêtement sur l'essieu i , en conditions statiques

N_i = réaction normale du revêtement sur l'essieu i , pendant le freinage

T_i = force exercée par les freins sur l'essieu i , dans les conditions de freinage sur route

f_i = T_i/N_i , adhérence utilisée de l'essieu i ⁽¹⁾

J = décélération du véhicule

g = accélération de la pesanteur: $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

z = taux de freinage du véhicule = J/g

P = masse du véhicule

h = hauteur du centre de gravité indiquée par le constructeur et agréée par les services techniques qui procèdent aux essais d'homologation

E = empattement

k = coefficient théorique d'adhérence entre pneumatique et route

3. PRESCRIPTIONS

3.1 A. Pour tous les états de charge du véhicule, la courbe d'adhérence utilisée pour l'essieu arrière ne doit pas être située au-dessus de celle de l'essieu avant ⁽²⁾ pour tous les taux de freinage compris entre 0,15 et 0,8.

3.1 B. Pour les valeurs de k entre 0,2 et 0,8 ⁽²⁾:

$z \geq 0,1 + 0,7 (k - 0,2)$ (voir diagramme 1 de la présente annexe).

⁽¹⁾ On désigne par «courbes des adhérences utilisées» du véhicule, les courbes donnant, pour des conditions de chargement déterminées, les adhérences utilisées de chacun des essieux i en fonction du taux de freinage du véhicule.

⁽²⁾ Les prescriptions du paragraphe 3.1 n'affectent pas les dispositions de l'annexe 3 du présent règlement concernant l'efficacité de freinage. Si, toutefois, lors des essais effectués selon les prescriptions du paragraphe 3.1, des efficacités de freinage supérieures à celles prescrites dans l'annexe 3 sont obtenues, on applique les prescriptions relatives aux courbes d'adhérence utilisées à l'intérieur des zones du diagramme 1 de la présente annexe délimitées par les droites $k = 0,8$ et $z = 0,8$.

- 3.2. Pour le contrôle de la conformité aux prescriptions du paragraphe 3.1 de la présente annexe, le constructeur doit communiquer les courbes d'adhérence utilisée de l'essieu avant et de l'essieu arrière, calculées par les formules:

$$f_1 = \frac{T_1}{N_1} = \frac{T_1}{P_1 + z \cdot \frac{h}{E} \cdot P \cdot g}$$

$$f_2 = \frac{T_2}{N_2} = \frac{T_2}{P_2 - z \cdot \frac{h}{E} \cdot P \cdot g}$$

Les courbes sont établies pour les deux états de charge suivants:

- 3.2.1. À vide, en état de marche, avec le conducteur à bord;
- 3.2.2. En charge; dans les cas où plusieurs possibilités de répartition de la charge sont prévues, on prend en considération celle où l'essieu avant est le plus chargé;
- 3.2.3. Pour les véhicules équipés d'un système de freinage électrique à récupération de la catégorie B, et lorsque la capacité de freinage par récupération électrique est influencée par l'état de charge électrique, les courbes doivent être tracées compte tenu de la composante électrique de freinage dans les conditions minimales et maximales de l'effort de freinage fourni. Cette prescription n'est pas applicable si le véhicule est équipé d'un dispositif anti-blocage qui commande les roues reliées au freinage électrique; on doit alors appliquer les prescriptions de l'annexe 6 du présent règlement.

4. CONDITIONS À REMPLIR EN CAS DE DÉFAILLANCE DU SYSTÈME DE RÉPARTITION DU FREINAGE

Lorsque les conditions énoncées dans la présente annexe sont remplies grâce à un dispositif spécial (dispositif commandé mécaniquement par la suspension du véhicule par exemple), il doit être possible, en cas de défaillance de sa commande, d'arrêter le véhicule (en déconnectant par exemple la liaison de commande) dans les conditions prévues par l'essai de type 0 avec le moteur débrayé, afin d'obtenir une distance de freinage qui ne dépasse pas $0,1 v + 0,0100 v^2$ (m) et une décélération moyenne en régime égale au moins à $3,86 \text{ m/s}^2$.

5. ESSAIS DU VÉHICULE

Lors des essais d'homologation de type d'un véhicule, le service technique responsable doit procéder aux vérifications qu'il juge nécessaires pour s'assurer qu'il est satisfait aux prescriptions de la présente annexe, en effectuant les essais suivants:

5.1. Essai de l'ordre de blocage des roues (voir appendice 1)

Si l'essai de l'ordre de blocage des roues confirme que les roues avant se bloquent avant les roues arrière ou simultanément, la conformité avec les dispositions du paragraphe 3 de la présente annexe a été vérifiée et le processus d'essai est achevé.

5.2. Essais supplémentaires

Si l'essai de l'ordre de blocage des roues révèle que les roues arrière se bloquent avant les roues avant, le véhicule:

a) doit être soumis à des essais supplémentaires comme suit:

i) des essais supplémentaires de l'ordre de blocage des roues; et/ou

ii) des essais avec roue dynamométrique (voir appendice 2) servant à déterminer les facteurs de frein pour l'établissement des courbes d'adhérence utilisée; ces courbes doivent satisfaire aux dispositions du paragraphe 3.1 A de la présente annexe.

b) peut être refusé à l'homologation.

5.3. Les résultats des essais pratiques sont annexés au procès-verbal de l'homologation du type.

6. CONFORMITÉ DE LA PRODUCTION

- 6.1. En vérifiant la conformité de la production pour un véhicule donné, les services techniques appliquent les mêmes méthodes que pour l'homologation du type.
- 6.2. Les conditions sont les mêmes que pour l'homologation du type, sauf que dans l'essai mentionné au paragraphe 5.2 a) ii) de la présente annexe, la courbe relative à l'essieu arrière doit être située au-dessous de la droite $z = 0,9 k$ pour tous les taux de freinage compris entre 0,15 et 0,8 (au lieu de satisfaire à la condition énoncée au paragraphe 3.1 A) [voir diagramme 2).

Diagramme 1

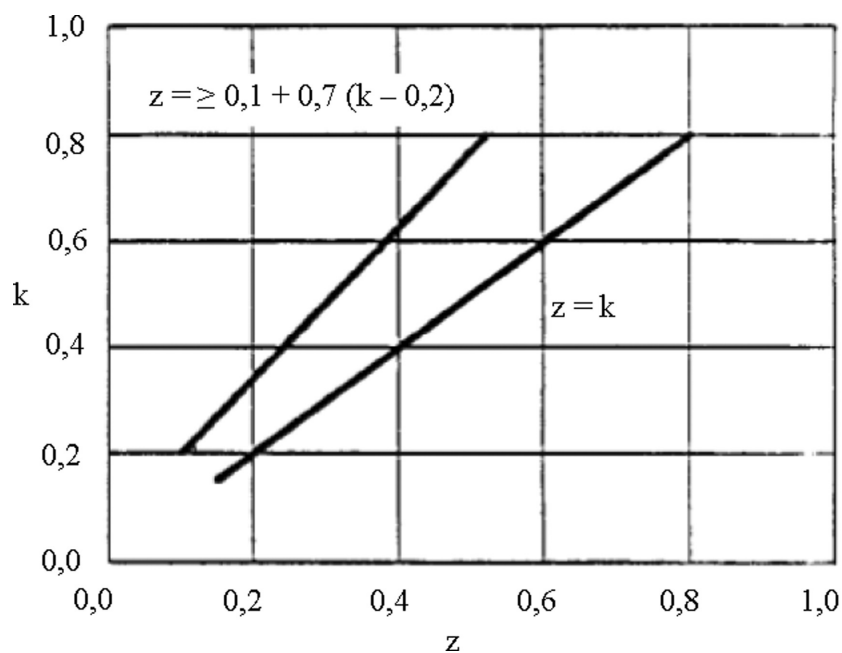
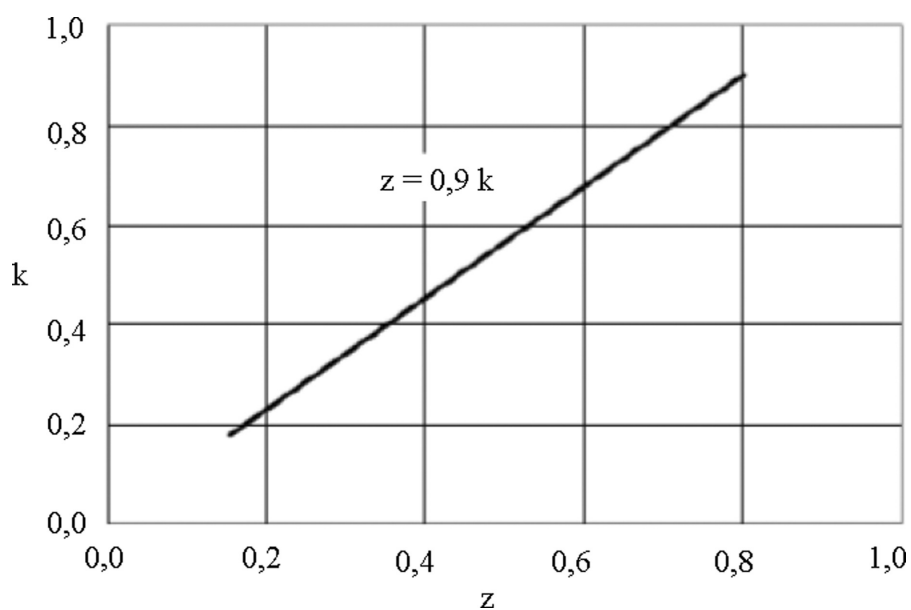


Diagramme 2



*Appendice 1***Méthode d'essai de l'ordre de blocage des roues****1. GÉNÉRALITÉS**

- a) Cet essai a pour but d'assurer que le blocage des deux roues avant se produit à un taux de décélération plus faible que le blocage des deux roues arrière lorsque l'essai est effectué sur des revêtements sur lesquels le blocage se produit à des taux de freinage compris entre 0,15 et 0,8.
- b) L'on considère qu'il y a blocage simultané des roues avant et arrière lorsque l'intervalle entre le blocage de la dernière roue (la deuxième) sur l'essieu arrière et la dernière roue (la deuxième) sur l'essieu avant est inférieur à 0,1 s pour des vitesses du véhicule supérieures à 30 km/h.

2. ÉTAT DU VÉHICULE

- a) Charge du véhicule: en charge et à vide
- b) État de la transmission: moteur débrayé

3. CONDITIONS ET MÉTHODES D'ESSAI

- a) Température initiale des freins: entre 65 et 100 °C en moyenne sur l'essieu le plus chaud
- b) Vitesse d'essai: 65 km/h pour un taux de freinage $\leq 0,50$;
100 km/h pour un taux de freinage $> 0,50$.
- c) Force exercée sur la pédale:
 - i) la force sur la pédale est exercée et contrôlée par un conducteur expérimenté ou par une commande mécanique de la pédale de frein;
 - ii) la force exercée sur la pédale est augmentée progressivement à un taux linéaire tel que le premier blocage d'essieu se produit au moins une demi (0,5) seconde et au plus une seconde et demie (1,5) après l'enfoncement initial de la pédale;
 - iii) la pédale est relâchée quand le second essieu se bloque ou quand la force exercée sur la pédale atteint 1 kN ou 0,1 s après le premier blocage, selon celle de ces conditions qui est remplie la première.
- d) Blocage des roues: seuls les blocages des roues au-delà d'une vitesse du véhicule de 15 km/h sont pris en considération.
- e) Surface d'essai: cet essai est effectué sur des surfaces d'essai où le blocage des roues se produit à des taux de freinage compris entre 0,15 et 0,8.
- f) Données à enregistrer: les renseignements suivants doivent être automatiquement enregistrés de manière simultanée pendant toute la durée de chaque essai, de telle sorte que les valeurs des variables puissent être rapportées au temps réel:
 - i) vitesse du véhicule;
 - ii) taux de freinage instantané du véhicule (par exemple en faisant varier la vitesse du véhicule);
 - iii) force exercée sur la pédale du frein (ou pression normale du circuit hydraulique);
 - iv) vitesse angulaire à chaque roue.
- g) Chaque essai sera répété pour confirmer l'ordre de blocage des roues: si l'un des deux résultats révèle un écart par rapport aux prescriptions, un troisième essai effectué dans les mêmes conditions sera décisif.

4. DEGRÉ D'EFFICACITÉ EXIGÉ

- a) Aucune des deux roues arrière ne doit se bloquer avant les deux roues avant, à des taux de freinage du véhicule compris entre 0,15 et 0,8.
 - b) Si, lors d'un essai suivant la méthode indiquée ci-dessus, et à des taux de freinage du véhicule compris entre 0,15 et 0,8, le véhicule satisfait à un des critères suivants, la présente condition relative à l'ordre de blocage des roues est considérée comme satisfaite:
 - i) pas de blocage des roues;
 - ii) blocage des deux roues sur l'essieu avant et d'une ou d'aucune roue sur l'essieu arrière;
 - iii) blocage simultané des deux essieux.
 - c) Si le blocage des roues commence à un taux de freinage inférieur à 0,15 et supérieur à 0,8, l'essai n'est pas valable et doit être répété sur un revêtement différent.
 - d) Si, en charge ou à vide, à un taux de freinage compris entre 0,15 et 0,8, il y a blocage des deux roues sur l'essieu arrière et blocage d'une ou d'aucune roue sur l'essieu avant, les conditions de l'essai de l'ordre de blocage des roues ne sont pas satisfaites. Dans ce cas, le véhicule doit être soumis à un essai avec «roues dynamométriques» afin de déterminer les facteurs de frein objectifs servant à calculer les courbes de l'adhérence utilisée.
-

*Appendice 2***Méthode d'essai avec roues dynamométriques****1. GÉNÉRALITÉS**

Cet essai a pour objet de mesurer les facteurs de frein et donc de déterminer l'utilisation de l'adhérence des essieux avant et arrière pour une gamme de taux de freinage comprise entre 0,15 et 0,8.

2. ÉTAT DU VÉHICULE

- a) État de charge du véhicule: en charge et à vide
- b) État de la transmission: moteur débrayé

3. CONDITIONS ET MÉTHODES D'ESSAI

- a) Température initiale des freins: entre 65 et 100 °C en moyenne sur l'essieu le plus chaud.
- b) Vitesse d'essai: 100 km/h et 50 km/h.
- c) Force exercée sur la pédale: cette force est augmentée progressivement à un taux linéaire entre 100 et 150 N/s pour la vitesse d'essai de 100 km/h ou entre 100 et 200 N/s pour la vitesse d'essai de 50 km/h, jusqu'à ce que le premier essieu se bloque ou qu'une force sur la pédale de 1 kN soit atteinte, selon celle de ces conditions qui est remplie la première.
- d) Refroidissement des freins: entre les freinages, le véhicule est conduit à des vitesses allant jusqu'à 100 km/h jusqu'à ce que la température initiale des freins indiquée au paragraphe 3 a) ci-dessus soit atteinte.
- e) Nombre d'essais: avec le véhicule à vide effectuer cinq arrêts à partir d'une vitesse de 100 km/h et cinq arrêts à partir d'une vitesse de 50 km/h, en alternant les deux vitesses d'essai après chaque arrêt. Avec le véhicule en charge, répéter les cinq arrêts à chaque vitesse d'essai en alternant les deux vitesses d'essai.
- f) Surface d'essai: l'essai est effectué sur une surface présentant une bonne adhérence.
- g) Données à enregistrer: les renseignements suivants doivent être automatiquement enregistrés de manière simultanée pendant toute la durée de l'essai, de telle sorte que les valeurs des variables puissent être rapportées au temps réel:
 - i) vitesse du véhicule;
 - ii) force exercée sur la pédale du frein;
 - iii) vitesse angulaire de chaque roue;
 - iv) couple de freinage à chaque roue;
 - v) pression du système hydraulique dans chaque circuit de frein, muni de transducteurs sur au moins une roue avant et une roue arrière en aval de tout mécanisme de répartition ou de limitation de la pression;
 - vi) décélération du véhicule.
- h) Fréquence d'échantillonnage: tout matériel de collecte et d'enregistrement des données doit fonctionner à une fréquence minimale d'échantillonnage de 40 Hz sur toutes les voies de transmission.
- i) Détermination de la pression des freins avant comparée à celle des freins arrière: déterminer la pression des freins avant comparée à celle des freins arrière pour toute la gamme des pressions de fonctionnement du circuit. À moins que le véhicule ne soit muni d'un dispositif de répartition variable du freinage, cette détermination s'effectue dans des conditions statiques. Si le véhicule est pourvu d'un tel dispositif, des tests dynamiques sont effectués en charge et à vide. Quinze freinages à partir de 50 km/h sont effectués pour chacun des deux états de charge, dans les mêmes conditions initiales que celles énoncées dans le présent appendice.

