



**Conseil économique
et social**

Distr.
GÉNÉRALE

ECE/TRANS/WP.29/2008/69
11 avril 2008

FRANÇAIS
Original: ANGLAIS

COMMISSION ÉCONOMIQUE POUR L'EUROPE

COMITÉ DES TRANSPORTS INTÉRIEURS

Forum mondial de l'harmonisation des Règlements
concernant les véhicules

Cent quarante-cinquième session
Genève, 24-27 juin 2008
Point 5.2.2 de l'ordre du jour provisoire

ACCORD (MONDIAL) DE 1998

Examen d'un nouveau projet de règlement technique

Projet de règlement technique mondial sur les systèmes de contrôle de stabilité

Communication du Groupe de travail en matière de roulement et de freinage (GRRF)*

Le texte reproduit ci-dessous a été adopté par le GRRF à sa soixante-troisième session. Il est fondé sur le document ECE/TRANS/WP.29/GRRF/2007/14, tel qu'amendé par le paragraphe 45 du rapport. Il est soumis au WP.29 et à l'AC.3 aux fins d'examen (ECE/TRANS/WP.29/GRRF/63, par. 45 et 46).

* Conformément au programme de travail du Comité des transports intérieurs pour la période 2006-2010 (ECE/TRANS/166/Add.1, activité 02.4), le Forum mondial a pour mission d'étendre, d'harmoniser et de mettre à jour les Règlements en vue d'améliorer les caractéristiques des véhicules. Le présent document est soumis dans le cadre de ce mandat.

A. Argumentation technique et exposé des raisons

1. Introduction

1. Malgré les progrès technologiques réalisés et les efforts faits en matière de réglementation au cours des dernières décennies, les pertes causées à la société par les accidents de véhicules à moteur demeurent considérables à l'échelle mondiale. D'après l'Organisation mondiale de la santé (OMS), on compte chaque année plus d'un million de décès et 2 millions de traumatismes dans des accidents dans le monde, et le coût économique annuel total de ces accidents est évalué à près de 600 milliards de dollars. Ces pertes humaines et économiques se répartissent comme suit entre les régions: environ 40 000 décès annuels en Europe, plus de 40 000 aux États-Unis d'Amérique, plus de 90 000 en Inde et plus de 100 000 en Chine. Il est donc impératif que les législateurs ainsi que tous les acteurs intéressés par la sécurité de la circulation et la santé publique suivent de près les progrès en matière de nouvelles technologies pouvant permettre de réduire la mortalité et les pertes économiques associées aux accidents de la circulation. Les recherches récentes montrent que les systèmes de contrôle de stabilité (ESC) ont maintenant atteint un stade de maturité technique réelle et pourraient être l'innovation la plus importante pour la réduction des pertes en vies humaines depuis l'apparition des ceintures de sécurité. Les systèmes ESC ont démontré leur efficacité, particulièrement quant à la prévention des accidents de véhicules seuls consistant en une sortie de route (souvent suivie d'un renversement).

2. Les analyses des statistiques d'accidents effectuées aux États-Unis d'Amérique, en Europe et au Japon indiquent que les systèmes ESC sont très efficaces pour la réduction des accidents de véhicules seuls. Des études sur le comportement des conducteurs moyens lors de situations critiques (sur un simulateur de conduite) montrent qu'une forte réduction des cas de perte de maîtrise du véhicule est possible lorsque celui-ci est équipé d'un système ESC: en ce qui concerne les accidents de véhicules seuls, 34 % pour les berlines et 59 % pour les véhicules de type SUV. La même étude récemment menée aux États-Unis indiquait que l'ESC permettait de prévenir les renversements dans 71 % des cas pour les berlines et 84 % des cas pour les SUV, toujours en ce qui concerne les accidents de véhicules seuls. On estime aussi que ce système permet une certaine réduction des accidents de véhicules multiples mais dans des proportions bien moindres que pour les accidents de véhicules seuls. Il est évident que la manière la plus efficace de réduire le nombre de personnes tuées et blessées dans les renversements est de prévenir ce type d'accident, ce que l'ESC permet en améliorant les chances pour le conducteur de garder la maîtrise du véhicule et de maintenir celui-ci sur la route. Il est prévisible que les avantages potentiels seraient maximisés si tous les véhicules étaient équipés d'un système ESC répondant aux prescriptions du présent RTM. Dans la discussion qui suit, on donne des explications plus détaillées sur la nature du problème de sécurité et la manière dont l'ESC pourrait permettre d'atténuer ce problème.

2. Population visée: statistiques sur les accidents de véhicules seuls et les renversements

3. Bien que les conditions relatives aux véhicules et à la route soient variables entre les pays et les régions, on estime que les résultats obtenus avec l'ESC, comme il ressort des études effectuées en Europe, aux États-Unis et au Japon, devraient rester applicables en général à toute une série de conditions de circulation. Les informations ci-après, basées sur des analyses statistiques des données concernant les États-Unis, illustrent les types d'accidents sur lesquels on pourrait escompter un effet bénéfique d'un règlement technique mondial concernant l'ESC.

4. Aux États-Unis, environ un véhicule léger concerné par un accident déclaré par la police sur sept est entré en collision avec un objet autre qu'un véhicule. On observe cependant que la proportion de ces accidents de véhicules seuls augmente régulièrement au fur et à mesure que l'on monte dans l'échelle de gravité des accidents, et près de la moitié des cas de traumatismes graves ou mortels sont enregistrés lors d'accidents de véhicules seuls. Sur les 28 252 personnes tuées qui étaient occupants de véhicules légers aux États-Unis, plus de la moitié (15 007) ont été victimes d'accidents de véhicules seuls. Sur ce nombre, 8 460 sont mortes lors d'un accident par renversement. Environ 1,1 million de traumatismes (indice de gravité AIS 1-5) ont été causés par des accidents dont les effets pourraient être réduits par l'ESC, dont près de 500 000 lors d'accidents de véhicules seuls (près de la moitié avec renversement). Les accidents de véhicules multiples sur lesquels l'ESC pourrait avoir une incidence ont causé au total 13 245 morts et près de 600 000 blessés.

5. Les accidents par renversement sont des processus complexes dans lesquels interagissent le conducteur, la route, le véhicule et des facteurs extérieurs. La relation entre ces facteurs et le risque de renversement peut être décrite par analyse des informations provenant des programmes de collecte de données sur les accidents. D'après des données de 2004 pour les États-Unis, 10 555 personnes ont été tuées en tant qu'occupants de véhicules légers lors d'accidents par renversement, ce qui représente 33 % de tous les occupants tués cette année-là lors d'accidents aux États-Unis. Sur ce nombre, 8 567 ont été tués lors d'accidents par renversement concernant un véhicule seul. Parmi les personnes mortes dans ce type d'accidents, 74 % ne portaient pas de ceinture de sécurité, et 61 % ont été projetées partiellement ou totalement hors du véhicule (dont 50 % totalement). Les données indiquent aussi que 55 % des décès d'occupants de véhicules légers se sont produits dans des accidents de véhicules seuls par renversement.

6. Des estimations faites sur la base de données pour 2000-2004 aux États-Unis indiquent que 280 000 véhicules légers ont dû être remorqués après des accidents par renversement déclarés par la police chaque année (en moyenne) et que 29 000 occupants de ces véhicules ont subi des blessures graves. Sur les 280 000 accidents par renversement affectant des véhicules légers, 230 000 étaient des accidents de véhicules seuls. Parmi les personnes ayant subi un traumatisme grave dans un accident de véhicule seul par renversement ayant nécessité un remorquage, 62 % ne portaient pas de ceinture de sécurité, et 52 % ont été partiellement ou totalement éjectées (dont 41 % totalement). D'après des estimations sur la base de ces données, 82 % des cas de renversement ayant nécessité un remorquage étaient des accidents de véhicules seuls, et 88 % (202 000) des accidents par renversement de véhicules seuls se sont produits après une sortie de route. Une vérification portant sur les données pour 1992-1996 indiquait qu'environ 95 % des renversements dans des accidents de véhicules seuls avaient été provoqués par exemple par une bordure de trottoir, un terrain trop meuble, un nid de poule, une barrière de sécurité ou un déjantage, plutôt que par un défaut d'adhérence des pneumatiques.

3. Mode de fonctionnement de l'ESC

7. Bien que l'ESC soit connu sous des noms de commerce très différents, les fonctions et l'efficacité des différentes marques sont semblables. Toutes utilisent un réglage informatisé de la force de freinage sur chaque roue pour aider le conducteur à garder la maîtrise du véhicule lors de manœuvres extrêmes, en maintenant le véhicule orienté dans la direction qu'il a choisie, même lorsque le véhicule approche des limites de l'adhérence ou les atteint.

8. Lorsqu'un conducteur tente d'exécuter une «manœuvre extrême» (c'est-à-dire pour éviter un choc ou en cas de sous-estimation de la difficulté d'un virage), il peut perdre la maîtrise du véhicule si celui-ci a un comportement différent lorsqu'il approche des limites de l'adhérence de son comportement en conduite normale. La perte de maîtrise peut aboutir soit à un «survirage» soit à un «sousvirage». Tant qu'il subsiste une adhérence suffisante, un conducteur habile peut être capable de garder la maîtrise dans de nombreux cas de manœuvres extrêmes en recourant au contrebraquage (c'est-à-dire en braquant momentanément dans une autre direction que la direction de déplacement voulue) ou à d'autres techniques. Par contre, il est peu probable que le conducteur moyen, dans une situation critique dans laquelle le véhicule commence à partir en dérapage incontrôlé, sache contrebraquer pour reprendre la maîtrise de son véhicule.

9. Pour répondre aux situations dans lesquelles il y a un risque imminent de perte de maîtrise, l'ESC freine automatiquement chaque roue pour corriger la trajectoire du véhicule s'il s'écarte de la direction dans laquelle le conducteur braque les roues. Ainsi, il empêche un changement de cap trop rapide (survirage) ou pas assez rapide (sousvirage) du véhicule. Bien qu'il ne permette pas d'accroître l'adhérence disponible, l'ESC donne au conducteur le maximum de chances de garder la maîtrise du véhicule sur la route lorsqu'il effectue une manœuvre d'urgence par réaction naturelle consistant à braquer dans la direction voulue. Le maintien du véhicule sur la route permet d'éviter des accidents de véhicules seuls qui correspondent aux cas où se produisent le plus fréquemment les renversements. Il existe cependant des limites à la capacité d'un système ESC d'intervenir efficacement dans de telles situations. Par exemple, si la vitesse est franchement trop élevée pour l'adhérence disponible, même un véhicule muni de l'ESC quittera inévitablement la route par glissade des quatre roues, sans cependant partir en dérapage incontrôlé. En outre, l'ESC n'est pas en mesure de prévenir les sorties de route dues à l'inattention ou à la somnolence du conducteur. Néanmoins, les résultats de recherche dont on dispose dans le monde entier montrent que ce système, grâce à sa grande efficacité, permettrait de sauver un grand nombre de vies, en particulier dès qu'il serait largement répandu dans le parc automobile.

a. Comment le système ESC prévient-il toute perte de maîtrise du véhicule?

10. Les explications suivantes sur le mode de fonctionnement de l'ESC décrivent le principe de base du contrôle de stabilité en lacet. Un tel système maintient le contrôle «en lacet» (ou en cap) en déterminant le cap choisi par le conducteur, en mesurant la réaction effective du véhicule et en modifiant automatiquement le cap du véhicule si celle-ci ne correspond pas à l'intention du conducteur. Avec l'ESC cependant, cette modification de cap s'obtient en appliquant des contre-couples au moyen des freins, plutôt que par une action sur la direction. Des mesures de vitesse et d'angle de braquage sont utilisées pour déterminer le cap choisi par le conducteur. La réponse du véhicule est mesurée d'après l'accélération latérale et la vitesse angulaire en lacet au moyen de capteurs embarqués. Si le véhicule réagit de la manière correspondant au signal émis par le conducteur, la vitesse angulaire en lacet correspond à la vitesse et à l'accélération latérale du véhicule.

11. Pour illustrer le concept de «vitesse angulaire en lacet», on peut imaginer un véhicule vu de dessus qui doit parcourir un cercle de grand diamètre tracé sur une aire plane. On observe simultanément le sommet du toit du véhicule et le cercle. Si le véhicule part d'un cap orienté au nord et parcourt la moitié de la circonférence du cercle, son nouveau cap est le sud. L'angle de lacet a donc changé de 180°. S'il faut au véhicule dix secondes pour parcourir la moitié de la

circonférence du cercle, la vitesse angulaire en lacet est de 180° pour dix secondes, soit $18^\circ/s$. Si la vitesse reste la même, la voiture pivote constamment, à une vitesse de $18^\circ/s$, autour d'un axe vertical imaginaire traversant le toit. Si la vitesse double, la vitesse angulaire en lacet passe à $36^\circ/s$.

12. Lorsque le véhicule se déplace selon un cercle, le conducteur constate qu'il doit se maintenir fermement au volant pour éviter de glisser transversalement vers la place du passager. Cette force de maintien est nécessaire pour surmonter l'accélération latérale qui est due au fait que le véhicule suit une trajectoire circulaire. L'accélération latérale est aussi mesurée par l'ESC. Lorsque la vitesse double, l'accélération latérale quadruple si le véhicule suit la même trajectoire circulaire. Il existe une relation physique fixe entre la vitesse du véhicule, le rayon du cercle suivi et l'accélération latérale.

13. Le système ESC exploite cette information comme suit: étant donné qu'il dispose de mesures de la vitesse du véhicule et de son accélération latérale, il peut calculer le rayon du cercle. En fonction du rayon du cercle et de la vitesse du véhicule, il calcule la vitesse angulaire en lacet correcte pour une voiture suivant cette trajectoire. Le système comporte un capteur de vitesse angulaire en lacet et compare la vitesse angulaire en lacet réelle mesurée et la valeur déterminée par calcul pour la trajectoire suivie par le véhicule. Si les vitesses calculées et les vitesses mesurées commencent à diverger alors que le véhicule, dont le conducteur essaie de suivre le cercle, accélère, cela signifie que le conducteur commence à perdre le contrôle, même s'il ne peut pas encore le percevoir. Peu de temps après, le véhicule non équipé d'ESC suivra un cap s'écartant franchement de la trajectoire voulue et son conducteur en perdra la maîtrise soit par survirage soit par sousvirage.