4. TRAITEMENT DES DONNÉES

- a) Les données obtenues avec chaque freinage prescrit par le paragraphe 3e) ci-dessus font l'objet d'un filtrage avec une moyenne mobile centrée pour chacune des voies de transmission.
- b) Pour chaque freinage prescrit au paragraphe 3e) ci-dessus, déterminer la pente (facteur de frein) et le point d'intersection sur l'axe des pressions (pression de blocage des freins) de l'équation linéaire des moindres carrés indiquant le plus fidèlement le couple de sortie mesuré à chaque roue freinée en fonction de la pression du circuit mesurée sur cette même roue. Seules les valeurs de sortie du couple obtenues à partir des données rassemblées lorsque la décélération du véhicule est comprise entre 0,15 g et 0,80 g sont retenues dans l'analyse de régression.
- c) Calculer la moyenne des résultats du paragraphe b) ci-dessus afin de déterminer le facteur de frein moyen et la pression de blocage moyenne pour tous les freinages effectués sur l'essieu avant.
- d) Calculer la moyenne des résultats du paragraphe b) ci-dessus afin de déterminer le facteur de frein moyen et la pression de blocage moyenne pour tous les freinages effectués sur l'essieu arrière.
- e) Avec la relation entre la pression de fonctionnement des freins avant et arrière déterminée selon le paragraphe 3 i) ci-dessus et le rayon de roulement dynamique des pneumatiques, calculer la force de freinage sur chaque essieu en fonction de la pression de fonctionnement des freins avant.
- f) Calculer le taux de freinage du véhicule en fonction de la pression de fonctionnement du circuit des freins avant au moyen de l'équation suivante:

$$Z = \frac{T_1 + T_2}{P \cdot g}$$

où:

z = le taux de freinage pour une pression de fonctionnement des freins avant;

T_1, T_2 = les forces de freinage sur les essieux avant et arrière respectivement, correspondant à la même pression des freins avant;

P = masse du véhicule.

- g) Calculer l'adhérence utilisée sur chaque essieu en fonction du taux de freinage, au moyen des formules suivantes:

$$f_1 = \frac{T_1}{P_1 + \frac{Z \cdot h \cdot P \cdot g}{E}}$$

$$f_2 = \frac{T_2}{P_2 - \frac{Z \cdot h \cdot P \cdot g}{E}}$$

Les symboles sont expliqués au paragraphe 2 de la présente annexe.

- h) Tracer f_1 et f_2 en fonction de z , à la fois en charge et à vide. Ces courbes, représentant l'adhérence utilisée pour le véhicule, doivent satisfaire aux prescriptions du paragraphe 5.2 a) ii) de la présente annexe (ou, dans le cas de vérifications de la conformité de la production, aux prescriptions du paragraphe 6.2 de la présente annexe).

ANNEXE 6

PRESCRIPTIONS RELATIVES AUX ESSAIS DES VÉHICULES ÉQUIPÉS DE SYSTÈMES ANTIBLOCAGE**1. GÉNÉRALITÉS**

- 1.1. La présente annexe définit l'efficacité de freinage exigée des véhicules routiers équipés de systèmes antiblocage.
- 1.2. Les systèmes antiblocage actuellement connus comprennent un ou plusieurs capteurs, calculateurs et modulateurs. Tout dispositif d'une autre conception qui pourrait être utilisé à l'avenir, ou tout autre système intégrant une fonction antiblocage, serait considéré comme un système antiblocage au sens de la présente annexe et de l'annexe 5 du présent règlement s'il a une efficacité égale à celle prescrite par la présente annexe.

2. DÉFINITIONS

- 2.1. Un «système antiblocage» est un élément d'un équipement de freinage de service qui règle automatiquement le degré de glissement dans le sens de rotation de la (des) roue(s), sur une ou plusieurs roues du véhicule pendant le freinage.
- 2.2. Un «capteur» est l'élément chargé de reconnaître et de transmettre au calculateur les conditions de rotation de la (des) roue(s) ou les conditions de la dynamique du véhicule.
- 2.3. Un «calculateur» est un élément chargé d'évaluer les informations fournies par le ou les capteurs et de transmettre un ordre au modulateur.
- 2.4. Un «modulateur» est un élément chargé de moduler la force ou les forces de freinage en fonction de l'ordre reçu du calculateur.
- 2.5. Une «roue directement contrôlée» est une roue dont la force de freinage est modulée à partir des informations données au moins par son propre capteur ⁽¹⁾.
- 2.6. Une «roue indirectement contrôlée» est une roue dont la force de freinage est modulée à partir d'informations provenant du capteur ou des capteurs d'une ou de plusieurs autres roues ⁽¹⁾.
- 2.7. Par «exécution de cycles complets», on entend la modulation répétée de la force de freinage par le système antiblocage pour éviter le blocage des roues directement contrôlées. Un freinage ne comportant qu'une seule modulation jusqu'à l'arrêt n'est pas considéré comme répondant à la présente définition.

3. CATÉGORIES DE SYSTÈMES ANTIBLOCAGE

- 3.1. Un véhicule est considéré comme étant équipé d'un système antiblocage au sens du paragraphe 1 de l'annexe 5 du présent règlement s'il comporte l'un des systèmes ci-après:
- 3.1.1. Système antiblocage de catégorie 1
- Un véhicule équipé d'un système antiblocage de catégorie 1 doit satisfaire à toutes les prescriptions de la présente annexe.
- 3.1.2. Système antiblocage de catégorie 2
- Un véhicule équipé d'un système antiblocage de catégorie 2 doit satisfaire à toutes les prescriptions de la présente annexe, à l'exception de celles du paragraphe 5.3.5 ci-après.

⁽¹⁾ Les systèmes antiblocage à sélection haute sont considérés comme comportant des roues directement et indirectement contrôlées. Dans les systèmes à sélection basse, toutes les roues possédant un capteur sont considérées comme étant directement contrôlées.

3.1.3. Système antiblocage de catégorie 3

Un véhicule équipé d'un système antiblocage de catégorie 3 doit satisfaire à toutes les prescriptions de la présente annexe à l'exception de celles des paragraphes 5.3.4 et 5.3.5 ci-après. Sur ces véhicules, tout essieu qui ne comporte pas au moins une roue directement contrôlée doit respecter les conditions d'utilisation de l'adhérence et l'ordre de blocage indiqués dans l'annexe 5 du présent règlement en remplacement de l'utilisation de l'adhérence prescrite au paragraphe 5.2 de la présente annexe. Cependant, si les positions relatives des courbes d'utilisation de l'adhérence ne satisfont pas aux prescriptions du paragraphe 3.1 de l'annexe 5 du présent règlement, un contrôle est effectué pour vérifier que les roues d'au moins un essieu arrière ne se bloquent pas avant celles de l'essieu (ou des essieux) avant dans les conditions indiquées au paragraphe 3.1 de l'annexe 5 du présent règlement en ce qui concerne le rapport de freinage et la charge. Ces prescriptions peuvent être vérifiées par des essais sur des revêtements à forte ou faible coefficient d'adhérence (0,8 environ et 0,3 au maximum) en modulant l'effort à la commande du frein de service.

4. PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES

4.1. Toute panne électrique ou anomalie du capteur affectant le système en ce qui concerne les exigences fonctionnelles et d'efficacité énoncées dans la présente annexe, y compris les pannes et anomalies de l'alimentation en électricité, du câblage extérieur au(x) calculateur(s), du (des) calculateur(s) ⁽²⁾ et du (des) modulateur(s), doit être signalée au conducteur par un signal d'avertissement lumineux distinct. Le voyant jaune défini au paragraphe 5.2.21.1.2 du présent règlement est utilisé à cet effet.

4.1.1. Les défaillances du capteur indétectables dans des conditions statiques doivent être détectées dès que la vitesse du véhicule dépasse 10 km/h ⁽³⁾. Cependant, afin d'éviter toute indication erronée lorsqu'un capteur ne peut indiquer la vitesse du véhicule à cause de la non-rotation d'une roue, la vérification peut être retardée mais la défaillance doit être détectée dès que la vitesse du véhicule dépasse 15 km/h.

4.1.2. Lorsque le système antiblocage est mis sous tension alors que le véhicule est à l'arrêt, la ou les électrovannes pneumatiques modulatrices doivent effectuer au moins un cycle.

4.2. Dans le cas d'une seule défaillance fonctionnelle électrique n'affectant que la fonction antiblocage, et indiquée par le voyant jaune mentionné ci-dessus, l'efficacité du frein de service qui en résulte ne doit pas être inférieure à 80 % de l'efficacité prescrite conformément à l'essai de type 0, moteur débrayé. Cette valeur correspond à une distance de freinage de $0,1 v + 0,0075 v^2$ (m) et à une décélération moyenne en régime de 5,15 m/s².

4.3. Le fonctionnement du système antiblocage ne doit pas être perturbé par des champs magnétiques ou électriques ⁽⁴⁾. (Cette condition est remplie si le règlement n° 10, série 02 d'amendements, est respecté.)

4.4. Aucun dispositif manuel n'est pourvu pour déconnecter ou modifier le mode de commande ⁽⁵⁾ du système antiblocage.

5. DISPOSITIONS PARTICULIÈRES

5.1. Consommation d'énergie

Les véhicules équipés de systèmes antiblocage doivent conserver leur efficacité même lorsque la commande du freinage de service demeure actionnée à fond pendant de longues périodes. On le vérifie en exécutant les essais suivants:

5.1.1. Procédure d'essai

5.1.1.1. Le niveau initial de l'énergie dans le ou les réservoirs doit être égal à la valeur déclarée par le constructeur. Cette valeur doit au moins permettre d'assurer l'efficacité prescrite par le freinage de service, le véhicule étant en charge. Le ou les dispositifs d'accumulation de l'énergie destinée au matériel auxiliaire pneumatique doivent être isolés.

⁽²⁾ Le fabricant doit fournir au service technique une documentation relative au(x) calculateur(s) respectant la forme de présentation indiquée dans l'annexe 8.

⁽³⁾ Le signal d'avertissement peut se rallumer alors que le véhicule est à l'arrêt, à condition qu'il s'éteigne avant que la vitesse du véhicule atteigne 10 km/h ou 15 km/h, selon le cas, en l'absence de toute panne.

⁽⁴⁾ Tant que des procédures d'essai uniformes n'auront pas été convenues, les fabricants communiqueront au service technique leurs procédures d'essai et leurs résultats.

⁽⁵⁾ Il est entendu que le paragraphe 4.4 de la présente annexe ne s'applique pas aux dispositifs modifiant le mode de commande du système antiblocage si toutes les prescriptions applicables à la catégorie du système antiblocage dont le véhicule est équipé sont satisfaites dans le mode de commande modifié.

- 5.1.1.2. À partir d'une vitesse initiale d'au moins 50 km/h, et sur un revêtement ayant un coefficient d'adhérence égal ou inférieur à 0,3 ⁽⁶⁾, les freins du véhicule en charge sont actionnés à fond pendant une durée t, pendant laquelle l'énergie consommée par les roues sans contrôle direct est prise en considération et toutes les roues indirectement commandées par le système antiblocage doivent rester sous son contrôle.
- 5.1.1.3. Le moteur du véhicule doit ensuite être arrêté ou l'alimentation du ou des dispositifs de stockage d'énergie pour la transmission coupée.
- 5.1.1.4. La commande du frein de service doit ensuite être actionnée quatre fois de à la suite de fond de course lorsque le véhicule est à l'arrêt.
- 5.1.1.5. Lorsque les freins sont actionnés pour la cinquième fois, le véhicule doit pouvoir être freiné avec au moins l'efficacité prescrite pour le freinage de secours du véhicule en charge.

5.1.2. Dispositions supplémentaires

- 5.1.2.1. Le coefficient d'adhérence du revêtement doit être mesuré avec le véhicule considéré et selon la méthode décrite au paragraphe 1.1 de l'appendice 2 de la présente annexe.
- 5.1.2.2. L'essai de freinage doit être effectué avec le moteur débrayé tournant au ralenti, le véhicule étant en charge.
- 5.1.2.3. La durée de freinage t est déterminée au moyen de la formule:

$$t = \frac{v_{\max}}{7}$$

(cette valeur étant au moins égale à 15 s)

où t est exprimé en secondes et où $v_{\max}$ représente la vitesse maximale nominale du véhicule exprimée en km/h, avec un maximum de 160 km/h.

- 5.1.2.4. S'il n'est pas possible de réaliser la durée t en une seule phase, on peut répéter l'opération, jusqu'à un maximum de quatre phases au total.
- 5.1.2.5. Si l'essai a lieu en plusieurs phases, aucune réalimentation en énergie n'est autorisée entre les phases.

À partir de la deuxième phase, l'énergie consommée pendant le premier freinage peut être prise en considération, en soustrayant un actionnement à fond du frein des quatre actionnements à fond prescrits au paragraphe 5.1.1.4 (et 5.1.1.5 et 5.1.2.6) de la présente annexe, aux deuxième, troisième et quatrième phases des essais prescrits au paragraphe 5.1.1 de la présente annexe selon le cas.

- 5.1.2.6. L'efficacité prescrite au paragraphe 5.1.1.5 de la présente annexe est considérée comme réalisée si, à l'issue du quatrième actionnement, le véhicule étant à l'arrêt, le niveau d'énergie dans le ou les réservoirs est égal ou supérieur à celui qui est nécessaire pour l'efficacité de secours, le véhicule étant en charge.

5.2. Utilisation de l'adhérence

- 5.2.1. L'utilisation de l'adhérence par le système antiblocage tient compte de l'accroissement effectif de la distance de freinage par rapport à sa valeur minimale théorique. Le système antiblocage est considéré comme satisfaisant lorsque la condition $\varepsilon \geq 0,75$ est remplie, ε représentant l'adhérence utilisée telle qu'elle est définie au paragraphe 1.2 de l'appendice 2 de la présente annexe.
- 5.2.2. L'utilisation de l'adhérence ε doit être mesurée sur des revêtements routiers ayant un coefficient d'adhérence de 0,3 ⁽⁶⁾ ou moins, et de 0,8 environ (route sèche), à partir d'une vitesse initiale de 50 km/h. Afin d'éliminer les effets des différences de température entre les freins, il est recommandé de déterminer la valeur de z_{AL} avant celle de k.

⁽⁶⁾ Tant que ces revêtements d'essai ne seront pas généralement disponibles, le service technique peut utiliser, à sa discrétion, des pneumatiques à la limite d'usure autorisée et des valeurs plus élevées du coefficient d'adhérence atteignant 0,4. Les valeurs réelles obtenues et le type de pneus et de revêtement sont enregistrés.

- 5.2.3. La procédure d'essai pour déterminer le coefficient d'adhérence (k) et le mode de calcul de l'adhérence utilisée (ϵ) sont décrits dans l'appendice 2 de la présente annexe.
- 5.2.4. L'utilisation de l'adhérence par le système antiblocage doit être vérifiée pour des véhicules entiers équipés de systèmes antiblocage de catégories 1 ou 2. Pour les véhicules équipés de systèmes antiblocage de catégorie 3, seul le ou les essieux ayant au moins une roue directement contrôlée doivent satisfaire à la présente prescription.
- 5.2.5. La condition $\epsilon \geq 0,75$ est vérifiée pour le véhicule en charge et à vide ⁽⁷⁾.

L'essai en charge sur une surface à fort coefficient d'adhérence peut être omis si la force prescrite exercée sur la commande ne permet pas d'obtenir un cycle complet du système antiblocage.

Pour l'essai à vide, la force exercée sur la commande peut être portée jusqu'à 100 daN si la force maximale prescrite ⁽⁸⁾ ne permet pas de réaliser un cycle complet. Si 100 daN sont insuffisants pour obtenir un cycle complet, l'essai peut être omis.

5.3. Contrôles complémentaires

Les contrôles complémentaires suivants doivent être effectués avec le moteur débrayé, le véhicule étant en charge et à vide:

- 5.3.1. Les roues directement commandées par un système antiblocage ne doivent pas se bloquer lorsque la force maximale ⁽⁸⁾ est soudainement exercée sur le dispositif de commande, sur les revêtements routiers définis au paragraphe 5.2.2 de la présente annexe, à une vitesse initiale de $v = 40$ km/h et à haute vitesse initiale de $v = 0,8 v_{\max} \leq 120$ km/h ⁽⁹⁾;
- 5.3.2. Lorsqu'un essieu passe d'un revêtement à fort coefficient d'adhérence (k_H) à un revêtement à faible coefficient d'adhérence (k_L), où k_H est $\geq 0,5$ et $k_H/k_L \geq 2$ ⁽¹⁰⁾, le dispositif de freinage étant actionné à fond ⁽⁸⁾, les roues directement contrôlées ne doivent pas se bloquer. La vitesse de marche et le moment de l'actionnement des freins doivent être calculés de façon que le système antiblocage fonctionnant pleinement sur le revêtement à fort coefficient d'adhérence, le passage d'un revêtement à l'autre s'effectue à haute et à basse vitesses, dans les conditions énoncées au paragraphe 5.3.1 ⁽⁹⁾;
- 5.3.3. Lorsqu'un véhicule passe d'un revêtement à faible coefficient d'adhérence (k_L) à un revêtement à fort coefficient d'adhérence (k_H) où k_H est $\geq 0,5$ et $k_H/k_L \geq 2$ ⁽¹⁰⁾, le dispositif de freinage étant actionné à fond ⁽⁸⁾, la décélération du véhicule doit atteindre la valeur élevée appropriée en un temps raisonnable et le véhicule ne doit pas dévier de façon sensible de sa trajectoire initiale. La vitesse de marche et le moment de l'application du frein doivent être calculés de façon que le système antiblocage fonctionnant pleinement sur le revêtement à faible coefficient d'adhérence, le passage d'un revêtement à l'autre s'effectue à la vitesse d'environ 50 km/h;
- 5.3.4. Les prescriptions du présent paragraphe ne s'appliquent qu'aux véhicules équipés de systèmes antiblocage de catégorie 1 ou 2. Lorsque les roues droite et gauche du véhicule sont situées sur des revêtements aux coefficients d'adhérence différents (k_H et k_L), où $k_H \geq 0,5$ et $k_H/k_L \geq 2$ ⁽¹⁰⁾, les roues directement contrôlées ne doivent pas se bloquer lorsque la force maximale ⁽⁸⁾ est exercée soudainement sur le dispositif de commande à la vitesse de 50 km/h;
- 5.3.5. De plus, les véhicules chargés équipés de systèmes antiblocage de la catégorie 1 doivent, dans les conditions du paragraphe 5.3.4 de la présente annexe, avoir un rapport de freinage correspondant à celui qui est prescrit à l'appendice 3 de la même annexe;
- 5.3.6. Cependant, dans les essais prévus aux paragraphes 5.3.1, 5.3.2, 5.3.3, 5.3.4 et 5.3.5 de la présente annexe, de brèves périodes de blocage sont autorisées. De plus, le blocage des roues est permis quand la vitesse du véhicule est inférieure à 15 km/h; de même, pour les roues indirectement contrôlées, des blocages sont permis quelle que soit la vitesse, mais la stabilité et la directabilité du véhicule ne doivent pas en être affectées et le véhicule ne doit pas décrire un mouvement de lacet de plus de 15° ni dévier d'une voie large de 3,5 m;

⁽⁷⁾ En attendant l'établissement d'une procédure d'essai, il peut être nécessaire de répéter les essais requis dans le présent paragraphe pour les véhicules équipés de systèmes de freinage électrique à récupération, afin de déterminer l'effet de différentes valeurs de répartition du freinage fixées par les fonctions automatiques du véhicule.

⁽⁸⁾ La «force maximale» est celle citée à l'annexe 3 du présent règlement. Cette force peut être plus élevée si le fonctionnement du système antiblocage l'exige.

⁽⁹⁾ Ces essais ont pour but de vérifier que les roues ne se bloquent pas et que le véhicule reste stable; il est donc inutile de bloquer complètement les roues et de faire arrêter le véhicule sur le revêtement à faible coefficient d'adhérence.

⁽¹⁰⁾ k_H est le coefficient sur un revêtement à forte adhérence, k_L est le coefficient sur un revêtement à faible adhérence, k_H et k_L sont mesurés comme indiqué dans l'appendice 2 de la présente annexe.

- 5.3.7. Durant les essais prévus aux paragraphes 5.3.4 et 5.3.5 de la présente annexe, une correction de la direction est admise à condition que la rotation angulaire du dispositif de direction soit inférieure à 120° dans les 2 s initiales et ne dépasse pas 240° en tout. De plus, au début de ces essais, le plan longitudinal médian du véhicule doit passer par la ligne de séparation des revêtements à fort et faible coefficients d'adhérence et, durant ces essais, aucune partie des pneumatiques extérieurs ne doit franchir cette limite ⁽⁷⁾.
-

Appendice 1

Symboles et définitions

Symboles	Définitions
E	Empattement
ε	Adhérence utilisée du véhicule: quotient du taux de freinage maximal obtenu avec le système antiblocage enclenché (z_{AL}) et du coefficient d'adhérence (k)
ε_i	Valeur de ε mesurée sur l'essieu i (dans le cas d'un véhicule à moteur doté d'un système antiblocage de la catégorie 3)
ε_H	Valeur de ε sur un revêtement à fort coefficient d'adhérence
ε_L	Valeur de ε sur un revêtement à faible coefficient d'adhérence
F	Force (exprimée en N)
F_{dyn}	Réaction du revêtement normale à sa surface dans des conditions dynamiques avec le système antiblocage enclenché
F_{idyn}	F_{dyn} s'exerçant sur l'essieu i dans le cas de véhicules à moteur
F_i	Réaction du revêtement normale à sa surface sur l'essieu i dans des conditions statiques
F_M	Réaction statique totale du revêtement normale à sa surface sur toutes les roues d'un véhicule à moteur
$F_{Mnd}^{(1)}$	Réaction statique totale du revêtement normale à sa surface sur les essieux non freinés et moteurs d'un véhicule à moteur
$F_{Md}^{(1)}$	Réaction statique totale du revêtement normale à sa surface sur les essieux non freinés et non moteurs d'un véhicule à moteur
$F_{WM}^{(1)}$	$0,01 F_{Mnd} + 0,015 F_{Md}$
g	Accélération de la pesanteur ($9,81 \text{ m/s}^2$)
h	Hauteur du centre de gravité indiquée par le fabricant et confirmée par le service technique effectuant l'essai d'homologation
k	Coefficient d'adhérence du pneu sur la route
k_f	Valeur de k pour un essieu avant
k_H	Valeur de k déterminée pour un revêtement à fort coefficient d'adhérence
k_i	Valeur de k déterminée pour l'essieu i d'un véhicule doté d'un système antiblocage de la catégorie 3
k_L	Valeur de k déterminée pour un revêtement à faible coefficient d'adhérence
k_{lock}	Valeur de l'adhérence pour un glissement de 100 %
k_M	Valeur de k pour le véhicule à moteur
k_{peak}	Valeur maximale de la courbe d'adhérence en fonction du glissement
k_r	Valeur de k pour un essieu arrière
P	Masse du véhicule (kg)
R	Quotient de k_{peak} par k_{lock}
t	Durée en secondes (s)
t_m	Valeur moyenne de t
t_{min}	Valeur minimale de t

Symboles	Définitions
z	Taux de freinage
z_{AL}	Taux de freinage z du véhicule avec le système antiblocage enclenché
z_m	Taux de freinage moyen
z_{max}	Valeur maximale de z
z_{MALS}	Valeur de z_{AL} pour le véhicule à moteur sur un revêtement inégal

(¹) Dans le cas des véhicules à moteur à deux essieux, les symboles F_{Mnd} et F_{Md} peuvent être simplifiés en les remplaçant par les F_i correspondants.

Appendice 2

Utilisation de l'adhérence

1. MÉTHODE DE MESURE

1.1. Détermination du coefficient d'adhérence (k)

1.1.1. Le coefficient d'adhérence (k) est défini comme étant le quotient des forces de freinage maximales d'un essieu sans blocage des roues et de la charge dynamique correspondante sur ce même essieu.

1.1.2. Les freins doivent être actionnés sur un seul des essieux du véhicule, à une vitesse initiale de 50 km/h. Les forces de freinage doivent être réparties entre les roues de cet essieu, afin de parvenir à l'efficacité maximale. Le système antiblocage doit être déconnecté ou inopérant entre 40 et 20 km/h.

1.1.3. Un certain nombre d'essais, avec des pressions de freinage croissantes, doivent être effectués pour déterminer le rapport de freinage maximal du véhicule ($z_{\max}$). Durant chaque essai, l'effort à la pédale doit être maintenu constant et le rapport de freinage sera déterminé par référence au temps (t) nécessaire pour passer de 40 à 20 km/h, au moyen de la formule:

$$z = \frac{0,566}{t}$$

$z_{\max}$ est la valeur maximum de z; t est en secondes.

1.1.3.1. Les roues peuvent se bloquer à une vitesse inférieure à 20 km/h.

1.1.3.2. À partir de la valeur minimum mesurée de t, appelée $t_{\min}$, choisir trois valeurs de t comprises entre $t_{\min}$ et 1,05 $t_{\min}$ et calculer leur moyenne arithmétique t_m , puis calculer

$$z_m = \frac{0,566}{t_m}$$

S'il est démontré que pour des raisons pratiques les trois valeurs définies ci-dessus ne peuvent être obtenues, alors on peut se servir du temps minimum $t_{\min}$. Les prescriptions du paragraphe 1.3 restent néanmoins valables.

1.1.4. Les forces de freinage doivent être calculées à partir du rapport de freinage mesuré et de la résistance au roulement de l'essieu non freiné qui est égale à 0,015 fois la charge statique à l'essieu d'un essieu moteur et à 0,010 fois celle d'un essieu non moteur.

1.1.5. La charge dynamique sur l'essieu est donnée par les relations définies à l'annexe 5 du présent règlement.

1.1.6. La valeur de k doit être arrondie à la troisième décimale.

1.1.7. Ensuite, répéter l'essai sur le ou les autres essieux, comme indiqué aux paragraphes 1.1.1 à 1.1.6 ci-dessus.

1.1.8. Par exemple, dans le cas d'un véhicule à deux essieux à propulsion arrière, lorsque l'essieu avant (1) est freiné, le coefficient d'adhérence (k) est obtenu par la formule:

$$k_f = \frac{z_m \cdot P \cdot g - 0,015 \cdot F_2}{F_1 + \frac{h}{E} \cdot z_m \cdot P \cdot g}$$

Les autres symboles (P, h et E) sont définis à l'annexe 5 du présent règlement.

1.1.9. On détermine un coefficient k_f pour l'essieu avant et un coefficient k_r pour l'essieu arrière.

1.2. Détermination de l'adhérence utilisée (ϵ)

- 1.2.1. L'adhérence utilisée (ϵ) est définie comme le quotient du rapport de freinage maximum lorsque le dispositif antiblocage est en fonctionnement (z_{AL}) et du coefficient d'adhérence (k_M), soit:

$$\epsilon = \frac{z_{AL}}{k_M}$$

- 1.2.2. À partir d'une vitesse initiale du véhicule de 55 km/h, le taux de freinage maximum (z_{AL}) doit être mesuré lorsque le système antiblocage effectue au moins un cycle complet, sur la base de la valeur moyenne de trois essais, comme indiqué au paragraphe 1.1.3 du présent appendice, du temps qu'il faut pour ramener la vitesse de 45 à 15 km/h, d'après la formule ci-dessous:

$$z_{AL} = \frac{0,849}{t_m}$$

- 1.2.3. Le coefficient d'adhérence k_M est obtenu par pondération au moyen des charges dynamiques sur les essieux.

$$k_M = \frac{k_f \cdot F_{fdyn} + k_r \cdot F_{rdyn}}{P \cdot g}$$

où:

$$F_{fdyn} = F_f + \frac{h}{E} \cdot z_{AL} \cdot P \cdot g$$

$$F_{rdyn} = F_r - \frac{h}{E} \cdot z_{AL} \cdot P \cdot g$$

- 1.2.4. La valeur de ϵ est arrondie à la deuxième décimale.

- 1.2.5. Dans le cas d'un véhicule équipé d'un système antiblocage de la catégorie 1 ou 2, la valeur de z_{AL} s'entend pour l'ensemble du véhicule freiné, le système antiblocage étant en fonctionnement; l'adhérence utilisée (ϵ) est donnée par la même formule qu'au paragraphe 1.2.1 du présent appendice.

- 1.2.6. Dans le cas d'un véhicule équipé d'un système antiblocage de catégorie 3, la valeur z_{AL} sera déterminée sur chaque essieu ayant au moins une roue directement contrôlée. Par exemple, pour un véhicule à deux essieux à propulsion arrière avec un système antiblocage agissant sur l'essieu arrière seul (2), l'adhérence utilisée (ϵ) est donné par la formule:

$$\epsilon_2 = \frac{z_{AL} \cdot P \cdot g - 0.010 \cdot F_1}{k_2 \left(F_2 - \frac{h}{E} \cdot z_{AL} \cdot P \cdot g \right)}$$

Ce calcul doit être effectué pour chaque essieu ayant au moins une roue directement contrôlée.

- 1.3. Si $\epsilon > 1,00$, les coefficients d'adhérence sont mesurés à nouveau. Une tolérance de 10 % est admise.

*Appendice 3***Efficacité sur des surfaces d'adhérence différentes**

1. Le rapport de freinage prescrit mentionné au paragraphe 5.3.5 de la présente annexe peut être calculé par référence au coefficient mesuré d'adhérence des deux revêtements sur lesquels l'essai est effectué. Ces deux revêtements doivent satisfaire aux prescriptions du paragraphe 5.3.4 de la présente annexe.
2. Les coefficients d'adhérence de forte et de faible adhérence (k_H et k_L) doivent être déterminés conformément aux prescriptions du paragraphe 1.1 de l'appendice 2 de la présente annexe.
3. Le rapport de freinage (z_{MALS}) pour les véhicules en charge doit être:

$$z_{MALS} \geq 0,75 \left(\frac{4k_L + k_H}{5} \right) \text{ and } z_{MALS} \geq k_L$$

*Appendice 4***Méthode de sélection du revêtement à faible coefficient d'adhérence**

1. Pour choisir le revêtement présentant le coefficient d'adhérence défini au paragraphe 5.1.1.2 de la présente annexe, le service technique doit disposer de certaines données.
 - 1.1. Ces données doivent inclure une courbe du coefficient d'adhérence par rapport au coefficient de glissement (entre 0 et 100 %) à une vitesse d'environ 40 km/h.
 - 1.1.1. La valeur maximum de la courbe est représentée par le symbole k_{peak} et la valeur maximum de glissement par le symbole k_{lock} .
 - 1.1.2. Le rapport R est défini comme le quotient de la valeur maximum de l'adhérence k_{peak} par la valeur maximum de glissement k_{lock} .

$$R = \frac{k_{\text{peak}}}{k_{\text{lock}}}$$

- 1.1.3. La valeur de R est arrondie à la première décimale.
 - 1.1.4. Le revêtement utilisé doit présenter un rapport R compris entre 1,0 et 2,0 ⁽¹⁾.
2. Avant les essais, le service technique doit s'assurer que le revêtement choisi est conforme aux prescriptions fixées. Il doit notamment être informé:

De la méthode d'essai employée pour calculer R ,

Du type du véhicule,

De la charge par essieu et du type de pneumatiques (essais avec différentes charges et différents types de pneus et communication des résultats au service technique qui décide s'ils sont représentatifs du véhicule à homologuer).

- 2.1. La valeur de R est indiquée dans le procès-verbal d'essai.

Le revêtement de la piste d'essai doit être étalonné au moins une fois par an à l'aide d'un véhicule représentatif afin de vérifier la constance de R .

⁽¹⁾ En attendant de pouvoir disposer de pistes d'essai présentant les caractéristiques de revêtement prescrites, on considère que la valeur du rapport R peut aller jusqu'à 2,5, sous réserve d'acceptation par le service technique.

ANNEXE 7

MÉTHODES D'ESSAI SUR DYNAMOMÈTRE À INERTIE POUR GARNITURES DE FREINS**1. GÉNÉRALITÉS**

- 1.1. La procédure décrite dans la présente annexe peut être appliquée dans le cas d'une modification du type de véhicule due au montage des garnitures de freins d'un type nouveau sur les véhicules ayant reçu l'homologation conformément au présent règlement.
- 1.2. Les garnitures de freins d'un type nouveau doivent être vérifiées en comparant leur efficacité avec celle obtenue avec les garnitures équipant le véhicule lors de l'homologation et conformes aux éléments identifiés dans la fiche de communication correspondante dont le modèle figure à l'annexe 1 du présent règlement.
- 1.3. Le service technique responsable de l'exécution des essais d'homologation peut, si elle le juge bon, demander que la comparaison de l'efficacité des garnitures de freins soit effectuée conformément aux dispositions applicables figurant dans l'annexe 3 du présent règlement.
- 1.4. La demande d'homologation aux fins de comparaison est faite par le constructeur du véhicule ou son mandataire.
- 1.5. Dans le contexte de la présente annexe, il faut entendre par «véhicule» le type de véhicule homologué conformément au présent règlement, et à propos duquel il est demandé que la comparaison soit reconnue comme satisfaisante.

2. APPAREILLAGE D'ESSAI

- 2.1. On doit utiliser pour les essais un dynamomètre ayant les caractéristiques suivantes:
 - 2.1.1. Il doit être capable de produire l'inertie prescrite au paragraphe 3.1 de la présente annexe, et avoir la capacité voulue pour remplir les conditions énoncées dans le paragraphe 1.5 de l'annexe 3 du règlement en ce qui concerne les essais de perte d'efficacité du type I;
 - 2.1.2. Les freins montés doivent être identiques à ceux d'origine du type de véhicule concerné;
 - 2.1.3. Le refroidissement par air, s'il en est prévu un, doit répondre aux conditions énoncées dans le paragraphe 3.4 de la présente annexe;
 - 2.1.4. Pour l'essai, on doit disposer d'un appareillage donnant au moins les informations suivantes:
 - 2.1.4.1. Enregistrement continu de la vitesse de rotation du disque ou du tambour;
 - 2.1.4.2. Nombre de tours exécutés lors d'un arrêt, avec une résolution d'un huitième de tour au plus;
 - 2.1.4.3. Temps d'arrêt;
 - 2.1.4.4. Enregistrement continu de la température, mesurée au centre de la bande balayée par la garniture ou à mi-épaisseur du disque ou du tambour ou de la garniture;
 - 2.1.4.5. Enregistrement continu de la pression du circuit de commande des freins ou de la force d'actionnement des freins;
 - 2.1.4.6. Enregistrement continu du couple de freinage.

3. CONDITIONS D'ESSAI

- 3.1. Le dynamomètre doit être réglé de manière à reproduire aussi fidèlement que possible, avec une tolérance de $\pm 5\%$, l'inertie rotative correspondant à la partie de l'inertie totale du véhicule freinée par la ou les roues considérées, telle qu'elle est déterminée par la formule suivante:

$$I = MR^2$$

où:

I = inertie rotative ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$);

R = rayon de roulement dynamique du pneu (m);

M = partie de la masse maximale du véhicule freinée par la ou les roues considérées. Dans le cas d'un dynamomètre à une extrémité, on calcule cette masse en se basant sur la répartition nominale du freinage lorsque la décélération correspond à la valeur applicable fixée à la ligne (A) du tableau figurant au paragraphe 2.1.1 de l'annexe 3 du présent règlement.

- 3.2. La vitesse de rotation initiale du dynamomètre à inertie doit correspondre à la vitesse d'avancement du véhicule telle qu'elle est prescrite à la ligne (A) du tableau figurant au paragraphe 2.1.1 de l'annexe 3 du présent règlement, et être fonction du rayon de roulement dynamique du pneu.
- 3.3. Les garnitures de freins doivent être rodées à 80 % au moins et ne doivent pas avoir été portées à une température supérieure à 180 °C au cours de l'opération de rodage, ou, à la demande du fabricant, seront rodées selon ses recommandations.
- 3.4. Un refroidissement par air peut être utilisé; le flux d'air doit être dirigé sur le frein perpendiculairement à l'axe de rotation de la roue. La vitesse d'écoulement de l'air sur le frein ne doit pas être supérieure à 10 km/h. La température de l'air de refroidissement sera la température ambiante.