14. Lorsque l'ESC détecte une discordance entre la vitesse angulaire en lacet mesurée d'un véhicule et la trajectoire définie par la vitesse et l'accélération latérale de celui-ci, il intervient automatiquement pour modifier le cap du véhicule. Ce mouvement automatique de rotation du véhicule est obtenu par un freinage inégal selon les roues et non pas par un mouvement de la commande de direction. Si le freinage agit sur une roue seulement, la répartition inégale des forces de freinage cause un changement de cap du véhicule. La figure 1 illustre l'action du système ESC par freinage sur une seule roue pour corriger une amorce de survirage ou de sousvirage.

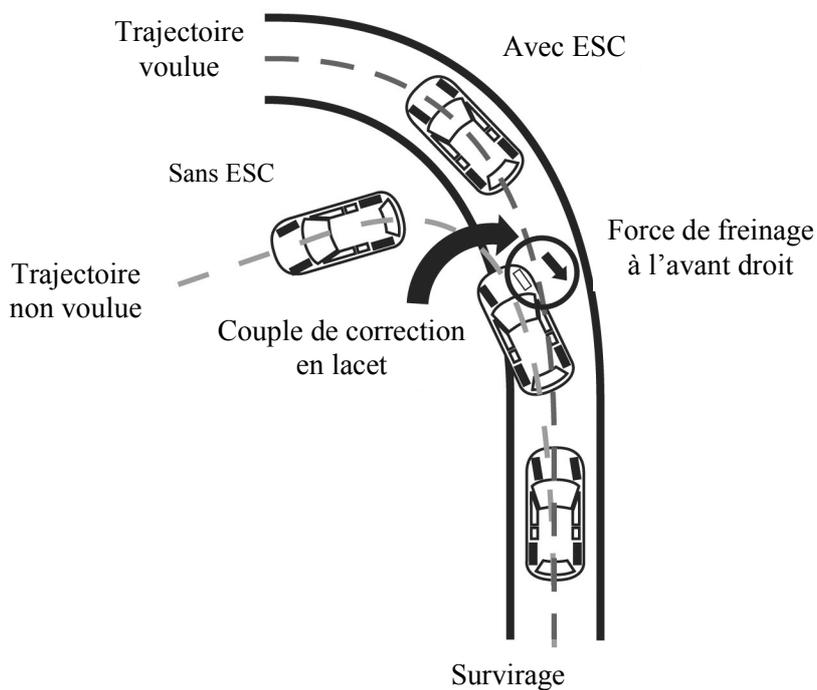
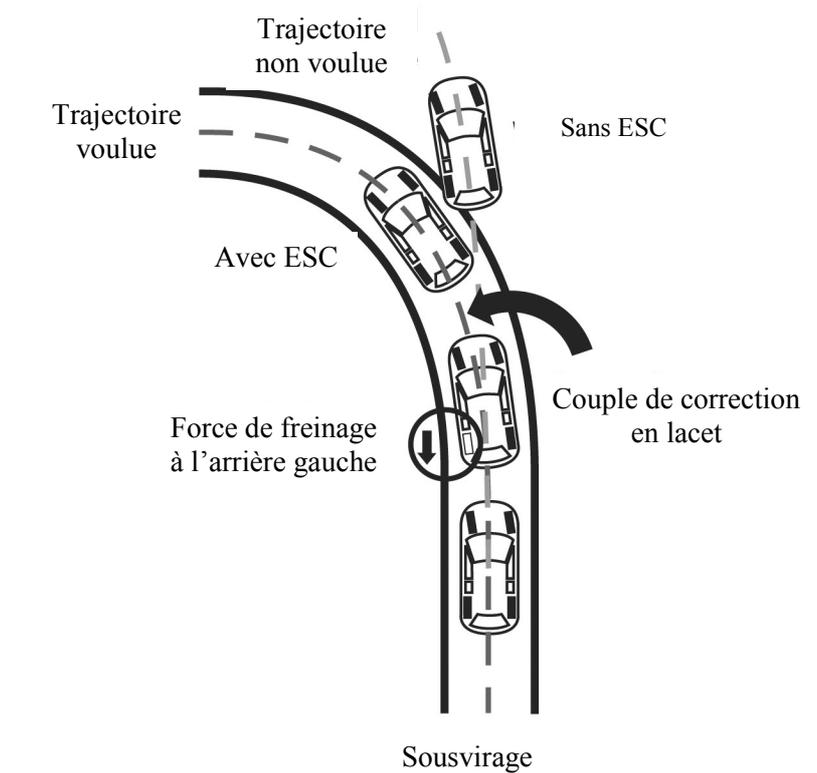


Figure 1. Intervention de l'ESC en cas de sousvirage et de survirage

- i) Survirage. Dans la figure 1 (partie inférieure), le véhicule s'est engagé dans un virage à gauche trop serré pour la vitesse à laquelle il circule. L'arrière du véhicule commence à glisser, ce qui, sur un véhicule sans ESC, aboutirait à un dérapage incontrôlé si le conducteur ne contrebraquait pas efficacement. Sur un véhicule équipé de l'ESC, le système détecte immédiatement un changement de cap du véhicule plus rapide que celui correspondant à la trajectoire voulue (vitesse angulaire en lacet trop élevée). Il freine momentanément la roue avant droite pour corriger le cap du véhicule et le ramener sur la trajectoire correcte. Cette action se produit si rapidement que le conducteur n'a pas le temps de percevoir qu'une correction de trajectoire est nécessaire. Même lorsque le conducteur freine parce que le virage est plus serré que prévu, le système garde une marge suffisante pour produire un freinage sélectif si nécessaire pour corriger la trajectoire.
- ii) Sousvirage. À la figure 1 (partie supérieure), on se trouve dans un cas semblable, mais le véhicule, lorsqu'il approche la limite de l'adhérence, réagit en glissant de l'avant (en sousvirant) et non pas en survirant. Dans cette situation, l'ESC détecte rapidement un changement de cap du véhicule moins rapide que celui nécessaire pour suivre la trajectoire voulue (vitesse angulaire en lacet trop faible). Il freine alors momentanément la roue arrière gauche pour ramener le véhicule sur la trajectoire correcte.

15. La figure 1 pourrait donner à croire que tel ou tel véhicule, lorsqu'il échappe au contrôle, est systématiquement survireur ou sousvireur, mais en fait il est tout aussi probable qu'un véhicule donné nécessite successivement des interventions contre le sousvirage et contre le survirage au cours des phases d'une manœuvre complexe d'évitement d'obstacle telle que la manœuvre en double déboîtement.

16. Bien que l'ESC ne puisse pas modifier les conditions d'adhérence des pneumatiques dans une situation critique, il y a de bonnes raisons d'attendre d'un tel système une réduction des accidents dus à une perte de maîtrise du véhicule, comme il est expliqué ci-dessous.

17. Sur les véhicules non dotés d'ESC, la réaction du véhicule aux mouvements de la commande de direction se modifie au fur et à mesure que le véhicule approche des limites de l'adhérence disponible. Toute l'expérience du conducteur moyen consiste à utiliser le véhicule dans sa «plage de réponse linéaire» (c'est-à-dire la plage d'accélération latérale dans laquelle un mouvement donné à la commande de direction produit un changement proportionnel de cap du véhicule). Il suffit au conducteur de tourner le volant de l'amplitude voulue pour obtenir le changement de cap voulu. Les changements de cap sont faciles à obtenir parce que la réaction du véhicule est proportionnelle au mouvement donné par le conducteur et que le temps de réaction est très court. Le véhicule se déplace dans la direction où il est orienté et le conducteur a la sensation de maîtriser le véhicule. Toutefois, à partir d'accélération latérales supérieures à environ un demi «g» sur chaussée sèche pour les véhicules ordinaires, la relation entre les mouvements à la commande de direction et la réaction du véhicule change (vers le survirage ou le sousvirage) et le délai de réaction du véhicule peut s'allonger. Lorsque le conducteur est confronté à ces changements dans une situation d'urgence, il y a un risque accru qu'il perde la maîtrise du véhicule et qu'il en résulte un accident, parce que les manœuvres naturelles qu'il a apprises en conduisant dans la «plage de réponse linéaire» ne sont plus à ce moment-là appropriées pour maîtriser le véhicule.

18. Par contre, il est beaucoup plus probable que ses capacités de conduite dans la plage de réaction normale seront suffisantes pour éviter une perte de maîtrise en situation critique sur un véhicule muni de l'ESC. Par surveillance de la vitesse angulaire de lacet et de l'angle de dérive, l'ESC peut intervenir très tôt dans une situation risquant d'aboutir à une perte de maîtrise en appliquant les forces de freinage nécessaires pour rétablir la stabilité en lacet avant que le conducteur puisse effectuer une surcorrection ou une autre manœuvre incorrecte. En fin de compte, l'ESC a pour effet de permettre à un conducteur moyen, avec des manœuvres apprises en conduite normale, d'effectuer les actions correctes pour maîtriser le véhicule en cas d'urgence. En outre, il permet d'éviter que le véhicule s'écarte de la trajectoire voulue, ce qui pourrait être une cause de panique chez un conducteur se trouvant en situation critique.

19. Outre l'avantage précité de permettre à des conducteurs moyens de faire face à des situations d'urgence et de conduire sur chaussée glissante, l'ESC permet de garder la maîtrise du véhicule beaucoup plus efficacement que ne le feraient des conducteurs expérimentés sur des véhicules non munis de l'ESC. D'un point de vue pratique, les mouvements de maîtrise du lacet sur ce type de véhicule se limitent à des mouvements sur la direction. Or, lorsque les pneumatiques approchent de la force latérale maximale compte tenu de l'adhérence disponible, le moment de lacet produit par un accroissement donné de l'angle de braquage est très inférieur à ce qu'il est en conduite normale, lorsque les forces latérales sont faibles¹. Cela signifie que lorsque le véhicule approche de ses limites maximales d'adhérence, la capacité du système de direction à modifier le cap du véhicule est fortement réduite, même dans les mains d'un conducteur expérimenté. Avec l'ESC, le moment de lacet capable de modifier le cap du véhicule s'obtient par freinage d'une seule roue et non pas par un mouvement sur la direction. Cette intervention demeure efficace même aux limites de l'adhérence du pneumatique, parce que la force de freinage de cette roue et la réduction de la force latérale qui en résulte agissent toutes deux pour produire le moment de lacet voulu. L'ESC peut donc être particulièrement avantageux sur revêtement glissant. Bien qu'en dernier ressort, la possibilité pour un véhicule de rester sur la route lors d'une manœuvre critique soit limitée par l'adhérence des pneumatiques, l'ESC permet de maximiser l'utilisation de l'adhérence disponible pour les conducteurs d'aptitude moyenne.

b. Fonctions supplémentaires de certains systèmes ESC

20. Outre la fonction de base «contrôle de la stabilité en lacet», de nombreux systèmes ESC ont d'autres fonctions. La plupart des systèmes, par exemple, réduisent la puissance du moteur au cours de l'intervention afin de ralentir le véhicule et de faciliter le maintien du véhicule sur la trajectoire une fois la correction de cap effectuée.

21. D'autres systèmes ESC vont encore plus loin en commandant un freinage automatique à forte décélération sur les quatre roues. Cette force de freinage doit bien entendu être répartie inégalement des deux côtés, de telle manière que le même couple de lacet ou la même «force de rotation» nets ne soient appliqués au véhicule que dans le cas de l'action par freinage sur une seule roue.

¹ Lieberman *et al.* (2005) Safety and Performance Enhancement: The Bosch Electronic Stability Control (ESP), 19th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV), Washington, DC.

22. D'autres systèmes ESC utilisés sur les véhicules à haut centre de gravité, tels que les SUV, sont souvent programmés pour une fonction supplémentaire appelée «contrôle de stabilité en roulis». Cette fonction vise à prévenir les accidents par renversement des véhicules à haut centre de gravité. Certains systèmes de ce genre mesurent l'angle de roulis du véhicule au moyen d'un capteur supplémentaire de vitesse angulaire en roulis pour déterminer si le véhicule risque de se renverser. D'autres systèmes utilisent les capteurs ESC existants de mesure de l'angle de braquage, de la vitesse et de l'accélération latérale, ainsi que des données relatives aux caractéristiques spécifiques du véhicule pour évaluer le risque de renversement de celui-ci.

23. Quelle que soit la méthode utilisée pour détecter le risque de renversement, les divers types de systèmes de contrôle de stabilité en roulis agissent de la même manière. Plus précisément, ils réduisent l'accélération latérale qui est la cause du mouvement de roulis du véhicule sur sa suspension, de manière à prévenir le risque d'un roulis fort au point de faire décoller les roues intérieures en virage. Cette intervention s'effectue de la même manière que l'intervention en cas de survirage illustrée à la figure 1. La roue avant droite extérieure est fortement freinée pour faire pivoter le véhicule vers une trajectoire à moindre courbure et donc à moindre accélération latérale.

24. La différence entre une intervention du contrôle de la stabilité en roulis et une intervention antisurvirage du système ESC fonctionnant sur le mode simple de contrôle de la stabilité en lacet concerne les conditions commandant l'intervention. L'intervention en cas de survirage se produit lorsque la vitesse angulaire en lacet excessive du véhicule indique que son cap s'écarte de la trajectoire voulue par le conducteur; par contre, l'intervention de contrôle de la stabilité en roulis se produit lorsqu'il y a un risque que le véhicule se renverse. Par conséquent, elle a lieu alors que le véhicule continue à suivre la trajectoire voulue par le conducteur. L'inconvénient manifeste de cette intervention est qu'elle implique dans une mesure plus ou moins grande un écart par rapport à la trajectoire voulue par le conducteur afin d'empêcher que l'accélération latérale n'atteigne un niveau pouvant causer un renversement.