4. PROCÉDURE D'ESSAI

- 4.1. Cinq jeux-échantillons de la garniture des freins sont soumis à l'essai de comparaison; ils sont comparés à cinq jeux de garnitures conformes aux éléments d'origine identifiés dans la fiche de communication relative à la première homologation du type de véhicule en question.
- 4.2. L'équivalence des garnitures de freins est contrôlée par comparaison entre les résultats obtenus grâce aux méthodes d'essai prescrites dans la présente annexe, et conformément aux prescriptions ci-après.
- 4.3. Essai d'efficacité à froid du type 0
- 4.3.1. Trois freinages sont exécutés, à une température initiale inférieure à 100 °C, mesurée conformément aux indications du paragraphe 2.1.4.4 de la présente annexe.
- 4.3.2. Les freinages sont exécutés à partir d'une vitesse de rotation initiale correspondant à la vitesse d'essai prescrite à la ligne (A) du tableau figurant au paragraphe 2.1.1 de l'annexe 3 du présent règlement, le frein étant actionné de manière à produire un couple moyen équivalent à la décélération prescrite dans ledit paragraphe. En outre, les essais doivent aussi être exécutés à diverses vitesses de rotation, la plus basse correspondant à 30 % de la vitesse maximale du véhicule et la plus haute à 80 % de cette vitesse.
- 4.3.3. Le couple moyen de freinage enregistré au cours des essais ci-dessus d'efficacité à froid sur l'une quelconque des garnitures essayées aux fins d'équivalence doit, pour la même valeur d'entrée, demeurer dans les limites d'essai de $\pm 15\%$ du couple moyen de freinage enregistré avec les garnitures de freins conformes à l'élément identifié dans la fiche de communication relative à l'homologation du type de véhicule considéré.

4.4. Essai de type I (essai de perte d'efficacité)

4.4.1. Méthode d'échauffement

4.4.1.1. Les garnitures de freins sont essayées selon la procédure décrite au paragraphe 1.5.1 de l'annexe 3 du présent règlement.

4.4.2. Efficacité à chaud

4.4.2.1. Une fois achevés les essais prescrits au paragraphe 4.4.1 de la présente annexe, l'essai d'efficacité du freinage à chaud prescrit au paragraphe 1.5.2 de l'annexe 3 du présent règlement doit être exécuté.

4.4.2.2. Le couple moyen de freinage enregistré au cours des essais d'efficacité à chaud prescrits ci-dessus sur les garnitures essayées aux fins de comparaison doit, pour la même valeur d'entrée, demeurer dans les limites d'essai de $\pm 15\%$ du couple moyen de freinage enregistré avec les garnitures de freins conformes à l'élément identifié dans la fiche de communication relative à l'homologation du type de véhicule considéré.

5. INSPECTION DES GARNITURES DE FREINS

Après exécution des essais ci-dessus, on examine visuellement les garnitures de freins pour vérifier que leur état permet encore qu'elles soient utilisées sur le véhicule dans des conditions d'utilisation normales de celui-ci.

ANNEXE 8

PRESCRIPTIONS SPÉCIALES S'APPLIQUANT AUX QUESTIONS DE SÉCURITÉ RELATIVES AUX SYSTÈMES COMPLEXES DE COMMANDE ÉLECTRONIQUE DU VÉHICULE**1. GÉNÉRALITÉS**

La présente annexe définit les prescriptions spéciales en matière de documentation, de stratégie concernant les défauts et de vérification pour les questions de sécurité relatives aux systèmes complexes de commande électronique du véhicule (paragraphe 2.3 ci-après) aux fins de l'application du présent règlement.

Des paragraphes spéciaux du présent règlement peuvent également renvoyer à cette annexe, pour les fonctions relatives à la sécurité qui sont régies par un (des) système(s) électronique(s).

La présente annexe n'énonce pas les critères d'efficacité du «Système», mais porte sur la méthodologie s'appliquant au processus de conception et sur les informations qui doivent être fournies au service technique, aux fins de l'homologation de type.

Les informations en question doivent montrer que le «Système» satisfait, dans les conditions normales de même qu'en cas de défaut, à toutes les prescriptions d'efficacité précisées ailleurs dans le présent règlement.

2. DÉFINITIONS

Au sens de la présente annexe, on entend:

- 2.1. Par «concept de sécurité», une description des caractéristiques intégrées à la conception, par exemple dans les modules électroniques, de manière à assurer la fiabilité du système et, partant, la sécurité de fonctionnement même en cas de panne d'électricité.

La possibilité de revenir à un fonctionnement partiel ou même à un système de secours pour les fonctions vitales du véhicule peut faire partie du concept de sécurité.

- 2.2. Par «système de commande électronique», un ensemble de modules conçu pour participer à la fonction de commande du véhicule en faisant appel au traitement électronique des données.

Il s'agit là d'un système, souvent régi par un logiciel, qui est constitué de composants discrets, tels que capteurs, modules de commande électronique ou actionneurs, reliés par des liaisons de transmission. Ils peuvent notamment comporter des éléments mécaniques, électropneumatiques ou électrohydrauliques.

Le «Système» dont il est question ici est celui pour lequel l'homologation de type est demandée.

- 2.3. Par «systèmes complexes de commande électronique du véhicule», les systèmes de commande électronique qui sont soumis à une hiérarchie de commande dans laquelle un système/une fonction de commande électronique de niveau supérieur peut avoir priorité sur une fonction commandée.

Lorsqu'une fonction a ainsi priorité sur une autre, cette dernière devient partie du système complexe.

- 2.4. Par systèmes/fonctions de «commande de niveau supérieur», ceux qui font appel à des fonctions caprices et/ou de traitement pour modifier le comportement du véhicule en provoquant des variations de la (des) fonction(s) normale(s) du système de commande du véhicule.

Cela permet à des systèmes complexes de changer automatiquement d'objectif, en fonction de la priorité déterminée par l'état au niveau du capteur.

- 2.5. Par «modules», les plus petites unités d'éléments de système prises en considération dans la présente annexe, car il s'agit d'ensembles de composants qui seront traités comme entité unique aux fins de l'identification, de l'analyse ou du remplacement.

- 2.6. Par «liaisons de transmission», les dispositifs utilisés pour assurer l'interconnexion des unités réparties, aux fins de la transmission des signaux, du traitement des données ou de l'alimentation en énergie.

Il s'agit là généralement d'un équipement électrique qui, cependant, peut, dans certaines parties, être mécanique, pneumatique, hydraulique ou optique.

- 2.7. Par «plage de commande», la plage sur laquelle le système devrait exercer la fonction de commande pour une variable de sortie donnée.
- 2.8. Par «limites de fonctionnement», les limites des facteurs physiques externes dans lesquelles le système est en mesure d'assurer la fonction de commande.

3. DOCUMENTATION

3.1. Prescriptions

Le fabricant doit fournir un dossier renseignant sur la conception de base du «Système» et sur les dispositifs permettant de le relier à d'autres systèmes du véhicule ou par le biais desquels il commande directement les variables de sortie.

La (les) fonction(s) du «Système» et le concept de sécurité, tels qu'ils sont définis par le fabricant, doivent être expliqués.

Le dossier doit être bref mais montrer que pour la conception et la mise au point l'on a tiré parti de l'expérience acquise dans tous les domaines concernés.

Aux fins de l'inspection technique périodique, le dossier doit indiquer comment l'état de fonctionnement du «Système» peut être contrôlé.

3.1.1. La documentation doit comporter deux parties:

- a) le dossier officiel présenté à l'homologation et contenant les informations dont il est question au paragraphe 3 (à l'exception de celles qui sont mentionnées au paragraphe 3.4.4), qui doit être remis au service technique au moment de la présentation de la demande d'homologation de type. Il sert de référence de base pour le processus de vérification exposé au paragraphe 4 de la présente annexe;
- b) d'autres indications et données d'analyse dont il est question au paragraphe 3.4.4, que le fabricant conserve mais qui peuvent faire l'objet d'une inspection au moment de l'homologation de type.

3.2. Description des fonctions du «Système»

Il doit être fourni une description contenant une explication simple de toutes les fonctions de commande du «Système» et des méthodes appliquées pour atteindre les objectifs visés, notamment une description du (des) mécanisme(s) par lequel (lesquels) les fonctions de commande sont exercées.

- 3.2.1. Une liste de toutes les variables d'entrée et de captage doit être fournie, et la gamme de fonctionnement correspondante doit être définie.
- 3.2.2. Une liste de toutes les variables de sortie pour lesquelles le «Système» assure la fonction de commande doit être fournie et, dans chaque cas, il y a lieu d'indiquer si la commande est directe ou si elle passe par un autre système du véhicule. La plage de commande (paragraphe 2.7 ci-dessus) pour chaque variable doit être définie.
- 3.2.3. Les facteurs définissant les limites de fonctionnement (paragraphe 2.8 ci-dessus) doivent être indiqués lorsqu'ils sont pertinents pour l'efficacité du «Système».

3.3. Plan et schéma du «Système»

3.3.1. Liste des éléments

Il doit être fourni une liste des éléments indiquant tous les modules du «Système» et mentionnant les autres systèmes du véhicule qui sont nécessaires pour exercer la fonction de commande en question.

Un schéma de principe indiquant ces modules dans leur ensemble doit être fourni et il y a lieu de préciser à la fois la répartition des éléments et les interconnexions.

3.3.2. Fonctions des modules

La fonction de chaque module du «Système» doit être définie et les signaux le reliant aux autres modules ou à d'autres systèmes du véhicule doivent être indiqués. Cela peut se faire à l'aide d'un schéma de principe étiqueté ou d'un autre type de schéma, ou encore par le biais d'une description accompagnée d'un tel schéma.

3.3.3. Interconnexions

Les interconnexions à l'intérieur du «Système» doivent être indiquées à l'aide d'un schéma de circuit pour les liaisons de transmission électriques, d'un diagramme des fibres optiques pour les liaisons optiques, d'un plan de tuyauterie pour la transmission pneumatique ou hydraulique et d'un plan de principe pour les liaisons mécaniques.

3.3.4. Transmission des signaux et priorités

La correspondance entre ces liaisons de transmission et les signaux acheminés entre les modules doit être évidente.

Les priorités des signaux sur les bus de données multiplexées doivent être indiquées, partout où elles peuvent avoir une incidence sur le fonctionnement ou sur la sécurité, aux fins de l'application du présent règlement.

3.3.5. Code d'identification des modules

Chaque module doit pouvoir être identifié clairement et sans ambiguïté (par exemple à l'aide de marques, pour le matériel, et de libellés ou d'avis de présence, pour le logiciel), ce qui permet de contrôler la correspondance entre le matériel et la documentation.

Lorsque des fonctions sont combinées à l'intérieur d'un seul module ou en fait d'un seul ordinateur, mais indiquées, par souci de clarté et pour faciliter l'explication, sous la forme d'un ensemble de blocs sur le schéma de principe, une seule marque d'identification du matériel est utilisée.

Le fabricant certifie, par le biais de cette identification, que l'équipement fourni est conforme au document correspondant.

3.3.5.1. Le code d'identification définit la version du matériel et du logiciel et, lorsque cette dernière est modifiée au point que la fonction du module aux fins de l'application du présent règlement s'en trouve elle aussi modifiée, il y a lieu de le changer.

3.4. Concept de sécurité du fabricant

3.4.1. Le fabricant présente une déclaration selon laquelle la stratégie adoptée pour atteindre les objectifs du «Système» ne compromettra pas, dans des conditions exemptes de défektivité, la sécurité de fonctionnement des systèmes soumis aux prescriptions du présent règlement.

3.4.2. S'agissant du logiciel utilisé dans le «Système», il y a lieu d'en expliquer l'architecture de base et d'indiquer les méthodes appliquées et les outils utilisés pour la conception. Le fabricant doit être disposé à donner, sur demande, des indications sur la démarche suivie pour réaliser la logique du système, au stade de la conception et de la mise au point.

3.4.3. Le fabricant doit fournir aux autorités techniques une explication concernant les caractéristiques intégrées à la conception du «Système» pour assurer la sécurité de fonctionnement dans des conditions de défaillance. Ces caractéristiques peuvent être, par exemple, les suivantes:

- a) retour à un fonctionnement en système partiel;
- b) passage à un système de secours distinct;
- c) interruption de la fonction de haut niveau.

En cas de défectuosité, le conducteur doit être averti, par exemple à l'aide d'un signal d'avertissement ou par affichage d'un message. Lorsque le conducteur ne procède pas à la mise hors fonction du système, par exemple en mettant la clef de contact sur la position «arrêt» ou en coupant la fonction en question au cas où un interrupteur est prévu à cet effet, l'avertissement doit rester présent tant que la défectuosité persiste.

- 3.4.3.1. Si la modalité choisie sélectionne un mode de fonctionnement partiel dans certaines conditions de défectuosité, ces conditions doivent être indiquées et les limites d'efficacité correspondantes doivent être définies.
- 3.4.3.2. Si la modalité choisie sélectionne un dispositif auxiliaire (de secours) pour atteindre l'objectif visé par le système de commande du véhicule, les principes du mécanisme de transfert, la logique et le niveau de redondance et toute fonction intégrée de contrôle de la fonction de secours doivent être expliqués, et les limites d'efficacité de cette fonction de secours doivent être définies.
- 3.4.3.3. Si la modalité choisie sélectionne une coupure de la fonction de plus haut niveau, tous les signaux correspondants de commande de sortie associés à cette fonction doivent être neutralisés, de manière à limiter la perturbation transitoire.
- 3.4.4. La documentation doit être complétée par une analyse indiquant, en termes généraux, comment le système se comporte s'il se produit l'une des défaillances indiquées comme ayant une incidence sur l'efficacité de la commande ou sur la sécurité.

Il peut s'agir d'une analyse des modes de défaillance et de leurs effets ou d'une analyse par arbre de défaillance, ou de tout autre processus similaire d'analyse concernant la sécurité des systèmes.

L'approche ou les approches analytique(s) retenue(s) doit (doivent) être définie(s) et actualisée(s) par le fabricant et pouvoir faire l'objet d'une inspection de la part du service technique au moment de l'homologation de type.

- 3.4.4.1. Dans ce type de documentation doivent être énumérés les paramètres contrôlés et, pour chaque condition de défectuosité définie au paragraphe 3.4.4 ci-dessus, il y a lieu d'indiquer le signal d'avertissement à donner au conducteur et/ou au personnel assurant le service ou l'inspection technique.
4. VÉRIFICATION ET ESSAI
 - 4.1. Le fonctionnement du «Système» tel qu'il est exposé dans les documents requis au paragraphe 3, doit faire l'objet d'essais, comme indiqué ci-après.
 - 4.1.1. Vérification du fonctionnement du «Système»

En tant que moyen d'assurer les niveaux de fonctionnement normaux, la vérification de l'efficacité du système du véhicule dans des conditions exemptes de défectuosité doit être effectuée par rapport aux spécifications de base de référence du fabricant, à moins qu'un essai spécifique faisant partie de la procédure d'homologation prescrite dans le présent règlement ou dans un autre règlement soit prévu à cet égard.

- 4.1.2. Vérification du concept de sécurité énoncé au paragraphe 3.4 de la présente annexe.

Il y a lieu de procéder, sur décision de l'autorité d'homologation de type, à une vérification de la réaction du «Système» dans des conditions de défaillance de tel ou tel module, en appliquant des signaux de sortie appropriés aux modules électriques ou aux éléments mécaniques afin de simuler les effets de défectuosités internes dans ce module.

Les résultats de la vérification doivent correspondre au résumé de l'analyse concernant les défaillances, à un niveau d'effet global tel que le concept de sécurité et l'exécution soient confirmés comme adéquats.

ANNEXE 9

SYSTÈMES ÉLECTRONIQUES DE CONTRÔLE DE STABILITÉ ET D'AIDE AU FREINAGE**PARTIE A. PRESCRIPTIONS APPLICABLES AUX SYSTÈMES DE CONTRÔLE DE STABILITÉ, LORSQU'ILS SONT MONTÉS****1. PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES**

Les véhicules équipés d'un système de contrôle de stabilité (ESC) doivent satisfaire aux prescriptions fonctionnelles énoncées au paragraphe 2 et aux prescriptions d'efficacité énoncées au paragraphe 3, dans le cadre des conditions d'essai décrites au paragraphe 4 et dans les procédures d'essai spécifiées au paragraphe 5 de la présente annexe.

2. PRESCRIPTIONS FONCTIONNELLES

Chaque véhicule auquel s'applique la présente annexe doit être équipé d'un système de contrôle de stabilité:

2.1. Qui soit capable d'appliquer des couples de freinage individuellement à chacune des quatre roues ⁽¹⁾ et qui utilise un algorithme de commande lui permettant d'exercer cette fonction;

2.2. Qui fonctionne sur toute la plage de vitesse du véhicule pendant toutes les phases de la conduite, y compris l'accélération, la marche en prise gaz coupés et la décélération (y compris le freinage), sauf:

2.2.1. Lorsque le conducteur a désactivé l'ESC;

2.2.2. Lorsque la vitesse du véhicule est inférieure à 20 km/h;

2.2.3. Pendant l'exécution de l'essai initial d'autodiagnostic au démarrage et les contrôles de plausibilité, cette durée ne devant pas excéder 2 min lorsque le véhicule est conduit dans les conditions énoncées au paragraphe 5.10.2;

2.2.4. Lorsque le véhicule est conduit en marche arrière.

2.3. Doit pouvoir fonctionner même si le système antiblocage des freins ou le système antipatinage est aussi en fonction.

3. PRESCRIPTIONS D'EFFICACITÉ

Lors de chaque essai effectué dans les conditions prescrites au paragraphe 4 et conformément à la procédure prescrite au paragraphe 5.9, le véhicule, système ESC activé, doit satisfaire aux critères de stabilité directionnelle définis aux paragraphes 3.1 et 3.2 ainsi qu'au critère de réactivité du paragraphe 3.3 lors de chacun de ces essais, effectués avec un angle de braquage programmé ⁽²⁾ de 5 A ou plus (mais dans les limites des prescriptions du paragraphe 5.9.4), A étant l'angle de braquage du volant calculé conformément au paragraphe 5.6.1.

Si un véhicule a été physiquement soumis aux essais prescrits au paragraphe 4, on peut démontrer que des versions ou variantes de ce même type de véhicule satisfont aux prescriptions en s'appuyant sur une simulation informatique qui respecte les conditions d'essai stipulées au paragraphe 4 et la procédure d'essai décrite au paragraphe 5.9. L'utilisation du simulateur est décrite à l'appendice 1 de la présente annexe.

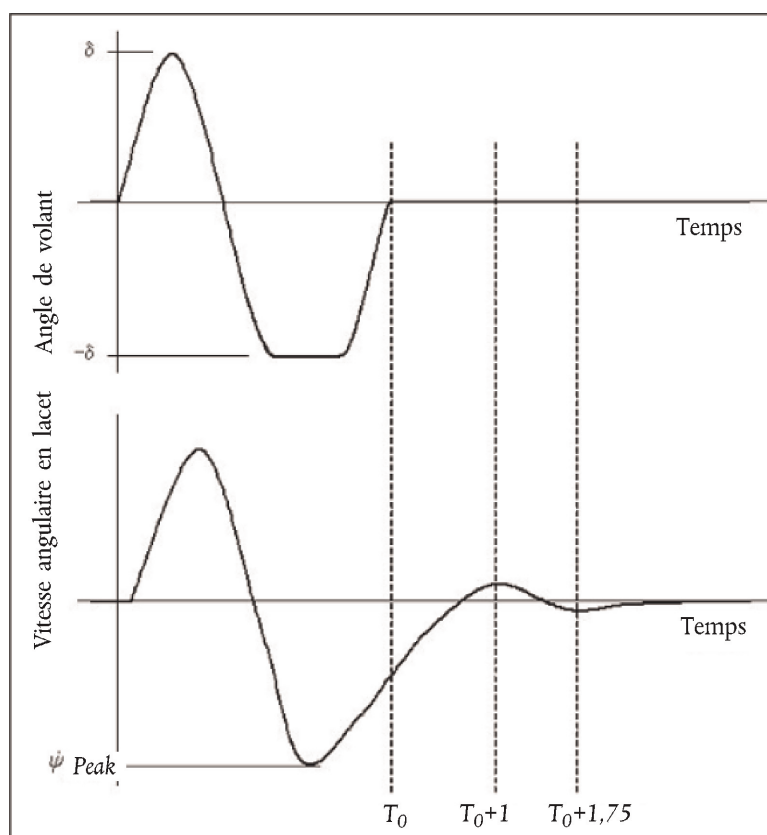
3.1. La vitesse angulaire en lacet mesurée 1 s après la fin de la manœuvre de l'impulsion Sinus avec palier (temps $T_0 + 1$ à la figure 1) ne doit pas dépasser 35 % de la première valeur de pointe de la vitesse angulaire enregistrée après le changement de sens de l'angle de braquage (entre la première et la deuxième pointe) (ΨP_{eak} à la figure 1) au cours du même parcours d'essai.

⁽¹⁾ Un groupe d'essieux est assimilé à un essieu simple et des roues jumelées sont assimilées à une roue simple.

⁽²⁾ Le texte de la présente annexe part du principe que la direction du véhicule est commandée par un volant. Les véhicules utilisant d'autres types de commande de direction peuvent également être homologués conformément à la présente annexe, à condition que le constructeur soit en mesure de démontrer au service technique que l'on peut satisfaire aux prescriptions d'efficacité énoncées dans la présente annexe en donnant à la commande de direction des impulsions équivalentes à celles prescrites au paragraphe 5 de la présente partie.

Figure 1

Informations de position du volant et de vitesse angulaire en lacet utilisées pour l'évaluation de la stabilité latérale



- 3.2. La vitesse angulaire en lacet mesurée 1,75 s après la fin de la manœuvre Sinus avec palier ne doit pas dépasser 20 % de la première valeur de pointe de la vitesse angulaire enregistrée après le changement de sens de l'angle de braquage (entre la première et la deuxième point e) au cours du même parcours d'essai.
- 3.3. Le déplacement latéral du centre de gravité du véhicule par rapport à sa trajectoire rectiligne initiale doit être d'au moins 1,83 m pour les véhicules ayant une MTC inférieure ou égale à 3 500 kg, et 1,52 m pour les véhicules ayant une masse maximale supérieure à 3 500 kg, cette valeur étant calculée 1,07 s après le début de la manœuvre de braquage (DMB). La définition de DMB est donnée au paragraphe 5.11.6.
- 3.3.1. Le calcul du déplacement latéral est effectué par double intégration par rapport au temps de la mesure de l'accélération latérale au centre de gravité du véhicule, conformément à la formule:

$$\text{Déplacement latéral} = \int \int a_{y_{C.G.}} dt$$

Une autre méthode de mesure peut être autorisée pour les essais destinés à l'homologation de type, à condition qu'elle révèle un degré de précision au moins équivalent à celui de la méthode par double intégration.

- 3.3.2. Le temps $t = 0$ pour l'opération d'intégration est l'instant de l'action sur la commande, appelé début de la manœuvre de braquage (DMB). La définition de DMB est donnée au paragraphe 5.11.6.

3.4. Détection d'un défaut de fonctionnement de l'ESC

Le véhicule doit être équipé d'un témoin qui prévienne le conducteur de l'apparition de tout défaut de fonctionnement qui affecte la génération ou la transmission des signaux de commande ou de réponse dans le système de contrôle de stabilité du véhicule.

- 3.4.1. Ce témoin:
- 3.4.1.1. Doit être installé dans le champ de vision direct du conducteur et être bien visible lorsque le conducteur est en position de conduite et attaché;
- 3.4.1.2. Sauf autres dispositions énoncées au paragraphe 3.4.1.3, le témoin de défaut de fonctionnement de l'ESC doit s'allumer lorsqu'il existe un défaut de fonctionnement et il doit demeurer allumé de manière continue dans les conditions spécifiées au paragraphe 3.4 aussi longtemps que le défaut subsiste, tant que la commande de contact est sur la position «Marche»;
- 3.4.1.3. Sauf autres dispositions énoncées au paragraphe 3.4.2, tout témoin de défaut de fonctionnement de l'ESC doit s'allumer pour le contrôle du fonctionnement de la lampe soit lorsque la commande de contact est mise sur la position «Marche» sans que le moteur tourne soit quand elle est sur une position intermédiaire entre «Marche» et «Démarrage» prévue par le constructeur comme position de contrôle;
- 3.4.1.4. Doit s'éteindre au cycle de mise du contact suivant, une fois le défaut corrigé conformément au paragraphe 5.10.4;
- 3.4.1.5. Doit pouvoir aussi servir à indiquer un défaut de fonctionnement d'un système ou d'une fonction connexe, comme l'antipatinage, le système de stabilisation de la remorque, le contrôle des freins en virage ou d'autres fonctions semblables qui font appel à la commande des gaz et/ou au dispositif de régulation du couple roue par roue pour actionner des éléments qu'elles partagent avec l'ESC.
- 3.4.2. Le témoin de défaut de fonctionnement de l'ESC n'a pas à s'allumer lorsqu'un système de verrouillage du démarrage lié à la transmission est en fonction.
- 3.4.3. Les prescriptions du paragraphe 3.4.1.3 ne s'appliquent pas aux témoins figurant sur un espace d'affichage commun.
- 3.4.4. Le constructeur peut utiliser le témoin de défaillance de l'ESC en mode clignotant pour indiquer l'intervention de l'ESC et/ou l'intervention de systèmes apparentés au système ESC (tels qu'énumérés au paragraphe 3.4.1.5).
- 3.5. Commande ESC hors fonction et commande d'autres systèmes
- Le constructeur peut prévoir une commande «ESC hors fonction», qui doit s'allumer lorsque les projecteurs du véhicule sont allumés, ayant pour fonction de mettre le système ESC sur un mode sur lequel il ne satisfait plus aux prescriptions d'efficacité des paragraphes 3, 3.1, 3.2 et 3.3. Il peut aussi prévoir des commandes pour d'autres systèmes qui ont une fonction auxiliaire par rapport à celle de l'ESC. Les commandes de l'un ou l'autre type qui mettent le système ESC sur un mode sur lequel il peut ne plus satisfaire aux prescriptions d'efficacité des paragraphes 3, 3.1, 3.2 et 3.3 sont admises à condition que le système satisfasse aux prescriptions des paragraphes 3.5.1, 3.5.2 et 3.5.3.
- 3.5.1. Le système ESC du véhicule doit toujours revenir, par défaut, sur le mode initialement prévu par le constructeur, qui satisfait aux prescriptions des paragraphes 2 et 3, au début de tout nouveau cycle de mise du contact, quel que soit le mode précédemment sélectionné par le conducteur. Cependant, le système ESC ne doit pas nécessairement revenir sur un mode qui satisfasse aux prescriptions des paragraphes 3 à 3.3 au début de chaque nouveau cycle de mise du contact si:
- 3.5.1.1. Le véhicule est en mode quatre roues motrices, ce qui a pour effet d'accoupler l'essieu avant (moteur) et l'essieu arrière et de créer une démultiplication supplémentaire entre le moteur et les roues du véhicule d'au moins 1,6, choisie par le conducteur pour conduire sur des rapports courts en tout terrain; ou
- 3.5.1.2. Si le véhicule est en mode quatre roues motrices choisi par le conducteur pour conduire sur des rapports longs, sur le sable, la boue ou la neige, ce qui a pour effet d'accoupler l'essieu avant (moteur) et l'essieu arrière, à condition que sur ce mode le véhicule satisfasse aux prescriptions de stabilité des paragraphes 3.1 et 3.2 dans les conditions d'essai définies au paragraphe 4. Cependant, si le système ESC possède plus d'un mode satisfaisant aux prescriptions des paragraphes 3.1 et 3.2 dans la configuration de conduite choisie pour le cycle de mise du contact précédent, l'ESC doit revenir, par défaut, sur le mode initialement prévu par le constructeur pour cette configuration de conduite au début de chaque nouveau cycle de mise du contact.

3.5.2. Une commande ayant pour unique fonction de mettre le système ESC sur un mode où il ne satisfait plus aux prescriptions fonctionnelles des paragraphes 3, 3.1, 3.2 et 3.3 doit satisfaire aux prescriptions techniques pertinentes du règlement n° 121.

3.5.3. Une commande ayant pour unique fonction de mettre le système ESC sur un mode où il ne satisfait plus aux prescriptions fonctionnelles des paragraphes 3, 3.1, 3.2 et 3.3 doit satisfaire aux prescriptions techniques pertinentes du règlement n° 121.

Lorsque le mode est choisi au moyen d'une commande multifonction, l'écran d'affichage doit clairement indiquer au conducteur la position dans laquelle se trouve la commande pour ce mode, au moyen du symbole «OFF» pour l'ESC défini dans le règlement n° 121.

3.5.4. Une commande relevant d'un autre système ayant pour effet annexe de mettre le système ESC sur un mode sur lequel il ne satisfait plus aux prescriptions d'efficacité des paragraphes 3, 3.1, 3.2 et 3.3 n'a pas à porter le symbole de mise hors fonction de l'ESC défini au paragraphe 3.5.2.

3.6. Témoin de désactivation de l'ESC

Si le constructeur décide d'installer une commande pour désactiver l'ESC ou en réduire l'efficacité, telle qu'elle est définie au paragraphe 3.5, les prescriptions applicables aux témoins qui sont énoncées aux paragraphes 3.6.1 à 3.6.4 doivent être remplies afin que le conducteur soit prévenu en cas de défaut de fonctionnement de l'ESC. Cette prescription ne s'applique pas lorsque le mode sur lequel se trouve l'ESC a été choisi par le conducteur, comme c'est le cas au paragraphe 3.5.1.2.

3.6.1. Le constructeur doit prévoir un témoin indiquant que le système du véhicule a été mis sur un mode qui ne lui permet pas de satisfaire aux prescriptions des paragraphes 3, 3.1, 3.2 et 3.3, si un tel mode existe.

3.6.2. Le témoin de désactivation de l'ESC:

3.6.2.1. Doit satisfaire aux prescriptions techniques pertinentes du règlement n° 121.

3.6.2.2. Doit rester allumé de manière continue aussi longtemps que l'ESC est sur un mode où il ne peut satisfaire aux prescriptions des paragraphes 3, 3.1, 3.2 et 3.3;

3.6.2.3. Sauf dans les cas prévus aux paragraphes 3.6.3 et 3.6.4, tout témoin de désactivation de l'ESC doit s'allumer pour le contrôle du fonctionnement de la lampe, soit lorsque la commande de contact est sur la position «Marche» sans que le moteur tourne, soit lorsqu'elle est sur une position intermédiaire entre «Marche» et «Démarrage», conçue par le constructeur comme position de contrôle;

3.6.2.4. Doit s'éteindre une fois que l'ESC est revenu, par défaut, sur le mode initialement prévu par le constructeur.

3.6.3. Le témoin de désactivation de l'ESC n'a pas à s'allumer lorsqu'un système antidémarrage lié à la transmission est en fonction.

3.6.4. La prescription du paragraphe 3.6.2.3 de la présente partie ne s'applique pas aux témoins figurant dans un même espace d'affichage.

3.6.5. Le constructeur peut utiliser le témoin de désactivation de l'ESC pour indiquer que le système fonctionne sur un mode autre que le mode par défaut initialement prévu par le constructeur, même si le véhicule reste capable de satisfaire aux prescriptions des paragraphes 3, 3.1, 3.2 et 3.3 de la présente partie sur le premier mode.

3.7. Documentation technique sur le système ESC

Outre qu'il doit être satisfait aux prescriptions énoncées à l'annexe 8 du présent règlement, le dossier documentaire doit, à titre de preuve qu'un véhicule est équipé d'un système ESC qui satisfait à la définition du «système ESC» donnée au paragraphe 2.25 du présent règlement, inclure la documentation constructeur prescrite aux paragraphes 3.7.1 à 3.7.4 ci-dessous.

3.7.1. Schéma de principe des composants matériels du système ESC. Le schéma doit indiquer quels composants sont utilisés pour produire le couple de freinage sur chaque roue et pour déterminer la vitesse angulaire en lacet du véhicule, l'angle de dérive ou la dérivée de celle-ci et les signaux de direction émis par le conducteur.

3.7.2. Bref exposé écrit suffisant pour décrire les caractéristiques fonctionnelles de base du système. Celui-ci doit donner des informations succinctes sur la capacité du système à appliquer des couples de freinage à chaque roue et sur la manière dont le système agit sur le couple moteur lors de l'activation du système ESC et montrer que la vitesse angulaire en lacet est déterminée directement. Cette description doit aussi indiquer la plage de vitesse du véhicule et les phases de conduite (accélération, décélération, marche en prise gaz coupés, phases actives de l'ABS ou de l'antipatinage) dans lesquelles le système ESC peut entrer en action.

3.7.3. Diagramme logique. Ce diagramme sert à illustrer les explications données conformément au paragraphe 3.7.2.

3.7.4. Informations sur les mesures anti-sous-virage. Description succincte des données d'entrée pertinentes fournies à l'ordinateur qui gèrent les composants matériels du système ESC et la manière dont elles sont utilisées pour limiter le sous-virage.

4. CONDITIONS D'ESSAI

4.1. Conditions ambiantes

4.1.1. La température ambiante doit être comprise entre 0 et 45 °C.

4.1.2. La vitesse maximale du vent ne doit pas dépasser 10 m/s pour les véhicules dont la SSF est supérieure à 1,25 et 5 m/s pour les véhicules dont la SSF est inférieure ou égale à cette valeur.

4.2. Revêtement d'essai

4.2.1. Les essais doivent être effectués sur un revêtement en dur, uniforme et sec, dépourvu d'ondulations et d'irrégularités, telles que déclivités et crevasses.