25. Pour autant que la détermination du risque de renversement commandant l'intervention de contrôle de stabilité en roulis se fasse avec une grande certitude, l'éventualité d'une sortie de route causée par cette intervention est relativement moins élevée. Manifestement les systèmes les plus efficaces sont ceux qui se déclenchent seulement en cas d'absolue nécessité et causent donc une perte minimale d'accélération latérale. Il faut rappeler cependant que les techniques de contrôle de stabilité en roulis sont nouvelles et qu'elles sont encore en évolution.

26. Actuellement toutefois, on dispose de données insuffisantes pour pouvoir évaluer l'efficacité de beaucoup de ces fonctions additionnelles, y compris le contrôle de stabilité en roulis, soit parce que leur application est encore trop restreinte, soit parce qu'il est trop tôt pour que les statistiques des accidents réels reflètent leur effet pratique de réduction du nombre d'accidents. À cet égard, la situation est différente de ce qu'elle est dans le cas des systèmes ESC de base décrits ci-dessus pour lesquels on dispose de données assez abondantes.

4. Efficacité de l'ESC

a. Analyse de l'efficacité de l'ESC pour la prévention des accidents de véhicules seuls et des accidents par renversement

27. Dans les commentaires ci-après, on examine en détail les résultats de recherche se rapportant à l'efficacité escomptée des systèmes ESC. Les systèmes de contrôle de stabilité peuvent réduire directement le risque de renversement causé par un obstacle, tel qu'il peut être mesuré par l'essai de la manœuvre en «hameçon» (double braquage asymétrique opposé). L'effet direct est en grande partie limité au renversement non causé par un obstacle survenant sur une route goudronnée. Il est à noter toutefois que ce type de renversement est relativement peu fréquent.

28. Par contre, la grande majorité des renversements se produisent lorsqu'un véhicule sort de la route et rencontre un obstacle: sol meuble, fossé, bordure de trottoir ou glissière de sécurité. Le rôle de l'ESC est d'aider le conducteur à maintenir le véhicule sur la route dans les situations où il y a risque de perte de maîtrise. De cette manière, il peut éviter que le véhicule ne vienne heurter les obstacles situés en dehors de la route.

29. Bien que l'ESC soit seulement un moyen de prévention indirect des accidents avec renversement, il est probable qu'il soit l'instrument le plus efficace dont on dispose pour combattre ce risque particulier. Dans des études d'efficacité exécutées à l'échelle mondiale², on estime que les systèmes ESC peuvent permettre de réduire le nombre d'accidents de véhicules seuls d'au moins un tiers pour les berlines et peut-être de réduire les accidents par perte de maîtrise (sortie de route aboutissant à un renversement) dans des proportions encore plus grandes. C'est pourquoi on considère que l'ESC pourrait réduire le nombre de renversements de tous les véhicules, y compris les véhicules à centre de gravité de hauteur normale (berlines, minispace et camionnette type «pick-up» à deux roues motrices), ainsi que les véhicules à haut centre de gravité (SUV et camionnettes type «pick-up» à quatre roues motrices). L'ESC peut avoir une incidence à la fois sur les accidents qui auraient abouti à un renversement et sur les autres types d'accidents (sortie de route aboutissant à une collision) et donc réduire le nombre de victimes qu'ils causent.

² Voir Aga M, Okada A. (2003) Analysis of Vehicle Stability Control (VSC)'s Effectiveness from Accident Data, 18th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV), Nagoya. Voir aussi Dang, J. (2004) Preliminary Results Analyzing Effectiveness of Electronic Stability Control (ESC) Systems, Report No. DOT HS 809 790. U.S. Dept. of Transportation, Washington, DC; Farmer, C. (2004) Effect of Electronic Stability Control on Automobile Crash Risk, Traffic Injury Prevention Vol. 5:317-325; Kreiss J-P, *et al.* (2005) The Effectiveness of Primary Safety Features in Passenger Cars in Germany. 19th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV), Washington, DC; et Lie A., *et al.* (2005) The Effectiveness of ESC (Electronic Stability Control) in Reducing Real Life Crashes and Injuries, 19th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV), Washington, DC.

b. Étude des facteurs humains intervenant dans l'efficacité de l'ESC

30. Une étude menée en 2004 aux États-Unis a démontré l'effet de l'ESC sur la capacité de conducteurs moyens à garder la maîtrise du véhicule en situation critique³. Dans cette étude, un échantillon de 120 conducteurs, répartis à parts égales entre hommes et femmes et entre trois groupes d'âge (18-25, 30-40 et 55-65 ans) était soumis à des essais de conduite conformément aux trois scénarios critiques suivants. Le «scénario de l'obstacle surgissant brutalement» obligeait les conducteurs à tenter une manœuvre de double déboîtement à grande vitesse (65 mph, vitesse maximale prescrite par des panneaux); les conducteurs étaient d'abord confrontés à un véhicule s'engageant brusquement sur leur voie à partir d'une piste d'accès, puis à un autre véhicule venant à leur rencontre sur la voie de gauche. Le «scénario du virage qui va en se resserrant» confrontait les conducteurs à un virage à rayon constant ne posant pas de problème à la vitesse limite affichée de 65 mph (105 km/h), suivi par un autre virage qui initialement semblait identique, mais qui allait en se resserrant de manière non prévisible.

31. Dans le «scénario de la rafale de vent», les conducteurs étaient confrontés à l'effet d'une brève rafale soudaine de vent latéral qui repoussait les véhicules vers une voie où des véhicules venaient en sens contraire. L'échantillon de 120 conducteurs était également divisé entre deux véhicules, un SUV et une berline de taille moyenne. La moitié des conducteurs de chaque catégorie de véhicules devaient conduire ESC activé et l'autre ESC désactivé.

32. Dans 50 des 179 parcours d'essais exécutés avec un véhicule dépourvu d'ESC, le conducteur a perdu le contrôle du véhicule. Par contre, dans 6 seulement des 179 parcours avec système ESC, le conducteur a perdu le contrôle. Un parcours d'essai dans chacun des deux groupes ESC-activé/ESC-désactivé a dû être annulé. De ces résultats il ressort une réduction de 88 % des accidents par perte de maîtrise lorsque l'ESC était activé. L'étude a aussi conclu que la présence de l'ESC influait positivement sur le risque de perte de maîtrise sans distinction d'âge ou de sexe du conducteur, et que l'avantage retiré était sensiblement le même pour chacun des différents sous-groupes de conducteurs de l'étude.

c. Étude des données d'accidents en ce qui concerne l'efficacité de l'ESC

33. Un certain nombre d'études sur l'efficacité de l'ESC ont été exécutées en Europe et au Japon à partir de 2003⁴. Toutes ces études ont indiqué des possibilités de réduction importante des accidents de véhicules seuls grâce à l'installation de l'ESC. En outre, une étude préliminaire publiée en septembre 2004⁵ sur les données d'accidents pour 1997-2003 aux États-Unis semblait indiquer que l'ESC permettait de réduire les accidents de véhicules seuls, y compris par renversement. Selon la catégorie de véhicule prise en compte dans l'étude, les résultats indiquaient que l'ESC réduisait effectivement les accidents de véhicules seuls de 35 % pour les berlines et de 67 % pour les véhicules de type SUV.

³ Papelis *et al.* (2004) Study of ESC Assisted Driver Performance Using a Driving Simulator, Report No. N04-003-PR, University of Iowa.

⁴ Voir note 3.

⁵ Dang, J. (2004) Preliminary Results Analyzing Effectiveness of Electronic Stability Control (ESC) Systems, Report No. DOT HS 809 790. U.S. Department of Transportation, Washington, DC.

34. Une étude ultérieure validée par d'autres experts⁶ sur l'efficacité de l'ESC a abouti à la conclusion qu'il réduisait les accidents de véhicules seuls de 34 % pour les berlines et de 59 % pour les SUV, et que cette efficacité était maximale pour les accidents de véhicules seuls aboutissant à un renversement (71 % de réduction pour les berlines et 84 % pour les SUV). Elle a aussi indiqué des réductions du nombre d'accidents mortels de véhicules seuls et de renversements de véhicules seuls qui étaient proportionnelles aux réductions globales du nombre d'accidents cités. L'ESC réduisait les chiffres d'accidents de véhicules seuls mortels de 35 % pour les berlines et de 67 % pour les SUV, et les accidents de véhicules seuls mortels par renversement de 69 % pour les berlines et 88 % pour les SUV.

5. Contribution des diverses parties au présent RTM

35. Le présent règlement technique mondial concernant l'ESC a été élaboré grâce aux contributions des diverses parties intéressées, y compris les Parties contractantes à l'Accord de 1998, d'autres représentants gouvernementaux, des constructeurs d'automobiles et leurs associations commerciales, des fournisseurs d'équipements d'automobiles et leurs associations commerciales et des organisations de promotion de la sécurité routière. En outre, des constructeurs d'automobiles internationaux ont effectué des essais avec une large gamme de véhicules équipés de l'ESC en vue de déterminer des critères potentiels d'efficacité pour l'évaluation de l'ESC. En conséquence, le présent RTM a fait l'objet d'une analyse approfondie de la part non seulement des organismes gouvernementaux de réglementation des Parties contractantes, mais aussi de l'industrie automobile et des associations intéressées par la sécurité.

36. La très grande majorité de ces participants était favorable à l'établissement d'un règlement technique concernant les systèmes ESC installés sur les véhicules légers neufs. Par contre, des divergences d'opinions entre participants existaient quant au degré de rigueur de la norme et des procédures d'essai. D'autres questions ont été évoquées, notamment l'adoption d'une définition de l'ESC plus axée sur l'efficacité, le critère de réactivité, les prescriptions d'efficacité de l'ESC, les prescriptions sur la détection des défauts de fonctionnement de l'ESC, les prescriptions concernant les témoins de fonctionnement de l'ESC, la désactivation du système et l'interrupteur prévu à cet effet, les procédures d'essai et la réglementation du montage d'un système ESC sur les véhicules qui n'en sont pas équipés d'origine. Dans les commentaires faits à propos des prescriptions du présent RTM, on évoque les questions soulevées par les participants à ces travaux et les positions exprimées sur ces questions.

6. Discussion des questions clefs

37. Le texte du présent RTM proposé énonce des prescriptions d'efficacité (fondées à la fois sur une définition de l'ESC et sur des procédures d'essai dynamique) auxquelles les véhicules équipés d'ESC doivent satisfaire pour être conformes aux prescriptions du présent RTM. Ce dernier s'applique à tous les véhicules des catégories 1-1, 1-2 et 2, d'une masse brute totale égale ou inférieure à 4 536 kg.

⁶ Dang, J. (2006), Statistical Analysis of The Effectiveness of Electronic Stability Control (ESC) Systems, Report No. DOT HS 810 794, U.S. Department of Transportation, Washington, DC. (publication pending peer review).

a. Applicabilité

38. Comme indiqué plus haut, le présent RTM s'applique à tous les véhicules des catégories 1-1, 1-2 et 2 d'une masse brute maximale de 4 536 kg ou moins.

39. Le présent RTM exclut de son champ d'application les véhicules de masse supérieure à cette limite parce que l'architecture et le comportement routier différents de ces véhicules nécessitent l'utilisation de systèmes ESC différents et de procédures d'essai entièrement nouvelles. Les systèmes ESC des poids lourds ne seraient donc pas pris en compte dans le présent RTM à ce stade.

40. En outre, si une juridiction décide que le système réglementaire du pays est tel qu'une application intégrale n'est pas appropriée, elle peut limiter la réglementation nationale à un groupe de véhicules restreint. Cette juridiction pourrait aussi décider d'introduire par étapes les prescriptions relatives aux systèmes ESC ou d'en retarder la mise en application pendant quelques années.

- i) Véhicules à roues jumelées sur l'essieu arrière et véhicules à double essieu arrière

41. D'après les informations données par l'industrie automobile, il existe un petit nombre (non précisé) de véhicules-châssis (normalement carrossés ultérieurement en tant que véhicules utilitaires) d'une masse brute maximale de 4 536 kg ou moins, qui sont équipés de roues jumelées sur l'essieu arrière, et de véhicules à essieu arrière double ou multiple, pour lesquels il est nécessaire de prévoir des réglages spécifiques d'ESC. Compte tenu du nombre réduit de véhicules de cette catégorie et des réglages spéciaux qu'ils nécessitent, l'industrie automobile a demandé que ces véhicules soient exclus du champ d'application du présent RTM.

42. Bien que les véhicules à roues jumelées sur l'essieu arrière et les véhicules à double essieu arrière nécessitent de la part des constructeurs certains ajustements techniques du système ESC, il a été jugé que ces véhicules, dans la mesure où ils entrent dans le champ des véhicules visés, doivent être considérés comme soumis aux prescriptions du présent RTM.

b. Définitions

43. L'un des éléments clefs du présent RTM est la définition de l'ESC. Les définitions précisent les éléments que doit comprendre un système de contrôle de stabilité qui soit capable d'effectuer des interventions efficaces contre le survirage et le sousvirage. Ces prescriptions relatives à l'équipement sont nécessaires à cause de l'extrême difficulté à définir des procédures d'essai qui permettent à elles seules de garantir le niveau requis d'efficacité de fonctionnement de l'ESC dans des circonstances très diverses⁷. L'essai qu'il est proposé d'adopter est nécessaire

⁷ Des prescriptions relatives à l'équipement sont nécessaires, parce qu'il serait techniquement impossible de définir un essai fonctionnel unique auquel le constructeur ne puisse pas satisfaire par d'autres moyens que par l'installation de l'ESC. La solution qui consisterait à définir une série d'essais fonctionnels pour obtenir le résultat voulu n'est pas applicable au stade actuel parce qu'il n'a pas été possible de mettre au point un essai pratique et répétable de sousvirage à la limite, et qu'il n'existe pas non plus d'essai utilisable dans la documentation scientifique

pour garantir que l'ESC soit suffisamment fiable et offre un niveau d'efficacité au moins comparable à celui des systèmes ESC actuellement produits en série.