4.2.2. Le revêtement d'essai permet d'obtenir un coefficient de freinage maximum (CFM) nominal ⁽¹⁾ de 0,9, sauf indication contraire, lors d'un essai effectué:

4.2.2.1. Soit avec le pneu d'essai de référence normalisé E1136 de l'ASTM (American Society for Testing and Materials), conformément à la méthode ASTM E1337-90, à une vitesse de 40 mph;

4.2.2.2. Soit par la méthode décrite à l'appendice 2 de l'annexe 6 du présent règlement.

4.2.3. Le revêtement d'essai doit avoir une pente régulière ne dépassant pas 1 %.

4.3. Préparation du véhicule

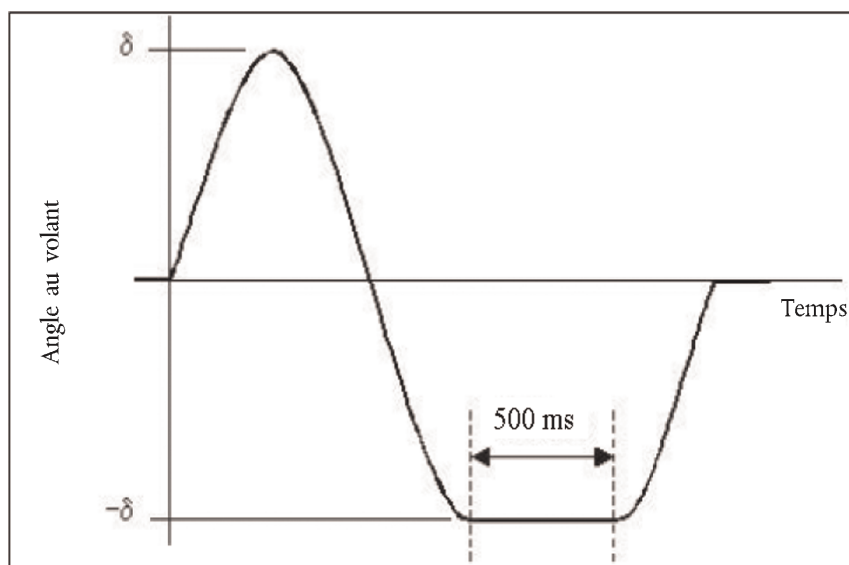
4.3.1. Le système de contrôle de stabilité doit être activé pour tous les essais.

⁽¹⁾ Par valeur «nominale», on entend la valeur théorique visée.

- 4.3.2. Masse du véhicule. Le véhicule doit être chargé de telle sorte que le réservoir de carburant soit rempli au moins à 90 % de sa contenance, que le poids à l'intérieur de l'habitacle soit de 168 kg y compris le conducteur et que le poids du matériel d'essai représente environ 59 kg (appareil de braquage, système de collecte des données et alimentation électrique de l'appareil de braquage), avec utilisation de lest pour compenser les éventuelles insuffisances. Le cas échéant, le lest est posé sur le plancher derrière le siège du passager avant ou encore devant celui-ci. Il doit être calé de telle façon qu'il ne se déplace pas pendant l'essai.
- 4.3.3. Pneumatiques. Les pneumatiques sont gonflés à la (aux) pression(s) à froid recommandée(s) par le constructeur, tel qu'elle(s) figure(nt) par exemple sur la fiche signalétique du véhicule ou sur l'étiquette réservée à cet effet. Les pneumatiques peuvent être munis d'une chambre à air pour éviter le détalonnage.
- 4.3.4. Béquilles antirenversement. Des béquilles antirenversement peuvent être utilisées pour les essais si elles sont considérées comme nécessaires pour la sécurité des conducteurs. Si tel est le cas, les dispositions ci-dessous s'appliquent pour les véhicules ayant un facteur de stabilité statique (SSF) $\leq 1,25$:
- 4.3.4.1. Les véhicules dont la masse en ordre de marche est inférieure à 1 588 kg doivent être équipés de béquilles légères, c'est-à-dire dont la masse maximum est de 27 kg et le moment d'inertie maximum en roulis de 27 kg/m²;
- 4.3.4.2. Les véhicules dont la masse en ordre de marche est comprise entre 1 588 kg et 2 722 kg doivent être équipés de béquilles normales, c'est-à-dire ayant une masse maximum de 32 kg et un moment d'inertie maximum en roulis de 35,9 kg/m²;
- 4.3.4.3. Les véhicules ayant une masse en ordre de marche égale ou supérieure à 2 722 kg doivent être équipés de béquilles renforcées, c'est-à-dire dont la masse maximum est de 39 kg et le moment d'inertie maximum en roulis de 40,7 kg/m².
- 4.3.5. Appareil de braquage. Un appareil de braquage programmé pour faire effectuer aux véhicules les manœuvres prescrites est utilisé pour les paragraphes 5.5.2, 5.5.3, 5.6 et 5.9. Il doit être capable de produire des couples de braquage compris entre 40 et 60 Nm, à une vitesse angulaire du volant pouvant atteindre jusqu'à 1 200°/s.
5. PROCÉDURES D'ESSAI
- 5.1. Gonfler les pneumatiques du véhicule à la (aux) pression(s) à froid recommandée(s) par le constructeur telle(s) qu'elle(s) figure(nt) par exemple sur la fiche signalétique du véhicule ou sur l'étiquette réservée à cet effet.
- 5.2. Contrôle de la lampe du témoin. Le véhicule étant à l'arrêt et la commande de contact étant sur la position «Verrouillé» ou «Arrêt», mettre la commande de contact sur la position «Marche» ou, selon le cas, la position spéciale de contrôle des lampes. Le témoin de défaut de fonctionnement de l'ESC doit s'allumer pour le contrôle de la lampe comme prescrit au paragraphe 3.4.1.3 et, si le véhicule en est équipé, le témoin «ESC OFF» doit aussi être allumé pour le contrôle de la lampe comme prescrit au paragraphe 3.6.2.3. Le contrôle de la lampe du témoin n'est pas requis pour un témoin figurant sur l'espace d'affichage commun comme indiqué aux paragraphes 3.4.3 et 3.6.4.
- 5.3. Contrôle de la commande «ESC hors fonction». Sur les véhicules équipés d'une commande «ESC hors fonction», le véhicule étant à l'arrêt et la commande de contact étant sur la position «Verrouillé» ou «Arrêt», mettre la commande de contact sur la position «Marche». Actionner la commande «ESC hors fonction» et vérifier que le témoin «ESC OFF» s'allume comme prescrit au paragraphe 3.6.2. Remettre la commande de contact sur la position «Verrouillé» ou «Arrêt», puis la mettre à nouveau sur la position «Marche» et vérifier que le témoin «ESC OFF» s'est éteint, ce qui indique que le système ESC a été réactivé comme prescrit au paragraphe 3.5.1.
- 5.4. Conditionnement des freins
- Conditionner les freins en procédant de la manière décrite aux paragraphes 5.4.1 à 5.4.4.
- 5.4.1. Exécuter 10 arrêts à partir d'une vitesse de 56 km/h, avec une décélération moyenne d'environ 0,5 g.

- 5.4.2. Immédiatement après la série d'arrêts à partir de 56 km/h, exécuter trois arrêts supplémentaires à partir de 72 km/h, avec une décélération plus élevée.
- 5.4.3. Lors de l'exécution des freinages décrits au paragraphe 5.4.2, une force suffisante doit être appliquée à la pédale de frein pour actionner le système antiblocage des freins (ABS) sur la plus grande partie de chaque manœuvre de freinage.
- 5.4.4. Après l'exécution du dernier freinage prescrit au paragraphe 5.4.2, le véhicule doit effectuer un parcours à une vitesse de 72 km/h pendant 5 min pour refroidir les freins.
- 5.5. Conditionnement des pneumatiques
- Conditionner les pneumatiques en appliquant la procédure décrite aux paragraphes 5.5.1 à 5.5.3, en vue de faire disparaître l'agent de démoulage et de porter les pneumatiques à leur température de fonctionnement immédiatement avant l'exécution des parcours prescrits aux paragraphes 5.6 et 5.9.
- 5.5.1. Conduire le véhicule d'essai en suivant un cercle de 30 m de diamètre à une vitesse produisant une accélération latérale d'environ 0,5 à 0,6 g, sur trois tours dans le sens des aiguilles d'une montre, puis trois tours en sens contraire.
- 5.5.2. En appliquant à la commande de direction un signal sinusoïdal de 1 Hz, avec un angle de braquage de pointe au volant correspondant à une accélération latérale de 0,5 à 0,6 g et à une vitesse de 56 km/h, on fait accomplir au véhicule quatre parcours comprenant chacun 10 cycles sinusoïdaux de braquage.
- 5.5.3. L'amplitude de braquage du volant lors du cycle final du dernier parcours doit être le double de celle des autres cycles. Le délai maximal admis entre deux parcours circulaires ou deux parcours avec cycles sinusoïdaux est de 5 min.
- 5.6. Manœuvre avec un angle de braquage croissant progressivement
- Le véhicule doit effectuer deux séries de parcours à un angle de braquage croissant progressivement, à une vitesse constante de 80 ± 2 km/h et avec un signal de braquage croissant de 13,5 °/s jusqu'à ce qu'une accélération latérale d'environ 0,5 g soit obtenue. Chaque série d'essais est répétée trois fois. Une série se fait avec un braquage dans le sens contraire des aiguilles d'une montre, et les autres séries dans le sens des aiguilles d'une montre. Le délai maximal admis entre deux parcours est de 5 min.
- 5.6.1. Sur la base des essais de braquage à un angle croissant progressivement, on détermine la quantité «A». «A» est l'angle de braquage du volant en degrés qui produit une accélération latérale en régime stabilisé (corrigée par les méthodes décrites au paragraphe 5.11.3) de 0,3 g pour le véhicule d'essai. Par régression linéaire, on calcule «A» au dixième de degré près, à partir des résultats de chacun des six essais de braquage à un angle croissant progressivement. On détermine la moyenne des six valeurs absolues de «A», arrondie au dixième de degré le plus proche, pour obtenir le résultat final «A», utilisé comme décrit ci-après.
- 5.7. Après la détermination de la valeur «A», la procédure de conditionnement des pneumatiques décrite au paragraphe 5.5 doit être exécutée, sans remplacement des pneumatiques, immédiatement avant l'exécution de l'essai de la manœuvre Sinus avec palier décrite au paragraphe 5.9. La première série de manœuvres Sinus avec palier doit commencer 2 heures au plus tard après l'achèvement des essais de braquage à un angle croissant progressivement prescrits au paragraphe 5.6.
- 5.8. Vérifier que le système ESC est activé en contrôlant que les témoins de défaut de fonctionnement de l'ESC et «ESC OFF» (s'il existe) restent éteints.
- 5.9. Essai de manœuvre avec impulsion Sinus avec palier pour contrôler l'intervention antisurvirage et la réactivité
- Le véhicule est soumis à deux séries de parcours avec un signal de direction en forme d'onde sinusoïdale de 0,7 Hz, avec un temps de latence de 500 ms débutant à la deuxième pointe d'amplitude comme décrit à la figure 2 (essai de manœuvre Sinus avec palier). Pour la première série, le volant est braqué dans le sens contraire des aiguilles d'une montre pendant la première demi-période, et pour la seconde dans le sens des aiguilles d'une montre. On effectue un arrêt de refroidissement du véhicule pendant une durée de 90 s à 5 min entre deux parcours.

Figure 2

Impulsion Sinus avec palier

- 5.9.1. Lors du début de la manœuvre de direction, le véhicule se déplace sur le rapport supérieur gaz coupés à une vitesse de 80 ± 2 km/h.
- 5.9.2. L'amplitude de braquage pour le premier parcours de chaque série est de $1,5 A$, où A est l'angle de braquage du volant déterminé conformément au paragraphe 5.6.1.
- 5.9.3. Dans chaque série de parcours, l'amplitude de braquage est accrue d'un parcours à l'autre de $0,5 A$, sous réserve que pour aucun parcours l'amplitude de braquage ne soit supérieure à celle prescrite pour le parcours final au paragraphe 5.9.4.
- 5.9.4. L'amplitude de braquage lors du parcours final de chaque série doit être égale à la plus grande des deux valeurs suivantes: $6,5 A$ ou 270° , à la condition que la valeur calculée de $6,5 A$ ne dépasse pas 300° . Si un accroissement quelconque de $0,5 A$, jusqu'à $6,5 A$, donne une valeur de plus de 300° , l'amplitude de braquage pour le parcours final doit être de 300° .
- 5.9.5. Après l'exécution des deux séries de parcours d'essai, le traitement ultérieur des données de vitesse angulaire en lacet et d'accélération latérale s'effectue comme prescrit au paragraphe 5.11.
- 5.10. Détection des défauts de fonctionnement de l'ESC
- 5.10.1. Simuler un ou plusieurs défauts de fonctionnement de l'ESC en déconnectant l'alimentation de tout composant ESC ou en interrompant la liaison électrique entre composants ESC eux-mêmes (l'alimentation étant coupée). Lors de la simulation d'un défaut de fonctionnement de l'ESC, les liaisons électriques du (ou des) témoin(s) et/ou de la (des) commande(s) facultative(s) du système ESC ne doivent pas être déconnectées.
- 5.10.2. Le véhicule étant à l'arrêt et la commande de contact étant sur la position «Verrouillé» ou «Arrêt», mettre la commande de contact sur la position «Démarrage» et mettre en marche le moteur. Démarrer en marche avant et lancer le véhicule jusqu'à atteindre une vitesse de 48 ± 8 km/h au plus tard 30 s après le démarrage du moteur et, dans les 2 min qui suivent, à ladite vitesse, effectuer au moins un léger virage à gauche et un léger virage à droite sans perte de stabilité directionnelle et en freinant une fois. Vérifier que le témoin de défaut de fonctionnement de l'ESC s'allume conformément aux prescriptions du paragraphe 3.4 à la fin de ces manœuvres.
- 5.10.3. Arrêter le véhicule, mettre la commande de contact sur la position «Arrêt» ou «Verrouillé». Au bout de 5 min, mettre la commande de contact du véhicule sur la position «Démarrage» et mettre en marche le moteur. Vérifier que le témoin de défaut de fonctionnement de l'ESC s'allume à nouveau, et reste allumé aussi longtemps que le moteur tourne ou que le défaut n'a pas été rectifié.

- 5.10.4. Mettre la commande de contact sur la position «Arrêt» ou «Verrouillé». Rétablir le fonctionnement normal du système ESC, mettre la commande de contact sur la position «Démarrage» et mettre en marche le moteur. Recommencer la manœuvre décrite au paragraphe 5.10.2 et vérifier que le témoin s'éteint une fois qu'elle est terminée ou juste après.
- 5.11. Traitement des données après l'essai – Calcul des résultats
- Le traitement des données de mesure de vitesse angulaire en lacet et de déplacement latéral ainsi que les calculs ultérieurs doivent être effectués conformément aux techniques spécifiées dans les paragraphes 5.11.1 à 5.11.8.
- 5.11.1. Les données brutes d'angle de braquage du volant doivent être filtrées avec un filtre de Butterworth «phaseless» à 12 pôles et une fréquence de coupure de 10 Hz. Les données filtrées sont ensuite recalées au zéro pour éliminer le biais de capteur, sur la base de données statiques enregistrées avant l'essai.
- 5.11.2. Les données brutes de vitesse angulaire en lacet doivent être filtrées avec un filtre Butterworth «phaseless» à 12 pôles et une fréquence de coupure de 6 Hz. Les données filtrées sont alors recalées au zéro pour éliminer le biais de capteur, sur la base de données statiques enregistrées avant l'essai.
- 5.11.3. Les données brutes d'accélération latérale doivent être filtrées avec un filtre Butterworth «phaseless» à 12 pôles et une fréquence de coupure de 6 Hz. Les données filtrées sont alors recalées au zéro pour éliminer le biais de capteur, sur la base de données statiques enregistrées avant l'essai. Pour déterminer les données d'accélération latérale au centre de gravité du véhicule, on déduit les effets causés par le roulis de la carrosserie du véhicule et on corrige les données en fonction de la position du capteur par transformation des coordonnées. Pour la collecte de données, l'accéléromètre latéral doit être situé le plus près possible des centres de gravité longitudinal et transversal du véhicule.
- 5.11.4. Pour déterminer la vitesse angulaire du volant, on dérive les valeurs filtrées d'angle de braquage du volant. Les données de vitesse angulaire du volant sont ensuite filtrées avec un filtre à moyenne glissante mobile de 0,1 s.
- 5.11.5. Les voies de données d'accélération latérale, de vitesse angulaire en lacet et d'angle de braquage du volant sont recalées au zéro par application d'une «plage de recalage zéro» définie. Les méthodes appliquées pour établir la «plage de recalage zéro» sont décrites aux paragraphes 5.11.5.1 et 5.11.5.2.
- 5.11.5.1. En utilisant les données de vitesse angulaire du volant calculées par les méthodes décrites au paragraphe 5.11.4, on détermine le premier instant où cette vitesse dépasse 75°/s. À partir de ce point, la vitesse angulaire du volant doit demeurer supérieure à 75°/s pendant au moins 200 m/s. Si cette seconde condition n'est pas remplie, on détermine l'instant suivant où la vitesse angulaire du volant dépasse 75°/s et on applique le contrôle de validité de 200 m/s. Ce processus itératif est poursuivi jusqu'à ce que les deux conditions soient remplies.
- 5.11.5.2. La «plage de recalage zéro» est définie comme étant la période de temps de 1,0 s précédant l'instant où la vitesse angulaire du volant dépasse 75°/s (c'est-à-dire que l'instant où la vitesse angulaire du volant dépasse 75°/s définit la fin de la «plage de recalage zéro»).
- 5.11.6. Le début de la manœuvre de braquage (DMB) est défini comme étant le premier instant où les données filtrées et recalées au zéro d'angle de braquage du volant atteignent -5° (lorsque l'action initiale sur la direction se fait dans le sens contraire des aiguilles d'une montre) ou $+5^\circ$ (lorsque l'action initiale se fait dans le sens des aiguilles d'une montre), après un temps définissant la fin de la «plage de recalage zéro». La valeur de temps à l'instant DMB est calculée par interpolation.
- 5.11.7. La fin de la manœuvre de braquage (FMB) est définie comme étant l'instant où l'angle de braquage du volant revient à zéro à la fin de la manœuvre Sinus avec palier. La valeur de temps à l'instant du braquage zéro est calculée par interpolation.
- 5.11.8. La deuxième valeur de pointe de la vitesse angulaire en lacet est définie comme étant la première valeur de pointe produite par l'inversion du sens de rotation du volant. Les vitesses angulaires en lacet à 1,0 et 1,75 s après la fin du braquage sont calculées par interpolation.
- 5.11.9. On détermine la vitesse latérale par intégration des données d'accélération latérale corrigées, filtrées et recalées au zéro. La vitesse latérale zéro est fixée à l'instant DMB. On détermine le déplacement latéral par intégration de la vitesse latérale recalée au zéro. Le déplacement latéral zéro est fixé à l'instant DMB. Le déplacement latéral à 1,07 s à partir de l'instant DMB est déterminé par interpolation.

PARTIE B. PRESCRIPTIONS SPÉCIALES À APPLIQUER AUX SYSTÈMES D'AIDE AU FREINAGE, LORSQU'ILS SONT MONTÉS

1. GÉNÉRALITÉS

Les prescriptions suivantes s'appliquent aux véhicules équipés de systèmes d'aide au freinage (BAS) définis au paragraphe 2.34 du présent règlement et déclarés au paragraphe 22 de la communication de l'annexe 1 du présent règlement.

Les systèmes d'aide au freinage doivent satisfaire non seulement aux prescriptions de la présente annexe mais aussi à toutes les dispositions pertinentes énoncées ailleurs dans le présent règlement.

Les véhicules équipés d'un système d'aide au freinage doivent non seulement satisfaire aux prescriptions de la présente annexe mais aussi être équipés d'un système antiblocage ABS conforme à l'annexe 6.

1.1. Caractéristiques générales de performance pour les systèmes BAS de catégorie «A»

Lorsqu'il a été déduit de l'application d'une force relativement élevée sur la pédale qu'il y a situation d'urgence, la force supplémentaire qu'il faut exercer sur la pédale pour que le système ABS effectue des cycles complets doit être moindre que celle qu'il faudrait appliquer si le système BAS n'était pas activé.

La conformité avec cette prescription est démontrée si les dispositions des paragraphes 3.1 à 3.3 de la présente partie sont respectées.

1.2. Caractéristiques fonctionnelles générales des systèmes BAS de catégorie «B»

Lorsqu'il a été déduit au moins de l'enfoncement très rapide de la pédale qu'il y a situation d'urgence, le système BAS doit élever la pression de telle sorte que le taux de freinage soit le plus élevé possible et que le système ABS effectue des cycles complets.

La conformité avec cette prescription est démontrée si les dispositions des paragraphes 4.1 à 4.3 de la présente partie présente section sont respectées.

2. PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES RELATIVES AUX ESSAIS

2.1. Variables

Lors des essais décrits dans la partie B de la présente annexe, les variables suivantes doivent être mesurées:

2.1.1. Force exercée sur la pédale, F_p ;

2.1.2. Vitesse du véhicule, v_x ;

2.1.3. Décélération du véhicule, a_x ;

2.1.4. Température des freins, T_d ;

2.1.5. Pression des freins, P , s'il y a lieu;

2.1.6. Vitesse de la pédale de frein, v_p , mesurée au centre du patin de la pédale ou en un point du pédalier où la course est proportionnelle à ce qu'elle est au centre du patin de la pédale, ce qui permet un étalonnage simple de la mesure.

2.2. Équipement de mesure

2.2.1. Les variables énumérées au paragraphe 2.1 de la présente partie doivent être mesurées à l'aide de capteurs appropriés. La précision des mesures, les plages de fonctionnement, les techniques de filtrage, le traitement des données et d'autres prescriptions sont décrits dans la norme ISO 15037-1: 2006.

- 2.2.2. La force exercée sur la pédale et la température du disque doivent être mesurées avec la précision suivante:

Système à plage variable	Plage de fonctionnement type des capteurs	Erreurs d'enregistrement maximales préconisées
Force exercée sur la pédale	0 à 2 000 N	± 10 N
Température des freins	0-1 000 °C	± 5 °C
Pression des freins (*)	0-20 MPa (*)	± 100 kPa (*)

(*) Applicable comme indiqué au paragraphe 3.2.5.

- 2.2.3. Les traitements analogique et numérique des données intervenant dans les procédures d'essai applicables aux systèmes BAS sont détaillés dans l'appendice 5 de la présente annexe. La fréquence d'échantillonnage pour l'acquisition des données doit être supérieure ou égale à 500 Hz.

- 2.2.4. Des méthodes de mesure autres que celles mentionnées au paragraphe 2.2.3 peuvent être admises, à condition qu'elles permettent un degré de précision au moins équivalent.

2.3. Conditions d'essai

- 2.3.1. Conditions d'essai relatives au chargement du véhicule: le véhicule doit être à vide. Outre le conducteur, il peut y avoir, sur le siège avant, une deuxième personne chargée de noter les résultats des essais.

- 2.3.2. Les essais de freinage sont exécutés sur une surface sèche permettant une bonne adhérence.

2.4. Méthode d'essai

- 2.4.1. Les essais décrits aux paragraphes 3 et 4 de la présente partie doivent être réalisés à partir d'une vitesse d'essai de 100 ± 2 km/h. Le véhicule doit être conduit à la vitesse d'essai en ligne droite.

- 2.4.2. La température moyenne des freins doit être conforme aux prescriptions du paragraphe 1.4.1.1 de l'annexe 3.

- 2.4.3. Pour les essais, l'instant de référence t_0 est défini comme l'instant où la force exercée sur la pédale de frein atteint 20 N.

Note: Pour les véhicules équipés d'un système de freinage assisté par une source d'énergie, la force qu'il faut exercer sur la pédale dépend du niveau d'énergie qui existe dans le dispositif de stockage de l'énergie. C'est pourquoi on doit vérifier que ce niveau est suffisamment élevé au début de l'essai.

3. ÉVALUATION DE LA PRÉSENCE D'UN SYSTÈME BAS DE CATÉGORIE «A»

Un système BAS de catégorie «A» doit satisfaire aux prescriptions d'essai énoncées dans les paragraphes 3.1 et 3.2.

- 3.1. Essai 1: Essai de référence visant à déterminer F_{ABS} et a_{ABS} .

- 3.1.1. Les valeurs de référence F_{ABS} et a_{ABS} doivent être déterminées conformément à la procédure décrite dans l'appendice 4 de la présente annexe.

3.2. Essai 2: Activation du système BAS

- 3.2.1. Lorsqu'une situation de freinage d'urgence a été détectée, les systèmes sensibles à la force exercée sur la pédale doivent accroître fortement le rapport entre:

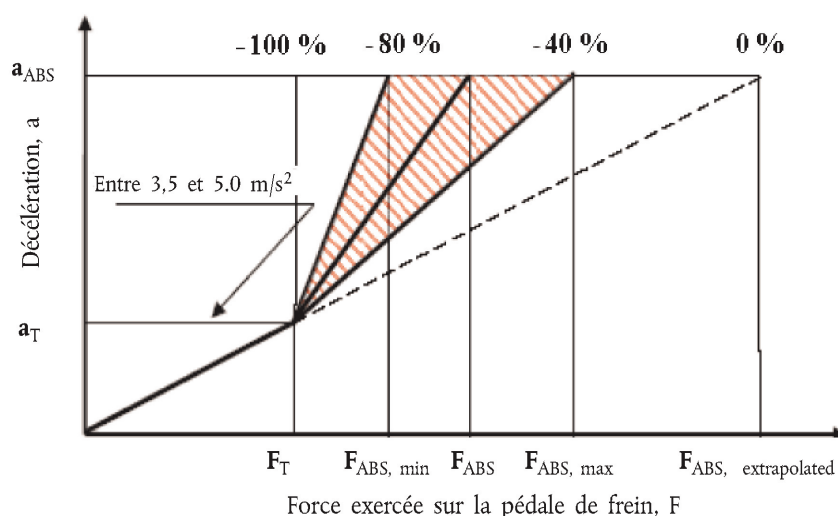
a) la pression dans le circuit de freinage et la force exercée sur la pédale de frein, lorsque cela est autorisé par le paragraphe 3.2.5; ou

b) la décélération du véhicule et la force exercée sur la pédale de frein.

- 3.2.2. Les prescriptions de performance applicables à un système BAS de catégorie «A» sont respectées si l'on peut définir une caractéristique de freinage spécifique permettant de diminuer de 40 % à 80 % la force à exercer sur la pédale de frein par rapport à.
- 3.2.3. F_T et a_T désignent la force de seuil et la décélération de seuil indiquées sur la figure 1a. Leurs valeurs sont fournies au service technique au moment de la présentation de la demande d'homologation de type. La valeur de a_T doit être comprise entre 3,5 m/s² et 5,0 m/s².

Figure 1a

Caractéristique de la force à exercer sur la pédale pour obtenir la décélération maximale avec un système BAS de catégorie «A»



- 3.2.4. On trace une droite reliant l'origine au point de coordonnées F_T , a_T (voir la figure 1a). On définit $F_{ABS, extrapolated}$ comme la valeur «F» (force exercée sur la pédale) au point d'intersection entre cette droite et la droite horizontale définie par $a = a_{ABS}$:

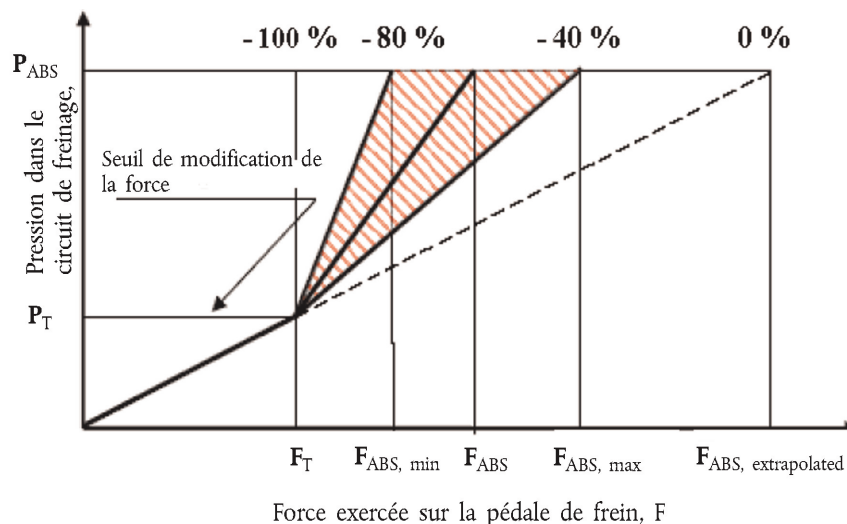
$$F_{ABS, extrapolated} = \frac{F_T \cdot a_{ABS}}{a_T}$$

- 3.2.5. Le fabricant peut aussi opter, dans le cas de véhicules de la catégorie N_1 ou de véhicules de la catégorie M_1 dérivés de ces véhicules de la catégorie N_1 , qui ont une masse maximale > 2 500 kg, pour la solution suivante: les valeurs F_T , $F_{ABS, min}$, $F_{ABS, max}$ et $F_{ABS, extrapolated}$ de la force exercée sur la pédale peuvent être calculées à partir de la caractéristique de la réponse de la pression dans le circuit de freinage et non pas à partir de la caractéristique de la décélération du véhicule. Les mesures doivent être effectuées lorsque la pression exercée sur la pédale de frein est en augmentation.
- 3.2.5.1. La pression à laquelle le cycle de l'ABS commence doit être déterminée en effectuant cinq essais à partir de 100 ± 2 km/h, au cours desquels la pression exercée sur la pédale est augmentée jusqu'à ce que l'ABS soit activé. Les cinq valeurs ainsi obtenues, mesurées au niveau des roues avant, doivent être enregistrées; la moyenne de ces cinq valeurs est P_{ABS} .
- 3.2.5.2. La pression de seuil P_T doit être fixée par le constructeur et correspondre à une décélération comprise entre 2,5 et 4,5 m/s².
- 3.2.5.3. La figure 1b doit être établie conformément au paragraphe 3.2.4 mais en utilisant les mesures de la pression dans le circuit de freinage pour définir les paramètres énoncés au paragraphe 3.2.5 de la présente partie où:

$$F_{ABS, extrapolated} = \frac{F_T \cdot P_{ABS}}{P_T}$$

Figure 1b

Caractéristique de la force à exercer sur la pédale pour obtenir la décélération maximale avec un système BAS de catégorie «A»



3.3. Évaluation des données

La présence d'un système BAS de catégorie «A» est démontrée si

$$F_{ABS,min} \leq F_{ABS} \leq F_{ABS,max}$$

où:

$$F_{ABS,max} - F_T \leq (F_{ABS,extrapolated} - F_T) \cdot 0,6$$

et

$$F_{ABS,min} - F_T \geq (F_{ABS,extrapolated} - F_T) \cdot 0,2$$

4. ÉVALUATION DE LA PRÉSENCE D'UN SYSTÈME BAS DE CATÉGORIE «B»

Un système BAS de catégorie «B» doit satisfaire aux prescriptions d'essai énoncées dans les paragraphes 4.1 et 4.2 de la présente partie.

4.1. Essai 1: Essai de référence visant à déterminer F_{ABS} et a_{ABS}

4.1.1. Les valeurs de référence F_{ABS} et a_{ABS} doivent être déterminées conformément à la procédure décrite dans l'appendice 4 de la présente section.

4.2. Essai 2: Activation du système BAS

Le véhicule doit être conduit en ligne droite à la vitesse d'essai spécifiée au paragraphe 2.4 de la présente partie. Le conducteur doit actionner la pédale de frein rapidement conformément à la figure 2, en simulant le freinage d'urgence de telle sorte que le système BAS soit activé et que le système antiblocage ABS exécute des cycles complets.

Pour activer le système BAS, la pédale de frein doit être actionnée conformément aux spécifications du constructeur automobile. Celui-ci doit notifier au service technique, au moment de la présentation de la demande d'homologation de type, la valeur d'entrée requise pour la pédale de frein. Il doit être démontré à la satisfaction du service technique que le système BAS est activé dans les conditions spécifiées par le fabricant conformément au point 22.1.2 de l'annexe 1.

Après $t = t_0 + 0,8$ s et jusqu'à ce que le véhicule ait ralenti pour atteindre la vitesse de 15 km/h, la force exercée sur la pédale de frein doit être maintenue dans une plage comprise entre $F_{\text{ABS, upper}}$ ($= 0,7 F_{\text{ABS}}$) et $F_{\text{ABS, lower}}$ ($= 0,5 F_{\text{ABS}}$).

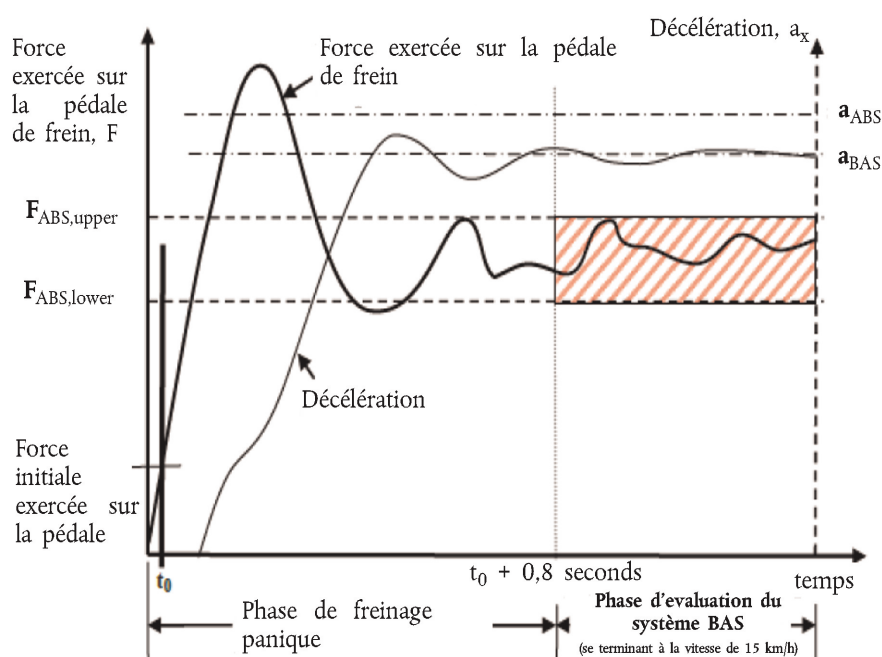
On considère également que les prescriptions sont respectées si, après $t = t_0 + 0,8$ s, la force exercée sur la pédale devient inférieure à $F_{\text{ABS, lower}}$, pourvu que les prescriptions du paragraphe 4.3 soient respectées.

4.3. Évaluation des données

La présence d'un système BAS de catégorie «B» est démontrée si une décélération moyenne d'au moins $0,85 \cdot a_{\text{ABS}}$ est maintenue pendant la période s'écoulant entre $t = t_0 + 0,8$ s et l'instant où la vitesse du véhicule est réduite à 15 km/h.

Figure 2

Essai 2 d'un système BAS de catégorie «B»



*Appendice 1***Simulation de la stabilité dynamique**

L'efficacité de la fonction de contrôle de la stabilité peut être déterminée par simulation informatique.

1. UTILISATION DE LA SIMULATION

- 1.1. Le constructeur du véhicule doit apporter à l'autorité d'homologation de type ou au service technique la preuve de l'efficacité de la fonction de contrôle de la stabilité du véhicule en simulant les manœuvres dynamiques décrites au paragraphe 5.9 de la partie A de l'annexe 9.
- 1.2. La simulation doit être un moyen qui permette d'établir le degré de stabilité du véhicule compte tenu:
 - a) de la vitesse angulaire en lacet mesurée 1 s après la fin de la manœuvre de l'impulsion Sinus avec palier (temps $T_0 + 1$);
 - b) de la vitesse angulaire en lacet mesurée 1,75 s après la fin de la manœuvre de l'impulsion Sinus avec palier;
 - c) du déplacement latéral du centre de gravité du véhicule par rapport à sa trajectoire rectiligne initiale.
- 1.3. Les simulations doivent être effectuées au moyen d'un outil de modélisation et de simulation validé et par utilisation des manœuvres dynamiques décrites au paragraphe 5.9 de la partie A de l'annexe 9, dans les conditions d'essai prescrites au paragraphe 4 de l'annexe 9.