44. Conformément à la définition de l'ESC contenue dans la norme de consensus volontaire «Surface Vehicle Information Report J2564 (rev. juin 2004) de la SAE (Society of Automotive Engineers)⁸, les véhicules visés par la norme doivent être équipés d'un système ESC:

relative au comportement dynamique des véhicules. Des travaux de recherche préliminaires ont certes été entrepris aux États-Unis sur cette question, mais on est arrivé à la conclusion que cette recherche était d'une complexité telle qu'il faudrait encore plusieurs années d'étude avant d'arriver à des conclusions en ce qui concerne un essai fonctionnel de sousvirage applicable à l'ESC. Sur cette base, on a dégagé trois solutions possibles: 1) retarder la mise au point du présent RTM et effectuer des travaux d'étude; 2) renoncer à prescrire des caractéristiques concernant le sousvirage et modifier le présent RTM une fois qu'un essai fonctionnel de l'ESC aurait été mis au point; 3) inclure une prescription relative au sousvirage dans la définition de l'ESC, en prescrivant conjointement la présence de composants spécifiques qui permettent au système d'intervenir en cas de sousvirage excessif.

Les deux premières solutions ont été éliminées dans l'intérêt de la sécurité.

La troisième solution, à savoir l'adoption de prescriptions concernant le sousvirage dans la définition de l'ESC, accompagnées de prescriptions concernant la présence de composants spécifiques à cette fin, a été jugée comme la mieux adaptée pour atteindre les objectifs de sécurité et retirer les avantages attendus du présent RTM. De telles prescriptions sont objectives dans la mesure où l'on précise aux constructeurs quel type de résultat est prescrit et quels composants sont nécessaires au minimum à cette fin. Il appartient aux Parties contractantes de vérifier que le système inclut le matériel et le logiciel nécessaires pour la limitation du sousvirage. Étant donné que les composants nécessaires pour intervenir contre le sousvirage sont déjà présents dans tous les systèmes ESC, on peut considérer comme très peu probable que les constructeurs réduisent les capacités antisousvirage de leur système, tout simplement parce que le règlement ne comporte pas actuellement d'essai spécifique pour cette fonction. On devrait ainsi pouvoir obtenir que les constructeurs maintiennent la fonction antisousvirage parmi les caractéristiques du système ESC, sans avoir à retarder l'entrée en application du présent RTM, avec les effets bénéfiques qu'elle aura sur la réduction des pertes en vies humaines. Dans l'immédiat, des recherches supplémentaires pourraient être entreprises sur la fonction antisousvirage de l'ESC et des prescriptions additionnelles pourraient être prises le moment venu.

Quoi qu'il en soit, même s'il existait un essai spécifique de sousvirage, l'efficacité pratique d'une norme sans prescriptions supplémentaires concernant la présence de l'équipement sur le véhicule serait douteuse, à cause du grand nombre de conditions d'essai qu'il faudrait probablement définir.

⁸ La Society of Automotive Engineers (SAE) est une association réunissant diverses parties (ingénieurs, industrie automobile, formateurs, étudiants, etc.), qui s'efforce, par le partage de l'information et l'échange d'idées, de promouvoir l'ingénierie des systèmes de mobilité. La SAE compte actuellement plus de 90 000 membres dans environ 97 pays. Les activités de l'organisation incluent l'élaboration de normes, l'organisation de réunions et la diffusion d'informations

- a) Qui améliore 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'essieux⁹ pour induire un moment de 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;
- b) Qui soit commandé par un module informatique dont le calculateur utilise un algorithme de commande en boucle fermée pour limiter le survirage et le sousvirage du véhicule, sur la base d'une évaluation du comportement réel du véhicule par comparaison avec une détermination du comportement du véhicule décidé par le conducteur;
- c) Qui soit capable de déterminer directement la valeur de la vitesse angulaire en lacet¹⁰ et d'estimer son angle de dérive¹¹ ou la dérivée¹² de celui-ci par rapport au temps;
- d) Qui puisse suivre en continu les mouvements de la commande de direction provoqués par le conducteur; et
- e) Qui utilise un algorithme pour déterminer s'il est nécessaire de modifier le couple moteur pour aider le conducteur à garder la maîtrise du véhicule, et qui a la capacité de le faire.

Le système ESC doit en outre:

- a) Être capable d'appliquer un couple de freinage sûr à chacune des quatre roues¹³ et utiliser un algorithme de commande lui permettant d'utiliser cette capacité;
- b) Fonctionner sur toute la plage de vitesse du véhicule, pendant toutes les phases de la conduite, à savoir l'accélération, la marche en prise gaz coupés et la décélération (y compris le freinage), sauf:

techniques et de savoir-faire en matière de conception, de construction, d'entretien et d'utilisation de véhicules automoteurs terrestres ou marins, aériens ou spatiaux. Voir <http://www.sae.org>.

⁹ Un groupe d'essieux est assimilé à un essieu simple et des roues jumelées sont assimilées à une roue simple.

¹⁰ Par «vitesse angulaire en lacet», on entend la vitesse à laquelle un véhicule change de cap, mesurée en degrés/seconde, par rotation autour d'un axe vertical passant par le centre de gravité du véhicule.

¹¹ Par «angle de dérive», on entend l'arc tangent de la vitesse latérale du centre de gravité du véhicule divisé par la vitesse longitudinale du centre de gravité.

¹² Étant donné que l'angle de dérive et sa dérivée par rapport au temps sont des valeurs mathématiques intimement liées, lorsque l'une est connue il est possible de déterminer l'autre. Dans le présent RTM, il est permis de déterminer cette valeur clef pour le fonctionnement du système ESC par l'un ou l'autre moyen.

¹³ Les roues jumelées sont assimilées à une roue simple et un double essieu est assimilé à un essieu simple.

- i) Lorsque le conducteur a désactivé l'ESC;
- ii) Lorsque la vitesse du véhicule est inférieure à 20 km/h;
- iii) Pendant l'essai initial d'autodiagnostic au démarrage et les contrôles de plausibilité, dont la durée ne doit pas excéder deux minutes, lorsque le véhicule est conduit dans les conditions énoncées au paragraphe 7.10.2; et
- iv) Lorsque le véhicule est conduit en marche arrière.

c) Pouvoir fonctionner même si le système antiblocage des freins ou le système antipatinage est activé.

45. Le présent RTM formule également un certain nombre d'autres définitions destinées à décrire précisément le fonctionnement de l'ESC ou les modalités des essais fonctionnels applicables en vertu du présent RTM. Plus précisément, des définitions sont données pour les termes suivants: 1) «angle d'Ackerman», 2) «accélération latérale», 3) «survirage», 4) «dérive ou angle de dérive», 5) «sousvirage», 6) «vitesse angulaire en lacet» et 7) «SSF».

46. Le présent RTM ne prescrit pas le fonctionnement de l'ESC lorsque le véhicule se déplace en marche arrière, parce que de telles dispositions nécessiteraient des modifications coûteuses aux systèmes ESC actuels, sans gain de sécurité prévisible. Les principaux problèmes de sécurité liés aux déplacements en marche arrière sont les chocs contre les piétons, la chute dans un trou et les chocs contre les objets (autres véhicules, constructions, etc.). L'ESC n'est pas censé prévenir l'un quelconque de ces accidents. En outre, les véhicules sont rarement conduits à grande vitesse en marche arrière, et la prescription selon laquelle l'ESC n'a pas à fonctionner «aux vitesses inférieures à 20 km/h» implique donc que l'ESC serait normalement désactivé lorsque le véhicule se déplace en marche arrière.

47. Dans le présent RTM, il est tenu compte du fait que l'ESC, le système antiblocage et tout système antipatinage montés sur les véhicules actuels ne sont pas en général des entités fonctionnellement séparées mais sont intégrées dans un système unique, puisque toutes ces fonctions utilisent le système de commande des freins du véhicule pour réaliser leurs objectifs prévus de maintien de la stabilité. Afin de permettre au mécanisme d'arbitrage entre sous-systèmes d'optimiser le fonctionnement du système ESC en fonction des besoins, le règlement précise que la logique d'actionnement de ces systèmes peut être intégrée de telle manière qu'ils puissent collaborer pour corriger les instabilités du véhicule.

48. Lorsqu'il s'est agit de définir les prescriptions relatives aux matériels et aux logiciels de l'ESC dans le présent RTM, l'accent a été mis sur les technologies particulières dont l'efficacité avait été démontrée du point de vue de la réduction des accidents réels, plutôt que sur des systèmes ou caractéristiques qui pouvaient simplement en théorie améliorer la sécurité. Ainsi, par exemple, un participant recommandait d'inclure dans le présent RTM une prescription relative à l'angle de dérive entre la surface de contact du pneumatique et la route. Or, bien que les systèmes ESC actuels satisfassent aux définitions du Règlement, ils ne fonctionnent pas nécessairement par estimation de cette grandeur, et aucune technologie efficace ayant fait ses preuves n'existe pour cette mesure. Même s'il est positif de voir apparaître de nouvelles technologies pouvant améliorer la sécurité des véhicules, il n'est pas possible de quantifier leur

efficacité tant que l'on ne dispose pas de données d'accidents les concernant, même si théoriquement une technologie de remplacement devrait avoir les mêmes effets sur le comportement du véhicule que la technologie déjà éprouvée. Par conséquent, en l'absence de données concernant l'efficacité pour les systèmes de type ESC qui procèdent en évaluant la dérive entre la surface de contact du pneumatique et la route (au lieu de déterminer la vitesse angulaire en lacet du véhicule ou d'évaluer l'angle de dérive du véhicule, tout en contrôlant les mouvements de commande du conducteur), il n'est pas rationnel de les traiter comme équivalents aux systèmes ESC, dont il a été prouvé qu'ils peuvent sauver des milliers de vies humaines chaque année.

c. Prescriptions générales

49. Outre les définitions dont il est question ci-dessus, les systèmes ESC doivent aussi remplir les prescriptions supplémentaires suivantes.

1) Fonctionnement du système de base

50. L'ESC, tel qu'il est défini ci-dessus, doit pouvoir appliquer des couples de freinage sur chacune des quatre roues, et disposer d'un algorithme permettant d'exploiter cette capacité¹⁴. En dehors des situations expressément énumérées au paragraphe b) de la définition de l'ESC ci-dessus, le système doit aussi être activé pendant toutes les phases de la conduite, y compris l'accélération, la marche en prise gaz coupés et la décélération (y compris le freinage). Le système ESC doit pouvoir s'enclencher même si le système antiblocage ou le système antipatinage sont déjà enclenchés.

51. Par l'adoption d'une combinaison de définitions et de prescriptions fonctionnelles s'appliquant au système ESC, les Parties contractantes expriment leur intention d'étendre les avantages de sécurité prouvés des systèmes actuels à l'ensemble du parc de véhicules légers dans le monde le plus rapidement possible. Les informations disponibles montrent que les systèmes ESC actuels basés sur le freinage sont efficaces et répondent aux besoins de la sécurité des véhicules à moteur. On ne dispose pas actuellement d'informations prouvant l'efficacité d'autres technologies apparentées à l'ESC que certains fabricants ont proposées en remplacement des systèmes ESC basés sur le freinage (systèmes de direction active (direction avant active, direction arrière active, direction électrique intégrale, direction assistée électrique), systèmes de transmission active (différentiels actifs, différentiels électroniques à glissement limité, alterno-démarrateurs pour la propulsion et le freinage), et systèmes de suspension active (barres stabilisatrices actives, amortisseurs actifs, ressorts actifs), freinage automatique, antipatinage, assistance au freinage d'urgence, contrôle de stabilité en roulis).

52. Il convient de noter en outre qu'il est possible d'optimiser un véhicule dépourvu d'ESC de manière à éviter le dérapage incontrôlé dans les conditions étroitement définies de l'essai de la fonction antisurvirage de l'ESC (surtout dans le cas d'un règlement ne mentionnant pas le

¹⁴ Le présent RTM a été établi compte tenu des caractéristiques des nouveaux véhicules produits en 2005 et 2006. La définition de l'ESC est limitée aux systèmes ESC quatre roues, car les systèmes ESC deux roues existants ne sont pas capables d'assurer des fonctions antisurvirage ou des freinages automatiques des quatre roues lors d'une intervention, bien qu'ils aient aussi donné des résultats positifs intéressants (mais à un degré moindre).

problème du sousvirage), mais sans bénéficier des avantages de l'ESC dans d'autres conditions. Après étude, il est apparu qu'il ne serait pas actuellement faisable d'établir une série complète d'essais pouvant se substituer à l'énumération explicite des composants constituant le système ESC; en outre, il restait à voir si cette approche serait utilisable pour énoncer un règlement purement fondé sur des prescriptions fonctionnelles qui garantisse que les constructeurs fournissent des systèmes au moins équivalents aux systèmes ESC actuels. En conclusion, la définition de l'ESC figurant dans le présent RTM est nécessaire pour donner la garantie que les véhicules soumis au règlement aient au moins les caractéristiques des systèmes ESC existants qui ont permis d'obtenir une réduction notable des accidents de véhicules seuls et des accidents avec renversement d'après les résultats des récentes études sur les données d'accidents. Dans les commentaires ci-après on évoque les obstacles à une approche strictement fondée sur des prescriptions fonctionnelles qui ont été recensés.

53. Parmi les difficultés soulevées par la définition d'un essai fonctionnel pour les systèmes ESC, il faut noter que les constructeurs mettent au point les algorithmes utilisés par ceux-ci sur la base d'essais dont les conditions ne sont normalement pas répétables (surfaces verglacées changeantes, surfaces humides/glissantes dont les caractéristiques ne peuvent pas être répétées d'un jour à l'autre) et par simulation. Ils exécutent également des essais dans des centaines de conditions différentes, nécessitant plusieurs semaines d'essai pour un véhicule donné. Ces approches cependant ne sont pas utilisables en pratique dans le cadre d'un règlement concernant la sécurité. Le présent RTM, par contre, est formulé de manière objective et il devrait donner des résultats répétables.

54. Il est possible de contourner ces limitations en utilisant dans le présent RTM une définition de l'ESC basée sur une définition établie par la SAE, qui inclut les composants intervenant dans le coût de ces systèmes. Il n'y a aucune raison de croire que les constructeurs puissent, après avoir assumé le coût de l'équipement et des capacités ESC prescrits par la définition du Règlement, programmer le système pour restreindre ses fonctions aux strictes conditions d'essai du présent RTM. Les définitions du Règlement pour l'ESC prescrivent au minimum un niveau d'équipement et de capacités correspondant aux systèmes ESC existants, ce qui permettra de bénéficier d'une réduction notable des pertes en vies humaines rendue possible par ces systèmes.

55. En l'absence de définition de l'ESC, il ne serait pas possible d'évaluer de manière complète la gamme de fonctions des dispositifs, en particulier pour la fonction antisousvirage, qui pourraient être installés conformément aux normes de sécurité. Si les constructeurs se contentaient d'optimiser le véhicule exclusivement en vue de satisfaire à quelques essais étroitement définis, le public ne pourrait pas bénéficier intégralement des gains de sécurité offerts par les systèmes ESC actuels¹⁵.

¹⁵ L'Agence pour la protection de l'environnement des États-Unis (EPA) a constaté par le passé des problèmes concernant des moteurs produits par des fabricants de moteurs diesel de poids lourds, qui satisfaisaient aux normes de l'EPA lors des essais en laboratoire conformément aux méthodes EPA, mais qui étaient hors normes dans les conditions normales de circulation sur route. Le 22 octobre 1998, le Département de la justice et l'EPA ont annoncé qu'un arrangement avait été conclu avec sept constructeurs principaux de moteurs diesel. Compte tenu de ce précédent, il ne semble pas réaliste de croire que l'hypothèse d'un contournement des

56. Certains participants ont cité un certain nombre de systèmes et composants qui peuvent influencer sur les forces aux roues et proposé, dans la définition de l'ESC, d'autoriser les systèmes pouvant produire une force à la roue (ce qui est une prescription moins restrictive que de prescrire qu'un système doit fonctionner au moyen de forces de freinage). Toutefois, il n'a pas été soumis de données démontrant l'efficacité de ces systèmes, de manière à prouver qu'ils répondent aux besoins en matière de sécurité des véhicules et qu'ils pourraient remplacer les systèmes basés sur le freinage qui ont déjà fait leurs preuves. De fait, il y a de bonnes raisons pour que le présent RTM, tout au moins au stade initial, soit basé sur les forces de freinage. Certains des dispositifs mentionnés peuvent certes produire un moment de lacet (dans le cadre d'une intervention du système ESC) par application d'un couple d'entraînement¹⁶, mais le couple de freinage utilisé pour produire le moment de lacet a en outre l'avantage, en situation critique, de ralentir le véhicule.

57. Certains participants ont cité un certain nombre de concepts liés aux systèmes de direction active pour qu'ils soient pris en compte dans des prescriptions fonctionnelles du présent RTM. Un exemple précis était l'utilisation d'interventions actives de direction (sur un véhicule dont le système ESC engloberait la direction et le freinage). Toutefois, bien que la fonction de direction active puisse être utile pour certaines situations, les mouvements de direction risquent de ne pas être très efficaces lorsque l'on approche des limites d'adhérence, ce qui correspond précisément à la situation critique à prendre en compte pour le présent RTM. Dans ce cas également, les forces de freinage ont l'avantage par rapport aux forces de direction de produire une action plus efficace de contrôle en lacet lorsque le véhicule est en limite d'adhérence¹⁷.

58. Pour résumer, le présent RTM n'interdit en aucun cas l'addition de perfectionnements (direction active par exemple) sur des véhicules, tant qu'ils gardent la capacité de produire des moments de lacet au moyen de couples de freinage lorsque cela est nécessaire. Les véhicules en question doivent donc continuer d'utiliser un système ESC basé sur le freinage comme moyen fondamental d'assurer la stabilité, car les freinages, qui sont plus perceptibles pour le conducteur, gardent leur efficacité dans des situations où des mouvements de direction plus discrets pourraient ne pas être suffisamment efficaces. En l'absence de données permettant d'évaluer l'efficacité de ces nouveaux procédés de remplacement potentiel pour les systèmes ESC, il ne serait pas judicieux à ce stade d'abandonner les prescriptions concernant des systèmes basés sur le couple de freinage dont les avantages considérables ont été prouvés, au profit de concepts qui n'ont pas encore fait la preuve qu'ils apportaient un quelconque avantage en matière de sécurité.

prescriptions par les industriels soit purement théorique et qu'il n'est donc pas nécessaire de formuler une définition de l'ESC.

¹⁶ Par «couple d'entraînement», on entend une force appliquée par le moteur par l'intermédiaire de la transmission en vue d'accroître la vitesse de rotation d'une roue par rapport aux autres, à l'inverse du «couple de freinage», qui consiste à freiner une roue pour la faire tourner plus lentement que les autres. L'une ou l'autre force peut être utilisée par l'ESC en vue de modifier le cap du véhicule, mais le couple de freinage a l'avantage supplémentaire de contribuer à ralentir le véhicule.

¹⁷ Liebemann *et al.*, Safety and Performance Enhancement: The Bosch Electronic Stability Control (ESP), 2005 ESC Conference.

59. En outre, pour tous ces autres composants annexes à l'ESC (y compris le «contrôle de stabilité en roulis»¹⁸), on manque de données permettant d'évaluer leur efficacité et de déterminer si ces technologies répondent aux exigences en matière de sécurité. Les éléments conceptuels fondamentaux, pour les systèmes ESC pris en compte dans les études utilisées pour élaborer le règlement, étaient l'application des freins sur chaque roue et la régulation du moteur, et au moins une association représentant l'industrie automobile (*Verband der Automobilindustrie*) a déclaré que la définition de l'ESC répondait effectivement à l'état de la technique. En ce qui concerne certains types plus récents d'ESC qui incluent des fonctions

¹⁸ Par «contrôle de stabilité en roulis», on entend une fonction consistant à mesurer l'angle de roulis de la carrosserie d'un véhicule et à appliquer une force de freinage élevée à la roue avant extérieure afin de redresser la trajectoire du véhicule en courbe et de réduire ainsi l'accélération latérale si l'angle de roulis approche du point de renversement.

Le contrôle de stabilité en roulis, cependant, n'a joué aucun rôle dans la réduction considérable des renversements dans les accidents de véhicules seuls qui a atteint 71 % pour les berlines et 84 % pour les SUV. Aucun des véhicules recensés dans l'étude des données d'accidents de la NHTSA n'était en effet équipé de cette fonction; cette étude visait à analyser les avantages du contrôle de stabilité en lacet. Le premier véhicule équipé du contrôle de stabilité en lacet a été le Volvo XC90 (2003), qui n'était pas inclus dans l'étude parce qu'il s'agissait d'un véhicule nouveau, sans version non équipée de l'ESC qui puisse servir de véhicule témoin. En outre, comme il s'agit d'un véhicule produit en petite série, il aurait donné un échantillon réduit dans les données d'accidents 1997-2003 servant de base à l'étude. Un système semblable de contrôle de stabilité en roulis est cependant utilisé sur les modèles Ford Explorer, qui sont produits en grande série, depuis 2005, et l'on peut s'attendre à ce qu'il y ait ultérieurement des statistiques suffisamment abondantes sur ce modèle pour permettre d'évaluer l'efficacité de cette fonction par l'analyse des données d'accidents (d'ici trois à quatre ans).

Étant donné cependant que l'étude a démontré que le contrôle de stabilité en lacet réduisait les renversements des SUV de 84 % en prévenant les sorties de route et en atténuant leur gravité, et que les renversements sur route non causés par un obstacle sont beaucoup plus rares, la proportion d'accidents pouvant éventuellement être prévenue par le contrôle de la stabilité en roulis risque d'être faible. Bien entendu, s'il devient éventuellement possible de démontrer que le contrôle de stabilité en roulis est efficace au regard de son coût, on pourra envisager de l'inclure dans le présent RTM.

En outre, la contrepartie des gains apportés par cette fonction n'est pas tout à fait négligeable, au moins théoriquement. Cette fonction réduit l'accélération latérale en élargissant la trajectoire du véhicule par rapport à celle voulue par le conducteur, au moins sur une courte distance. Plusieurs participants ont exprimé de sérieuses réserves à propos d'un dispositif de sécurité obligatoire qui implique que le conducteur cède, au moins en partie, la maîtrise du véhicule à un ordinateur (par exemple, lorsque la régulation moteur de l'ESC agit de façon prioritaire par rapport au signal à la commande de gaz donné par le conducteur). Il s'agit là d'une critique erronée du système pur de contrôle de la stabilité en lacet, car en fait ce système, ce faisant, aide le véhicule à aller dans la direction où le conducteur le dirige. Néanmoins, le principe de prescrire des systèmes qui agissent en fait à l'encontre des signaux à la commande de direction donnés par le conducteur ne peut être justifié que par des arguments très sérieux, objection qui ne peut pas encore être levée dans le cas du contrôle de stabilité en roulis, compte tenu de la nouveauté de cette technologie et du manque résultant de données.

supplémentaires, il n'a pas été possible de déterminer les avantages éventuels de ces fonctions pour la sécurité, car elles n'étaient présentes sur aucun des véhicules équipés de l'ESC pris en compte dans l'étude sur les données d'accidents. Il est à noter en outre que certaines de ces fonctions visent à améliorer le confort et la commodité d'emploi et non pas la sécurité.

60. À la lumière des considérations qui précèdent, on a conclu qu'il n'y avait pas de raison valable de retarder l'utilisation des systèmes ESC de base, compte tenu du nombre de vies humaines qu'ils permettent de sauver, jusqu'à ce que les recherches nécessaires aient pu être effectuées pour évaluer toute une série de composants annexes. Par conséquent, plutôt que d'inclure des composants supplémentaires dans le cadre de la définition de l'ESC dans le règlement, on laisse au constructeur la faculté d'adapter spécifiquement les caractéristiques de chaque ESC aux besoins d'un véhicule donné. Le présent RTM ne limite aucunement la faculté du constructeur de mettre au point, d'installer et de promouvoir commercialement des systèmes de contrôle de stabilité excédant les prescriptions.

61. Force est de reconnaître qu'en imposant l'ESC sous sa forme actuelle, qui a fait ses preuves, le présent RTM peut avoir une incidence indirecte sur des innovations technologiques futures et hypothétiques. Au cas où de nouveaux progrès techniques aboutiraient à des formes d'ESC différentes de celles actuellement prescrites par le règlement, les Parties contractantes pourront demander la modification du présent RTM. Il est à noter en outre que les constructeurs, qui sont directement soumis au règlement, ne se sont pas opposés à l'utilisation de la définition de l'ESC comme prescription première du présent RTM et que certains l'ont même positivement soutenue.

i) Période d'initialisation de l'ESC

62. La plupart des systèmes ESC ont en général besoin d'être brièvement initialisés après chaque nouveau cycle de mise du contact, temps pendant lequel l'ESC n'est pas activé parce qu'il exécute des contrôles de diagnostic et des actualisations de corrélation des signaux des capteurs. D'après les fournisseurs de systèmes ESC, la durée de cette initialisation dépend de plusieurs facteurs, y compris le kilométrage, la vitesse ou la grandeur des signaux. C'est pour tenir compte de ce délai que le règlement stipule que l'ESC n'a pas à être actif en dessous de 20 km/h. Ainsi, le fabricant de l'ESC dispose d'une courte période, entre le moment où le contact du véhicule est mis et le moment où la vitesse du véhicule atteint puis dépasse 20 km/h, pour initialiser l'ESC. Le processus d'initialisation de cette fonction est à de nombreux égards semblable au processus d'initialisation de l'ABS. Avec les systèmes ABS, l'initialisation est normalement terminée au moment où le véhicule atteint une vitesse de 5 à 9 km/h. En fixant le seuil à 20 km/h, on devrait donc laisser un délai suffisant pour initialiser l'ESC.

63. Des représentants de l'industrie automobile ont souligné que certains types de contrôle de diagnostic ne peuvent pas être exécutés tant que le véhicule ne prend pas un virage ou ne circule pas à une vitesse relativement élevée. En conséquence, la procédure d'essai du règlement a été conçue pour permettre ces types de contrôle. Le fabricant de l'ESC peut supposer qu'il fonctionne normalement et activer le système lorsque le véhicule rencontre des situations de circulation permettant d'exécuter ces contrôles de diagnostic.

ii) Réglage de l'ESC

64. Déterminer quand l'ESC doit intervenir implique un choix complexe entre l'efficacité et la discrétion de l'intervention. Une des difficultés majeures de la mise au point des algorithmes de contrôle de l'ESC consiste à prévoir quand une situation de perte de maîtrise du véhicule peut se produire. La manœuvre d'essai «Sinus avec palier» (Sine with Dwell) appliquée à la commande de direction et les critères fonctionnels de stabilité latérale et de réactivité servant à évaluer le comportement du véhicule lors de l'essai offrent un excellent moyen d'évaluer l'efficacité du système ESC pour tous les véhicules légers. Un système ESC, s'il répond à ces prescriptions fonctionnelles minimales, devrait fonctionner de manière efficace dans des conditions réelles.