La méthode utilisée pour valider l'outil de simulation est décrite à l'appendice 2 de la présente annexe.

*Appendice 2***Outil de simulation de la stabilité dynamique et sa validation****1. CARACTÉRISTIQUES DE L'OUTIL DE SIMULATION**

1.1. La méthode de simulation doit tenir compte des principaux facteurs qui influent sur la trajectoire et le risque de renversement. Un modèle type peut inclure les paramètres suivants sous une forme explicite ou implicite:

- a) essieu/roue;
- b) suspension;
- c) pneumatique;
- d) châssis/carrosserie;
- e) chaîne de traction/transmission, s'il y a lieu;
- f) système de freinage;
- g) charge utile.

1.2. La fonction de contrôle de la stabilité du véhicule doit être ajoutée au modèle de simulation au moyen:

- a) d'un sous-système (modèle logiciel) de l'outil de simulation; ou
- b) d'une boîte de commande électronique dans une configuration boucle du matériel.

2. VALIDATION DE L'OUTIL DE SIMULATION

2.1. On vérifie la validité de l'outil de modélisation et de simulation utilisé en effectuant des comparaisons avec les essais effectués sur un véhicule dans des conditions réelles. Les essais utilisés pour la validation doivent être les manœuvres dynamiques décrites au paragraphe 5.9 de la partie A de l'annexe 9.

Pendant les essais, les variables de mouvement ci-après, selon le cas, doivent être enregistrées ou calculées conformément à la norme ISO 15037 – Partie 1: 2005: Conditions générales pour voitures particulières ou Partie 2: 2002: Conditions générales pour véhicules lourds et autobus (selon la catégorie de véhicule):

- a) angle au volant (δH);
- b) vitesse longitudinale (v_X);
- c) angle de dérive (β) ou vitesse latérale (v_Y); (facultatif);
- d) accélération longitudinale (a_X); (facultatif);
- e) accélération latérale (a_Y);
- f) vitesse de lacet ($d\psi/dt$);
- g) vitesse de roulis ($d\Phi/dt$);
- h) vitesse de tangage ($d\vartheta/dt$);
- i) angle de roulis (Φ);
- j) angle de tangage (ϑ).

- 2.2. L'objectif est de montrer que la simulation du comportement du véhicule et du fonctionnement de la fonction de contrôle de la stabilité est comparable à ce que l'on observe lors d'essais pratiques.
 - 2.3. Le simulateur est réputé être validé lorsque les résultats qu'il produit sont comparables aux résultats des essais pratiques consistant à faire exécuter à un type de véhicule donné les manœuvres décrites au paragraphe 5.9 de la partie A de l'annexe 9. La comparaison est effectuée au moyen de la relation entre l'activation de la fonction stabilité du véhicule et la séquence des opérations effectuées par cette fonction, dans la simulation, d'une part, et lors de l'essai pratique, d'autre part.
 - 2.4. Lors de la simulation, les paramètres physiques de la configuration du véhicule simulé doivent être alignés sur ceux de la configuration du véhicule de référence.
 - 2.5. Un procès-verbal d'essai par simulation doit être établi conformément au modèle figurant à l'appendice 3 de la présente annexe et une copie de ce procès-verbal doit être annexée au procès-verbal de l'homologation de type.
-

Appendice 3

Procès-verbal de l'essai de la fonction de contrôle de la stabilité du véhicule par simulation

Procès-verbal d'essai n°:

1. Identification

1.1. Fabricant de l'outil de simulation (nom et adresse):

1.2. Identification de l'outil de simulation: désignation/modèle/numéro (matériel et logiciel):

2. Domaine d'application

2.1. Type de véhicule:

2.2. Configuration du véhicule:

3. Données sur le véhicule d'essai

3.1. Description du ou des véhicules:

3.1.1. Identification du ou des véhicules: marque/modèle/VIN (numéro d'identification):

3.1.2. Description du véhicule, notamment configuration des essieux/suspension/roues, moteur et transmission, système(s) de freinage, système de direction, avec désignation/modèle/numéro d'identification:

3.1.3. Données sur le véhicule utilisé dans la simulation (explicites):

3.2. Emplacement(s), état du revêtement de la route/de l'aire d'essai, température et date(s):

3.3. Résultats avec la fonction de contrôle de la stabilité du véhicule activée et désactivée, notamment les variables de mouvement mentionnées au paragraphe 2.1 de l'appendice 2 de l'annexe 9, selon le cas:

4. Résultats de la simulation

4.1. Paramètres du véhicule et valeurs utilisées lors de la simulation, qui ne sont pas obtenues à partir du véhicule d'essai réel (implicites):

4.2. Stabilité de lacet et déplacement latéral conformément aux paragraphes 3.1 à 3.3 de la partie A de l'annexe 9:

5. Cet essai a été exécuté et ses résultats ont été consignés conformément à l'appendice 2 de l'annexe 9 du règlement n° 13-H tel que modifié par le complément 7

Service technique ayant effectué l'essai: ⁽¹⁾

Signature: Date:

Autorité d'homologation ⁽¹⁾

Signature: Date:

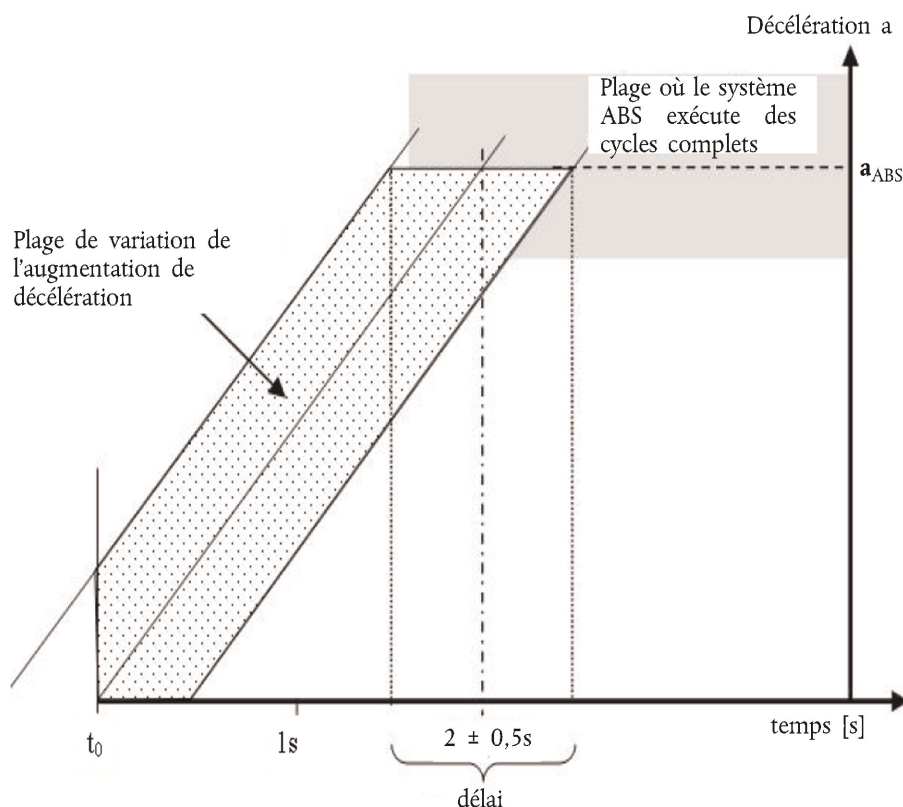
⁽¹⁾ Doit être signé par des personnes différentes si le service technique et l'autorité d'homologation sont une seule entité.

Appendice 4

Méthode de détermination de F_{ABS} et a_{ABS}

- 1.1. La force exercée sur la pédale de frein F_{ABS} est, pour un véhicule donné, la force minimale à exercer sur la pédale de frein pour obtenir la décélération maximale indiquant que le système ABS exécute des cycles complets. a_{ABS} est, pour un véhicule donné, la valeur de décélération pendant la décélération ABS, telle que définie au paragraphe 1.7 ci-après.
- 1.2. La pédale de frein doit être actionnée lentement (sans activation du système d'aide au freinage s'il s'agit d'un système de la catégorie «B») pour obtenir une augmentation constante de la décélération jusqu'à ce que le système ABS exécute des cycles complets (figure 3).
- 1.3. La décélération totale doit être obtenue dans un délai de $2,0 \pm 0,5$ s. La courbe de décélération, enregistrée par rapport au temps, doit s'inscrire dans une plage de $\pm 0,5$ s autour de l'axe qui, dans l'exemple de la figure 3, a pour origine l'instant t_0 et coupe la droite d'ordonnée a_{ABS} à l'instant 2 s. Une fois atteinte la décélération totale, la pédale de frein doit être actionnée de manière que l'ABS puisse continuer à exécuter des cycles complets. L'instant d'activation totale du système ABS est défini comme l'instant où la force exercée sur la pédale atteint la valeur F_{ABS} . La mesure doit se faire dans la plage prévue pour la variation de l'augmentation de la décélération (voir figure 3).

Figure 3

Plage de décélération pour la détermination de F_{ABS} et a_{ABS} 

- 1.4. Cinq essais satisfaisant aux prescriptions du paragraphe 1.3 ci-dessus doivent être réalisés. Pour chacun de ces essais valables, la décélération du véhicule doit être représentée en fonction de la valeur enregistrée pour la force exercée sur la pédale de frein. Seules les données enregistrées pour des vitesses supérieures à 15 km/h doivent être prises en compte pour les calculs décrits dans les paragraphes suivants.
- 1.5. Au cours de la détermination de F_{ABS} et a_{ABS} , un filtre passe-bas de 2 Hz pour la décélération du véhicule est employé tandis qu'une force sur la pédale est exercée.

- 1.6. Les cinq courbes de «décélération en fonction de la force exercée sur la pédale de frein» sont utilisées pour calculer la valeur moyenne de décélération suivant un pas de 1 N. La courbe obtenue est celle de la décélération moyenne en fonction de la force exercée sur la pédale de frein, appelée «courbe maF» dans le présent appendice.
 - 1.7. La valeur maximale de la décélération du véhicule est déterminée à partir de la «courbe maF» et est appelée « $a_{\max}$ ».
 - 1.8. On effectue la moyenne de toutes les valeurs de la «courbe maF» qui sont supérieures à 90 % de cette valeur de décélération de « $a_{\max}$ ». La valeur «a» obtenue est la décélération « a_{ABS} » visée dans la présente annexe.
 - 1.9. La force minimale qu'il suffit d'exercer sur la pédale (F_{ABS}) pour obtenir la décélération a_{ABS} est définie comme la valeur de F correspondant à $a = a_{\text{ABS}}$ sur la courbe maF.
-

Appendice 5

Traitement des données pour le système BAS**(Voir paragraphe 2.2.3 de la partie B de l'annexe 9)****1. TRAITEMENT ANALOGIQUE DES DONNÉES**

La largeur de bande de la totalité du système capteurs/enregistrement ne doit pas être inférieure à 30 Hz.

On utilisera, pour le filtrage à appliquer aux signaux, des filtres passe-bas d'ordre égal ou supérieur à 4. La largeur de la bande passante (fréquences comprises entre 0 Hz et la fréquence f_0 à -3 dB) ne doit pas être inférieure à 30 Hz. Les erreurs d'amplitude doivent être inférieures à $\pm 0,5$ % dans l'intervalle de fréquences entre 0 Hz et 30 Hz. Le traitement de tous les signaux analogiques doit faire intervenir des filtres présentant des caractéristiques de phase suffisamment similaires pour que les différences de retard dues au filtrage restent dans les limites de précision requises pour les mesures temporelles.

Note: Le filtrage analogique d'un signal contenant différentes fréquences peut générer des décalages de phase. Il est donc préférable d'utiliser la méthode de traitement des données décrite ci-après au paragraphe 2.

2. TRAITEMENT NUMÉRIQUE DES DONNÉES**2.1. Considérations générales**

Lorsque l'on traite des signaux analogiques, il faut veiller à l'atténuation d'amplitude introduite par le filtre et à la fréquence d'échantillonnage pour éviter les erreurs de repliement, les déphasages et les retards dus au filtrage. L'échantillonnage et la numérisation des signaux supposent la définition des paramètres suivants: amplification de prééchantillonnage des signaux pour minimiser les erreurs de numérisation; nombre de bits par échantillon; nombre d'échantillons par cycle; amplificateurs d'échantillonnage-blocage; et espacement temporel approprié des échantillons. Pour avoir en outre un filtrage numérique sans déphasage, il faut choisir des bandes passantes et des bandes de rejet avec l'atténuation et les ondulations autorisées dans chacune d'elles et corriger les déphasages dus au filtrage. Tous ces facteurs doivent être pris en compte pour obtenir une précision relative d'ensemble de $\pm 0,5$ % pour l'acquisition des données.

2.2. Erreurs de repliement

Pour éviter les erreurs de repliement, qui sont impossibles à corriger, il faut faire subir aux signaux analogiques un filtrage approprié avant l'échantillonnage et la numérisation. L'ordre des filtres utilisés et leur bande passante doivent être choisis en fonction de la planéité requise dans l'intervalle de fréquences considéré et de la fréquence d'échantillonnage utilisée.

Les caractéristiques minimales de filtrage et la fréquence d'échantillonnage doivent respecter les prescriptions suivantes:

- a) dans l'intervalle de fréquences considéré (c'est-à-dire entre 0 Hz et $f_{\max} = 30$ Hz) l'atténuation est inférieure à la résolution du système d'acquisition des données;
- b) à la fréquence égale à la moitié de la fréquence d'échantillonnage (c'est-à-dire la fréquence de Nyquist ou «de repliement»), les amplitudes des différentes composantes fréquentielles du signal et du bruit sont réduites à une valeur inférieure à la résolution du système.

Pour une résolution de 0,05 %, l'atténuation du filtre doit être inférieure à 0,05 % dans la gamme de fréquences 0-30 Hz et doit être supérieure à 99,95 % à toutes les fréquences supérieures à la moitié de la fréquence d'échantillonnage.

Note: L'atténuation d'un filtre de Butterworth est donnée par:

$$A^2 = \frac{1}{1 + [f_{\max}/f_0]^{2n}} \quad \text{et} \quad A^2 = \frac{1}{1 + [f_N/f_0]^{2n}}$$

où:

n est l'ordre du filtre;

$f_{\max}$ est l'intervalle de fréquences considéré (30 Hz);

f_0 est la fréquence de coupure du filtre;

f_N est la fréquence de Nyquist ou «de repliement»;

Pour un filtre d'ordre 4

pour $A = 0,9995$: $f_0 = 2,37 \cdot f_{\max}$

pour $A = 0,0005$: $f_s = 2 \cdot (6,69 \cdot f_0)$, où f_s est la fréquence d'échantillonnage ($2 \cdot f_N$).

2.3. Décalages de phase et retards pour un filtrage sans repliement

Un filtrage excessif des signaux analogiques doit être évité et tous les filtres doivent présenter des caractéristiques de phases suffisamment similaires pour que les différences de retard restent dans les limites de précision requises pour les mesures temporelles. Les décalages de phase sont particulièrement grands lorsque l'on multiplie les variables mesurées pour obtenir de nouvelles variables car, si les amplitudes sont multipliées, les décalages de phase et les retards associés s'additionnent. On diminue les décalages de phase et les retards en augmentant f_0 . Si l'on connaît des équations décrivant les filtres de prééchantillonnage, il est commode de supprimer leurs décalages de phase et leurs retards en utilisant des algorithmes simples dans le domaine fréquentiel.

Note: Le décalage de phase Φ d'un filtre de Butterworth peut être donné par l'approximation suivante dans l'intervalle de fréquences où l'amplitude reste plate:

$\Phi = 81 \cdot (f/f_0)$ degrés pour un filtre de second ordre

$\Phi = 150 \cdot (f/f_0)$ degrés pour un filtre de quatrième ordre

$\Phi = 294 \cdot (f/f_0)$ degrés pour un filtre de huitième ordre

Le retard pour tous les ordres de filtre est le suivant: $t = (\Phi/360) \cdot (1/f_0)$.

2.4. Échantillonnage et numérisation des données

À 30 Hz, la variation d'amplitude du signal peut atteindre 18 % par milliseconde. Pour que les erreurs dynamiques dues à une modification de 0,1 % des signaux analogiques d'entrée soient limitées, le temps d'échantillonnage ou de numérisation doit être inférieur à 32 μ s. Toutes les paires ou tous les ensembles d'échantillons de données à comparer doivent être considérés simultanément ou sur une période de temps suffisamment courte.

2.5. Prescriptions applicables au système

Le système de données doit avoir une résolution d'au moins 12 bits ($\pm 0,05$ %) et une précision de 2 lbs ($\pm 0,1$ %). L'ordre des filtres antirepliement doit être égal ou supérieur à 4 et l'intervalle de fréquences $f_{\max}$ considéré doit être compris entre 0 Hz et 30 Hz.

Pour un filtre d'ordre 4, la fréquence passe-bande f_0 (fréquences comprises entre 0 Hz et f_0) doit être supérieure à $2,37 \cdot f_{\max}$ si les erreurs de phase sont corrigées ultérieurement dans le traitement numérique des données et supérieure à $5 \cdot f_{\max}$ dans le cas contraire. La fréquence d'échantillonnage des données f_s pour un filtre d'ordre 4 doit être supérieure à $13,4 \cdot f_0$.