2) Détection des défauts de fonctionnement

65. Étant donné que les avantages du système ESC ne peuvent être réalisés que si celui-ci fonctionne correctement, le système doit avoir la capacité de détecter les défauts de fonctionnement et d'alerter le conducteur (par l'allumage d'un témoin comme décrit ci-dessous). Le règlement prescrit que le véhicule doit être équipé d'un témoin qui prévienne le conducteur deux minutes au plus tard après l'apparition d'un ou de plusieurs défauts de fonctionnement qui affectent la production ou la transmission de signaux de commande ou de réaction dans le système ESC. Il énonce également les prescriptions supplémentaires suivantes ayant trait à la détection des défauts de fonctionnement.

66. Le témoin de défaut de fonctionnement de l'ESC doit être installé dans l'habitacle devant le conducteur, bien en vue de ce dernier, et porter le symbole correspondant indiqué dans le règlement. Ce témoin doit demeurer allumé de façon continue dans les conditions définies dans le règlement aussi longtemps que le défaut subsiste, toutes les fois que la commande de contact est sur la position «Marche»; en outre, sauf autres dispositions, tout témoin de défaut de fonctionnement de l'ESC doit s'allumer, pour un contrôle du fonctionnement de la lampe, soit quand la commande de contact est 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. Le témoin de défaut de fonctionnement de l'ESC n'a pas à s'allumer lorsqu'un système antidémarrage est activé. Il doit s'éteindre lorsque le défaut de fonctionnement a été corrigé. Les constructeurs peuvent faire fonctionner le témoin en mode clignotant pour indiquer que l'ESC est en phase active.

i) Types de défauts de fonctionnement à détecter

67. Les composants du véhicule qui doivent être soumis à la détection des défauts de fonctionnement devraient être déterminés de façon rationnelle. De manière simplifiée, si un défaut de fonctionnement du véhicule «affecte la production ou la transmission de signaux de commande ou de réaction dans le système de contrôle de stabilité du véhicule», il doit pouvoir être détecté par l'ESC. En d'autres termes, si le défaut de fonctionnement a une incidence sur l'aptitude de l'ESC à remplir sa fonction, le système ESC doit pouvoir le détecter. En cas de composants communs ou connectés entre eux, il n'est nécessaire de détecter le défaut de fonctionnement que dans la mesure où il peut affecter le fonctionnement du système ESC. Manifestement, les constructeurs sont les mieux placés pour savoir quels composants du véhicule interviennent dans le fonctionnement de l'ESC.

ii) Questions d'exécution pratique se posant à propos de la détection des défauts de fonctionnement de l'ESC

68. Dans le règlement, il est précisé que les mises hors circuit et en circuit de composants de l'ESC doivent être faites contact coupé pour prévenir les risques de chocs électriques pour les techniciens.

69. Dans le présent RTM, on a voulu faire en sorte que les défauts soient détectés dans un délai raisonnable après la mise en marche. Il est spécifié expressément que le véhicule doit être conduit pendant la durée proposée de deux minutes, de manière que toutes les parties du système de détection de défaut qui dépendent du mouvement du véhicule puissent fonctionner.

70. En outre, en réponse à une demande des constructeurs, le présent RTM précise que la fonction de surveillance du système ESC n'a pas à être maintenue lorsque le contact du véhicule est coupé et qu'il n'est pas nécessaire de prescrire que le témoin doit s'éteindre exactement quand commence le cycle de mise du contact suivant.

iii) Utilisation du témoin de défaut de fonctionnement de l'ESC pour indiquer les défauts de fonctionnement de systèmes ou fonctions annexes

71. Les constructeurs souhaiteraient être autorisés à utiliser le témoin de défaut pour 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 encore 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 (en faisant valoir que le vendeur ou le réparateur peut ensuite déterminer le système qui présente un défaut de fonctionnement et en informer le propriétaire). Compte tenu en particulier de la place limitée disponible sur le tableau de bord pour l'installation de témoins supplémentaires, il a été décidé qu'un seul témoin de défaut de fonctionnement concernant l'ensemble des systèmes de sécurité d'un véhicule en matière de stabilité donnerait au conducteur des informations suffisantes, et qu'il serait un moyen efficace de prévenir celui-ci qu'un défaut de fonctionnement est survenu et qu'il pourrait être nécessaire de le faire diagnostiquer et corriger par un atelier de réparation. En conséquence, le symbole de défaut de fonctionnement de l'ESC pourra être aussi utilisé pour indiquer des défauts de systèmes ou fonctions annexes y compris l'antipatinage, le stabilisateur de remorque, le contrôle des freins en virage, ou encore 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) Prescriptions relatives au témoin

i) Témoin de défaut de fonctionnement

72. Étant donné que les gains apportés par le système ESC peuvent seulement être réalisés si le système fonctionne correctement, un témoin de défaut de fonctionnement doit être installé dans l'habitacle devant le conducteur et bien en vue de celui-ci. Ce témoin doit porter le symbole ISO ou la mention ci-dessous:

<u>SYMBOLE</u>	<u>NOM OU ABRÉVIATION</u>	<u>COMMANDE</u>	<u>COULEUR</u>
	ESC	Témoin	Jaune

73. Le témoin de défaut de fonctionnement de l'ESC doit s'allumer lorsque l'émission ou la transmission des signaux de commande ou de réaction présentent un ou plusieurs défauts de fonctionnement. Il doit émettre suffisamment de lumière pour être vu par le conducteur, aussi bien en conduite de jour que de nuit, une fois que ce dernier s'est adapté aux conditions d'éclairage ambiantes. Le témoin doit demeurer allumé de manière continue aussi longtemps que le défaut de fonctionnement subsiste, dès que la commande de contact du véhicule est sur la position «Marche». Le témoin doit s'éteindre lors du cycle de mise du contact suivant après la rectification du défaut.

74. Sauf prescription contraire, chaque témoin de défaut de fonctionnement doit s'allumer pour le contrôle du fonctionnement de la lampe, soit lorsque la commande de contact est mise sur la position «Marche» alors que le moteur est à l'arrêt, soit lorsqu'elle est sur une position intermédiaire entre «Marche» et «Démarrage» prévue par le constructeur comme position de contrôle. (La prescription relative au contrôle de la lampe ne s'applique pas aux témoins figurant sur un espace d'affichage commun.) En outre, le témoin de défaut de fonctionnement de l'ESC n'a pas à s'allumer lorsqu'un système antidémarrage est activé.

75. Le constructeur peut utiliser le témoin de défaut de fonctionnement de l'ESC en mode clignotant pour indiquer que l'ESC est en phase active.

ii) Marquage du témoin

76. En ce qui concerne le marquage que doit porter le témoin de défaut de fonctionnement de l'ESC, il est prévu que le présent RTM laisse aux constructeurs le choix en ce qui concerne la mention à utiliser pour désigner le témoin, tout en veillant à l'uniformité du message. Au fur et à mesure que l'ESC sera mieux connu des conducteurs, la solution consistant à utiliser les lettres «ESC» plutôt que des abréviations propres aux constructeurs favorisera l'identification du témoin par le conducteur. C'est pourquoi le règlement permet aux constructeurs d'utiliser, s'ils le souhaitent, les lettres «ESC» à la place du symbole ISO.

77. Compte tenu de l'importance qu'il y a à mieux faire comprendre aux conducteurs la fonction de l'ESC et à les sensibiliser à la présence ou non de celui-ci sur le véhicule, certains participants ont recommandé de combiner le symbole ISO et l'acronyme ESC. Étant donné que les conducteurs doivent de toute façon apprendre à connaître la signification de tout témoin utilisé par les constructeurs pour désigner l'ESC, il n'est pas nécessaire à ce stade de prescrire expressément un témoin portant à la fois le symbole et le sigle, et rien ne prouve que la solution combinant les deux soit plus efficace que l'utilisation de l'un ou de l'autre. Avec le temps, on peut s'attendre à ce que la plupart des conducteurs apprennent à mieux connaître la signification des témoins figurant au

tableau de bord, et à ce que le symbole et l'abréviation puissent être utilisés indifféremment. Compte tenu toutefois des préoccupations exprimées par les constructeurs en ce qui concerne la place limitée disponible sur le tableau de bord pour la mise en place de témoins, il est jugé admissible de compléter le symbole ISO par l'addition du sigle «ESC».

iii) Utilisation des centres d'affichage de messages ou d'informations

78. Il convient de noter que dans le cas où l'abréviation correspondant au témoin de défaut de fonctionnement de l'ESC est présentée sur le centre d'affichage de messages ou d'informations du véhicule (parfois désigné «espace d'affichage commun»), les prescriptions du Règlement concernant le témoin doivent continuer d'être respectées et le message d'avertissement ne doit pas être occulté par un message d'avertissement postérieur tant que le défaut de fonctionnement n'a pas été rectifié.

iv) Prescriptions concernant la couleur

79. L'utilisation des centres d'affichage de messages ou d'informations pour signaler un défaut de fonctionnement de l'ESC est admissible pour autant que les prescriptions du règlement soient respectées, y compris la prescription concernant la couleur jaune. Celle-ci prévoit que la couleur jaune doit être utilisée pour informer le conducteur d'un défaut de fonctionnement d'un système du véhicule qui ne nécessite pas de réparation immédiate. L'Organisation internationale de normalisation (ISO), dans la norme intitulée «Véhicules routiers – Symboles pour les commandes, indicateurs et témoins» (ISO 2575:2004(E)), prescrit cette pratique en définissant comme suit la signification de la couleur jaune: «Jaune ou ambre: prudence, fonctionnement hors des limites normales d'utilisation, mauvais fonctionnement d'un système du véhicule, dommages probables pour le véhicule ou autres conditions pouvant entraîner un danger à plus long terme». Dans les prescriptions relatives à l'ESC, le signal d'avertissement jaune a été délibérément choisi pour informer le conducteur d'un défaut de fonctionnement du système ESC. Cette condition doit impérativement être respectée pour indiquer clairement au conducteur le degré d'urgence avec lequel il doit prendre des mesures pour corriger le défaut de fonctionnement de ce système de sécurité important.

v) Stratégie relative à l'allumage du signal

80. Certains systèmes ESC actuels appliquent une logique de commande telle que le témoin «ESC OFF» s'allume toutes les fois que le témoin de défaut de fonctionnement de l'ESC est allumé. En cas de défaut de fonctionnement de l'ESC, le constructeur peut opter pour l'allumage du témoin «ESC OFF» ou l'affichage de la mention «ESC OFF» dans le centre d'affichage de messages ou d'informations, en plus de l'allumage du témoin proprement dit de défaut de fonctionnement de l'ESC, pour bien indiquer au conducteur que l'efficacité de l'ESC est réduite du fait de la défaillance d'un ou plusieurs de ses composants. Par contre, lorsque l'ESC a été manuellement désactivé par le conducteur, l'allumage des deux témoins n'est pas nécessaire, à moins qu'il n'existe un défaut de fonctionnement réel de l'ESC. Il faut faire une exception pour les témoins en deux parties (voir sect. xiii ci-après). Dans de tels cas, en effet, un système ESC délibérément désactivé par le conducteur au moyen de la commande appropriée ne présente pas de défaut de fonctionnement, et fonctionne en fait correctement. L'application d'une telle stratégie d'allumage pourrait être une source de confusion pour le conducteur, et en conséquence nuire à la confiance que celui-ci a dans l'ESC.

vi) Extinction du témoin

81. Pour ce qui est de l'extinction du témoin, le présent RTM ne doit pas être interprété comme impliquant que tous les défauts de fonctionnement de l'ESC exigent des mesures correctives de la part d'un tiers (représentant de la marque ou atelier de réparation). Il existe en fait de nombreux cas dans lesquels une intervention extérieure n'est pas nécessaire pour ramener l'ESC à son état normal de fonctionnement, comme par exemple lorsqu'un capteur peut être désactivé temporairement et recommencer à fonctionner ensuite.

vii) Emplacement du témoin

82. Bien que certains participants aient suggéré que le règlement prescrive que le voyant approprié soit placé parmi les indicateurs principaux du véhicule, à un endroit où son message serait mieux en évidence que sur la console centrale du véhicule (sur laquelle sont normalement placées les commandes de l'appareil radio et de la climatisation), il n'est pas nécessaire d'appliquer une prescription aussi restrictive en ce qui concerne l'emplacement. Les prescriptions formulées dans le règlement selon lesquelles le témoin de défaut de fonctionnement de l'ESC «doit être placé bien en vue du conducteur, en position de conduite et attaché» devraient être suffisamment rigoureuses pour garantir que les constructeurs placent le témoin de défaut de fonctionnement de l'ESC dans un emplacement raisonnable.

4) Interrupteur et témoin facultatifs de désactivation de l'ESC

83. Dans certaines conditions, les conducteurs peuvent avoir des raisons valables de désactiver l'ESC ou de limiter sa plage d'intervention, comme par exemple lorsque le véhicule est enlisé dans le sable ou le gravier, doit rouler avec des chaînes à neige, ou doit circuler sur piste à grande vitesse. C'est pourquoi, dans le cadre du présent RTM, les constructeurs peuvent monter sur le véhicule un interrupteur actionné par le conducteur qui met le système ESC sur un mode où il ne satisfait plus aux prescriptions d'efficacité du règlement (par exemple lorsque le véhicule est équipé de chaînes à neige, qu'il est enlisé dans du sable, de la boue, de la neige ou de la glace, qu'il est équipé d'une roue de secours type «galette» ou de pneus de dimensions dépareillées ou qu'il est en mode désactivé). Si toutefois le constructeur choisit cette solution, il doit veiller à ce que l'ESC retourne toujours par défaut au mode activé (c'est-à-dire le mode offrant la plus grande marge d'efficacité par rapport aux prescriptions) lors de tout nouveau cycle de mise du contact, quel que soit le mode précédemment sélectionné par le conducteur (à l'exception, dans certains cas, de modes de transmission spéciaux pour marche en tout terrain sur des rapports courts).

84. Si le constructeur choisit cette solution, il doit en outre prévoir une commande et un témoin «ESC OFF» installé dans l'habitacle devant le conducteur et bien en vue de celui-ci. La fonction de ce témoin est de signaler au conducteur que le véhicule a été mis sur un mode qui ne lui permet pas de satisfaire aux prescriptions du règlement. Le témoin «ESC OFF» doit être signalé par le symbole (symbole ISO J.14 avec le mot anglais «OFF») ou la mention suivante:

<u>SYMBOLE</u>	<u>MOT OU ABRÉVIATION</u>	<u>COMMANDE</u>	<u>COULEUR</u>
	ESC OFF	Témoin Commande (éclairée)	Jaune ...

85. Le témoin doit demeurer allumé de manière continue aussi longtemps que l'ESC est sur un mode qui ne lui permet pas de satisfaire aux prescriptions d'efficacité du règlement, dans tous les cas où la commande de contact est sur la position «Marche». Sauf dans les cas prévus dans le présent règlement, tout témoin «ESC OFF» doit s'allumer pour le contrôle de la lampe, soit lorsque la commande de contact est sur la position «Marche» et que le moteur ne tourne pas, soit lorsqu'elle est sur une position intermédiaire entre «Marche» et «Démarrage» prévue par le constructeur comme position de contrôle. Le témoin «ESC OFF» n'a pas à être allumé lorsqu'un système antidémarrage est activé. Il doit s'éteindre lorsque le système ESC est retourné par défaut en mode activé.

86. Plusieurs participants ont évoqué des questions particulières se rapportant à la commande et au témoin «ESC OFF», qui sont exposées et prises en compte ci-dessous.

i) Désactivation du système et commande «ESC hors fonction»

87. La plupart des participants se sont déclarés favorables à la décision d'autoriser les constructeurs à installer sur les véhicules des interrupteurs «ESC hors fonction», en soulignant qu'il pouvait être nécessaire au conducteur de désactiver le système ESC dans certaines situations, comme lorsque le véhicule est enlisé dans la boue ou dans la neige, ou lorsqu'une roue de secours compacte, des pneumatiques de tailles différentes ou des chaînes à neige sont montés sur le véhicule.

88. Par contre, les représentants de certaines associations militant pour la sécurité se sont inquiétés des risques injustifiés que pouvaient faire courir aux constructeurs les interrupteurs de mise hors fonction de l'ESC, en particulier lorsque cette mise hors fonction est effectuée pour rendre la conduite «plus sportive» ou pour la participation à des compétitions; la petite minorité de conducteurs concernés pouvaient désactiver le système ESC par d'autres moyens (non précisés). Certains ont fait valoir que si l'on autorisait la désactivation du système ESC, cela pourrait faire perdre les avantages du système ESC sur de grandes distances ou pendant de longues périodes jusqu'au prochain cycle de mise du contact et que la mise hors fonction du système ESC pourrait aussi désactiver le système ABS, au détriment de la sécurité du véhicule. En revanche, une association a fait valoir qu'il serait peut-être superflu d'autoriser la désactivation du système ESC, lorsque celui-ci peut fonctionner conjointement avec le système antipatinage, ou que si les interrupteurs de désactivation devaient être autorisés, cette opération devrait nécessiter soit 1) une action prolongée sur l'interrupteur, soit 2) une séquence d'actions sur l'interrupteur.

89. Après examen de ces considérations, il a néanmoins été conclu que la présence d'une disposition dans le présent RTM autorisant une commande désactivant temporairement le

système ESC serait favorable à la sécurité. L'argumentation en faveur de cette conclusion est exposée ci-dessous.

90. Il existe des situations de circulation dans lesquelles la fonction ESC peut ne pas être bénéfique, en particulier dans les conditions hivernales (circulation avec des chaînes à neige, démarrage en neige profonde). L'ESC détermine la vitesse de déplacement du véhicule d'après la vitesse de rotation des roues et non pas au moyen d'un accéléromètre ou autre capteur du même genre. Bien que dans le présent RTM il soit seulement prescrit que l'ESC doit fonctionner aux vitesses de déplacement égales ou supérieures à 20 km/h, certains constructeurs pourraient choisir de concevoir leur système ESC pour qu'il fonctionne à des vitesses inférieures. Les conducteurs essayant de dégager leur véhicule enlisé dans la neige profonde pourraient provoquer un patinage des roues semblant indiquer une vitesse de déplacement suffisamment élevée pour causer l'intervention de l'ESC, ce qui contrarierait les efforts du conducteur pour dégager le véhicule.

91. En second lieu, on a exprimé la préoccupation que s'il n'était pas prévu une commande permettant aux conducteurs de désactiver l'ESC lorsqu'ils le voulaient, certains conducteurs pourraient trouver d'eux-mêmes un moyen permanent de mettre l'ESC complètement hors fonction. La neutralisation permanente de ce système de sécurité important pourrait priver le conducteur des avantages du système ESC pendant toute la durée de service du véhicule. Par contre, les systèmes ESC, tels qu'ils sont conçus actuellement, continuent d'offrir certains avantages résiduels même lorsqu'ils sont en mode «hors fonction» et ils sont en outre réactivés au prochain cycle de mise du contact. En conséquence, il a été jugé que la prescription autorisant ce type de mise hors fonction temporaire serait la meilleure stratégie pour tenir compte de ces cas.

92. À propos de l'idée exprimée selon laquelle il pourrait être superflu d'autoriser la désactivation de l'ESC si les systèmes ESC peuvent fonctionner conjointement avec les systèmes antipatinage, il n'a pas été jugé que cela constituait un argument valable pour interdire la désactivation. Le présent RTM énonce les prescriptions concernant l'ESC, et non pas les systèmes antipatinage, pour les nouveaux véhicules. Par contre, pour les véhicules équipés d'un système ESC mais non d'un système antipatinage, la désactivation pourrait être nécessaire dans certaines situations, comme il a été décrit ci-dessus.

ii) Commande de désactivation complète de l'ESC

93. Certains participants ont proposé que, pour certains modèles de voitures de sport, le règlement prévoit un mode distinct (éventuellement activé par une commande) qui donnerait au conducteur la possibilité, lorsqu'il le désire, de désactiver complètement l'ESC pour l'usage du véhicule sur circuit de compétition. Un tel mécanisme, tel qu'il était décrit, désactiverait complètement et de manière permanente le système ESC du véhicule en mettant hors fonction tous les sous-systèmes qui interviennent dans le comportement du véhicule (avec quelques exceptions, telles que le système ABS lorsque le conducteur souhaite le maintenir activé).

94. Étant donné que le présent RTM autorise, sans le prescrire, l'existence d'un interrupteur «ESC hors fonction», et ne spécifie pas dans quelle mesure la fonction ESC peut être réduite au moyen d'un interrupteur, les constructeurs ont toute latitude pour mettre à la disposition des conducteurs un interrupteur permettant de désactiver complètement l'ESC. Cela ne dispense évidemment pas le système ESC de revenir au mode par défaut au début de chaque nouveau

cycle de mise du contact, comme le prescrit le paragraphe 5.5.1. Si le constructeur choisit cette solution, trois possibilités s'offrent: 1) une seule et même commande servant uniquement à activer ou désactiver la fonction ESC; 2) une commande, par exemple rotative, servant à placer le système ESC dans différents modes, dont un au moins risque de ne plus satisfaire aux prescriptions d'efficacité; et 3) une commande relevant d'un autre système qui a pour effet annexe de mettre l'ESC sur un mode sur lequel il ne satisfait plus aux prescriptions d'efficacité.

iii) Fonctionnement de l'ESC après une défaillance et neutralisation de la commande «ESC hors fonction»

95. Certains représentants ont dit redouter que lorsqu'un défaut de fonctionnement de l'ESC est détecté, certains conducteurs risquent d'actionner la commande «ESC hors fonction» (si elle existe). Or tous les défauts de fonctionnement de l'ESC ne rendent pas nécessairement celui-ci totalement inefficace et il peut donc y avoir des avantages à ce que le système reste actif dans ce cas. Il a donc été proposé que les constructeurs puissent neutraliser la commande «ESC hors fonction» dans les cas où un défaut de fonctionnement de l'ESC était signalé, ou dans d'autres situations particulières. On a fait valoir que, dans ces cas, les avantages du fonctionnement de l'ESC sont plus importants que la capacité de désactiver le système, et l'on a souligné que, la commande «ESC hors fonction» étant admise dans la mesure où le constructeur le juge bon, celui-ci devrait aussi pouvoir choisir de limiter dans certains cas l'action de cette commande.

96. Il est logique à ce propos de considérer que, si le constructeur autorise à désactiver le système ESC dans certains cas, rien ne l'oblige à l'autoriser dans tous les cas. S'il estime que dans certaines situations on ne doit pas pouvoir désactiver le système, il doit être autorisé à neutraliser l'action de la commande «ESC hors fonction». Le cas dans lequel il survient un défaut de fonctionnement du système et où le conducteur actionne alors la commande «ESC hors fonction» est un exemple d'une telle situation; dans de tels cas, on peut partir de l'hypothèse que le conducteur souhaiterait en fait garder les avantages du fonctionnement de l'ESC lorsqu'il conduit, et donc que son action de désactiver le système, apparemment inefficace, est plutôt un geste automatique qu'une décision raisonnée de renoncer aux avantages résiduels apportés par le système en dépit du défaut de fonctionnement. Il n'est pas rationnel non plus de prescrire que le système doit demeurer désactivé si le constructeur estime que la situation nécessite de réactiver l'ESC. Le texte des prescriptions du règlement a été rédigé de manière à tenir compte de ces principes.

iv) Mode par défaut «ESC en fonction»

97. Le présent RTM admet que dans certaines situations la désactivation de l'ESC peut se justifier (cas des véhicules enlisés dans la neige ou la boue), mais ils objectaient à ce que le système puisse demeurer désactivé jusqu'au prochain cycle de mise du contact (retour au mode par défaut «ESC en fonction» lors du démarrage du véhicule). On a fait valoir que le conducteur pourrait oublier de réactiver l'ESC pendant le reste du trajet en cours en coupant le contact et en le remettant, et que le fait de devoir attendre le prochain cycle de mise du contact pour que le système se réactive représentait une perte excessive en matière de sécurité. Il a été proposé de prescrire dans le règlement que, lorsqu'il a été désactivé, le système ESC doit se réactiver lorsque le véhicule atteint une vitesse de 40 km/h (ou après un certain délai ou par un autre système automatique).

98. En réponse, il a été souligné que le règlement prescrit que les systèmes ESC doivent obligatoirement retourner sur un mode tel qu'ils satisfassent aux prescriptions du règlement lors de tout cycle nouveau de mise du contact, mais que rien n'empêche les constructeurs d'équiper leurs véhicules de systèmes ESC qui retournent au mode conforme plus tôt, par un moyen automatique tenant compte de la vitesse ou du temps écoulé.

v) Fonctionnement du véhicule en modes quatre roues motrices

99. Plusieurs représentants de l'industrie automobile ont déclaré qu'il existait des cas où le système ESC ne pourrait pas retourner au mode par défaut «ESC en fonction» au prochain cycle de mise du contact. On a cité en exemple certains modes de fonctionnement du véhicule dans lesquels le conducteur souhaite optimiser la traction du véhicule et non pas la stabilité (crabotage quatre roues motrices/vitesses longues, crabotage quatre roues motrices/vitesses courtes, verrouillage des différentiels avant/arrière). Ces participants ont demandé qu'une exception soit prévue dans le présent RTM pour les cas où le conducteur a choisi des modes ESC pour le fonctionnement en quatre roues motrices/vitesses courtes, ou a verrouillé les différentiels du véhicule, ou a choisi d'autres modes de transmission du véhicule pour l'usage spécialisé en tout terrain. D'après eux, la transition vers l'un de ces modes se faisait mécaniquement et ne pouvait donc pas retourner automatiquement sur le mode activé à chaque nouveau cycle de mise du contact. Ils ont fait valoir, en outre, que cette approche serait compatible avec les impératifs de la sécurité étant donné que les conditions de fonctionnement, lorsque le véhicule utilise ces modes, correspondent en général à la marche à basse vitesse. On a ajouté que dans ces cas, le témoin «ESC OFF» devrait s'allumer, pour rappeler au conducteur que le système ESC n'est pas activé. Ils ont aussi fait valoir que lorsqu'un véhicule est utilisé en mode quatre roues motrices/rapports longs et crabotage inter-ponts enclenché, afin de gagner en stabilité sur des routes enneigées, ensablées ou boueuses, il ne devrait pas être soumis aux prescriptions en matière de stabilité et de réactivité des paragraphes 5.1 et 5.2, étant donné que son ESC a été «optimisé» pour ce type de conduite, et que revenir en mode activé lors des cycles de mise du contact suivants n'apporterait rien du point de vue de la sécurité dans les conditions de conduite où c'est précisément le mode 4 x 4/rapports longs qui serait approprié.

100. Il apparaît logique que lorsqu'un véhicule a été délibérément mis sur un mode spécifiquement conçu pour améliorer la traction en circulation à petite vitesse en tout terrain, par des moyens mécaniques (par exemple manettes ou interrupteurs) et que, sur ce mode, l'ESC est toujours désactivé, cela n'aurait pas beaucoup de sens de prescrire que l'ESC retourne au mode activé à chaque nouveau cycle de mise du contact. Dans ces cas, il apparaît plus rationnel de maintenir l'ESC désactivé, ce qui n'aurait aucune incidence notable sur la sécurité puisque dans ces conditions-là on utilise les rapports courts. En outre, lorsque les conditions de conduite sont telles que le conducteur doit rouler en quatre roues motrices/rapports longs, si ce véhicule en est équipé, on ne gagne guère en sécurité en prescrivant que l'ESC doive revenir en mode activé lors du cycle de mise du contact suivant. Cependant, un système ESC optimisé pour l'utilisation d'un véhicule en mode quatre roues motrices/rapports longs devrait pouvoir satisfaire aux prescriptions en matière de stabilité, sinon en matière de réactivité, puisque cette configuration est précisément conçue pour améliorer la stabilité et réduire la réactivité dans l'intérêt de la sécurité. C'est pourquoi le présent RTM stipule dorénavant que «il est inutile que le système ESC du véhicule retourne à un mode qui satisfasse aux prescriptions des paragraphes 5 à 5.3 au début de chaque nouveau cycle de mise du contact si: a) le mode choisi par le conducteur est conçu pour rouler sur des rapports courts, en tout terrain, et que la vitesse du véhicule est limitée

par un réducteur; ou b) le mode choisi par le conducteur est conçu pour utiliser des rapports longs sur le sable, la boue ou la neige et sert à coupler les essieux avant et arrière, à condition que dans ce mode le véhicule satisfasse aux prescriptions de stabilité des paragraphes 5.1 et 5.2, dans les conditions d'essai définies au paragraphe 6».

vi) Marquage de la commande de désactivation de l'ESC

101. Les représentants de l'industrie automobile ont reconnu que la commande de désactivation de l'ESC devrait être marquée, mais qu'il faudrait laisser aux constructeurs une certaine latitude sur la mention à y apposer. Ils ont déclaré qu'il n'était pas nécessaire de normaliser ce marquage étant donné que les constructeurs donnent aux conducteurs des renseignements plus précis sur le mode de fonctionnement de l'ESC lorsque celui-ci se trouve sur un autre mode que le mode activé, par défaut. En d'autres termes, ils font valoir que comme les constructeurs mettent à la disposition du conducteur un témoin qui s'allume chaque fois que l'ESC est sur un autre mode que le mode activé, ils devraient pouvoir améliorer le marquage de la commande de façon à faciliter pour le conducteur la compréhension des différents modes possibles (c'est-à-dire trouver une autre mention que «ESC OFF»).

102. Il est légitime de vouloir s'assurer que le conducteur sache dans quel mode se trouve l'ESC. Il serait donc avantageux d'encourager les constructeurs à choisir les modes ESC autres que le mode activé, mais seulement lorsque les conditions de conduite le justifient. Cependant, la commande normalisée de désactivation de l'ESC devrait être maintenue et les constructeurs devraient par conséquent y apposer soit la mention «ESC OFF» soit indiquer qu'il s'agit de la commande de désactivation de l'ESC et compléter cette explication par d'autres mentions ou symboles. Il existe toutefois une différence entre une commande strictement réservée à la désactivation de l'ESC (c'est-à-dire qui a pour seule fonction de mettre l'ESC dans un mode où il ne remplit plus ses fonctions et qui doit donc porter la mention «ESC OFF») et d'autres types de commandes.

103. Le premier cas considéré comme exclu est celui d'une commande qui a un but premier différent (une commande pour la sélection de la gamme basse quatre roues motrices/essieux crabotés), et qui doit désactiver le système ESC parce que celui-ci entrerait en pratique en conflit avec la fonction qu'elle contrôle. Dans ce cas, il en résulterait des risques de confusion si l'on ajoutait «ESC hors fonction» au marquage de celle-ci. Néanmoins, dans de tels cas, le témoin «ESC OFF» doit s'allumer pour informer le conducteur de l'état instantané du système ESC.

104. On peut aussi exclure la commande qui fait passer l'ESC à un mode moins efficace que le mode par défaut, mais qui continue de satisfaire aux critères d'efficacité du RTM. Dans ces cas, le constructeur peut signaler une telle commande par un marquage autre que «ESC hors fonction», et il est autorisé, sans y être obligé, à utiliser le témoin «ESC OFF» pour désigner les modes d'efficacité réduite qui continuent de satisfaire aux critères d'essai. Si cette commande est combinée à une autre commande qui place l'ESC dans un mode où il ne satisfait plus aux critères d'essai (une espèce de commande de mise hors fonction «spécialisée»), comme un interrupteur multimode, ce dernier doit porter la mention abrégée «ESC OFF» ou la mention en toutes lettres «ESC hors fonction».

vii) Emplacement de la commande de désactivation de l'ESC

105. Certains participants de l'industrie automobile ont demandé qu'il soit laissé aux constructeurs une certaine latitude dans l'emplacement choisi pour l'interrupteur «ESC hors fonction» pour les raisons ci-après. La première était que cet interrupteur serait rarement utilisé en conduite normale; la deuxième était que l'emplacement choisi pour cet interrupteur contribuerait à garantir que la désactivation de l'ESC est un acte délibéré du conducteur.

106. Pour les raisons exposées ci-après, l'emplacement de l'interrupteur «ESC hors fonction» doit être visible pour le conducteur et manœuvrable par celui-ci alors qu'il est à sa place et correctement retenu par sa ceinture de sécurité. Les commandes à main devraient être installées dans une position bien en vue du conducteur pour réduire le temps de recherche visuelle, la sécurité étant d'autant plus compromise que le conducteur détourne pendant longtemps la vue et l'attention de la route. En outre, l'existence d'une uniformité relative en ce qui concerne l'emplacement d'un modèle de véhicule à l'autre aidera le conducteur à identifier facilement l'interrupteur lorsqu'il fait connaissance avec un nouveau véhicule.

viii) Commande de désactivation de l'ESC pour les véhicules tractant une remorque

107. Le présent RTM n'oblige pas les véhicules capables de tracter une remorque à être équipés d'une commande de désactivation de l'ESC mais le permet à la discrétion du constructeur. La question de la sécurité des ensembles véhicule/remorque, cependant, est un domaine qui mérite une attention soutenue, et toute information additionnelle sur les possibilités de l'améliorer grâce aux technologies nouvelles est toujours bienvenue. Ainsi par exemple, certains systèmes ESC maintenant mis en vente comportent des algorithmes d'aide à la stabilisation de la remorque (TSA). Ceux-ci sont spécialement conçus pour aider à atténuer les oscillations en lacet qui peuvent se produire lorsque l'ensemble véhicule/remorque rencontre certaines conditions routières. Ces systèmes fonctionnent en utilisant le système ESC du véhicule tracteur pour freiner automatiquement celui-ci d'une manière telle que les oscillations en lacet de la remorque soient amorties avant qu'elles puissent prendre une amplitude qui cause une perte de maîtrise. L'évaluation de l'efficacité des systèmes de stabilisation des remorques (TSA) est un domaine dans lequel des recherches sont actuellement effectuées aux États-Unis.

ix) Marquage du témoin

108. Sur la base du même raisonnement que celui s'appliquant en ce qui concerne le marquage du témoin de défaut de fonctionnement de l'ESC, on a voulu laisser une certaine latitude aux constructeurs en autorisant des variantes de texte pour les témoins, tout en favorisant cependant l'uniformité du message. C'est pourquoi le règlement autorise l'utilisation du terme «ESC OFF» au choix du constructeur, au lieu du symbole ISO modifié.

x) Prescriptions relatives à la couleur

109. Pour les mêmes raisons que celles invoquées plus haut en ce qui concerne les prescriptions relatives à la couleur pour le témoin de défaut de fonctionnement de l'ESC, l'utilisation des centres de messages ou d'informations pour la présentation des informations prescrites pour l'ESC est admissible pour autant qu'il soit satisfait aux prescriptions du règlement (y compris la prescription concernant la couleur jaune). Étant donné que le fonctionnement de l'ESC sur un

mode autre que le «mode activé» correspond à la définition d'une «efficacité réduite», la prescription concernant la couleur jaune doit être respectée pour signaler un état de sécurité potentiellement dégradé au conducteur.

xi) Prescriptions concernant les conditions d'allumage du témoin «ESC OFF»

110. En réponse à une demande de représentants de l'industrie automobile, il doit être précisé que les prescriptions du règlement autorisent l'allumage du témoin «ESC OFF» toutes les fois que le système est sur un mode autre que le «mode activé», même si, sur ce mode, le système est encore apte à satisfaire aux prescriptions du règlement. Une telle stratégie appliquée à l'allumage du témoin pourra aider à rappeler au conducteur que le système ESC de son véhicule est sur un mode autre que le «mode activé» et l'inciter à revenir rapidement à ce dernier mode.

xii) Stratégie d'allumage du témoin «ESC OFF»

111. Lors de l'examen des dispositions concernant le témoin «ESC OFF», un constructeur de véhicules a demandé à ce qu'il soit précisé si la stratégie d'allumage suivante serait autorisée – lorsque l'ESC est désactivé par le conducteur; il y aurait alors: allumage du symbole ESC au tableau de bord (on peut supposer qu'il s'agit du symbole de défaut de fonctionnement de l'ESC et non pas du symbole «ESC OFF»), affichage d'un message «ESC hors fonction» sur le centre de messages ou d'informations, et allumage d'une diode lumineuse jaune (DEL) sur le bouton «ESC hors fonction», bien en vue du conducteur. Il a été jugé qu'une telle stratégie n'est pas admissible dans le cadre du RTM pour les raisons données ci-après.

112. Le règlement prévoit que le témoin de défaut de fonctionnement de l'ESC doit s'allumer «... lors de l'apparition de tout défaut de fonctionnement». Une désactivation manuelle de l'ESC par le conducteur ne constitue pas un défaut de fonctionnement. Pour éviter toute confusion pour le conducteur, il a été décidé que le témoin de défaut de fonctionnement de l'ESC peut seulement être utilisé lorsqu'il existe un défaut. Dans le cas considéré, si l'on autorisait l'allumage du témoin du défaut de fonctionnement de l'ESC simultanément avec le témoin «ESC OFF», le conducteur ne serait pas en mesure de déterminer si le système a été mis hors fonction ou si un défaut de fonctionnement est survenu. Pour cette raison, l'allumage de ces deux témoins simultanément lorsque l'ESC a été désactivé au moyen de la commande prévue à cet effet et lorsqu'il n'y a pas de défaut de fonctionnement est interdit.

xiii) Utilisation d'un témoin en deux parties

113. Certains représentants d'industrie automobile ont demandé que les constructeurs de véhicules soient autorisés à utiliser deux témoins adjacents, l'un portant le symbole ISO pour l'indicateur proposé de défaut de fonctionnement et l'autre, de couleur jaune, portant le mot «Off». Ils faisaient valoir que, compte tenu de l'espace limité disponible sur le tableau de bord, un tel témoin mixte permettrait un gain en ergonomie par l'allumage d'une seule lampe pour indiquer un défaut de fonctionnement de l'ESC et des deux pour indiquer que le système était désactivé ou sur un mode autre que le «mode activé».

114. Le présent RTM pourrait permettre la configuration ci-dessus. L'indication d'un défaut de fonctionnement doit toujours être une indication prédominante communiquée par un témoin au conducteur. En conséquence, si un témoin d'ESC en deux parties était utilisé, en cas de défaut de

fonctionnement seule la partie du témoin correspondant à cette dernière fonction pourrait être éclairée. Or une autre prescription du règlement spécifie qu'un témoin portant le symbole ESC OFF ou une mention équivalente doit s'allumer lorsque l'interrupteur (c'est-à-dire la commande) «ESC hors fonction» a été actionné par le conducteur pour mettre le véhicule en mode ESC non conforme. De la sorte, les deux parties du témoin devraient s'éclairer. Si, par extraordinaire, il se produisait un défaut de fonctionnement après que l'ESC ait été désactivé par le conducteur, le présent RTM autoriserait le maintien du message indiquant que l'ESC est désactivé (c'est-à-dire que les deux parties du témoin resteraient allumées) jusqu'au prochain cycle de mise du contact, après quoi l'ESC se remet en mode quel que soit le moment où la partie défaut de fonctionnement du témoin s'allumerait.

xiv) Conditions d'allumage du témoin «ESC OFF» – Critère de la vitesse

115. Les représentants de l'industrie automobile ont demandé qu'il soit confirmé que le témoin «ESC OFF» (s'il existe) n'a pas à s'allumer lorsque le véhicule se déplace en dessous du seuil de vitesse à partir duquel le système ESC est activé. Cette interprétation est correcte. Le règlement prescrit que le système ESC «doit être activé au cours de toutes les phases de la conduite, y compris l'accélération, la marche en prise gaz coupés et la décélération (freinage compris), sauf lorsque le conducteur a désactivé l'ESC ou lorsque le véhicule se déplace à une vitesse basse où une perte de maîtrise est peu probable». Le système ESC n'a pas donc à être activé lorsque le véhicule roule à basse vitesse. Le règlement spécifie en outre que le constructeur doit faire en sorte que le témoin «ESC OFF» s'allume lorsque le véhicule est sur un mode qui ne lui permet pas de satisfaire aux prescriptions d'efficacité du RTM. Or le cas de la conduite à basse vitesse est distinct de celui où le conducteur du véhicule utilise délibérément une commande qui met le système ESC sur un tel mode. En conséquence, le règlement ne doit pas être interprété comme signifiant que le témoin «ESC OFF» doit s'allumer lorsque le véhicule circule à basse vitesse, et il définit de façon suffisamment claire les conditions dans lesquelles le témoin «ESC OFF» doit s'allumer.

xv) Conditions d'allumage du témoin «ESC OFF» – Critère du sens de marche

116. Les participants ont demandé confirmation sur le fait qu'il n'était pas nécessaire que le témoin «ESC OFF» s'allume lorsque le véhicule circule en marche arrière, en faisant valoir que l'allumage du témoin dans ces conditions pouvait être une cause de confusion pour le conducteur. Cette interprétation est correcte.

117. Lors de l'élaboration du présent RTM, il a été décidé que le système ESC n'aurait pas à être activé lorsque le véhicule circule en marche arrière, parce qu'une telle prescription nécessiterait des modifications coûteuses aux systèmes ESC actuels sans que l'on puisse en attendre de gain de sécurité. En outre, il est spécifié dans le règlement que l'ESC fonctionnait sur toute la plage de vitesse du véhicule (sauf aux vitesses inférieures à 20 km/h ou en marche arrière). Dans de tels cas, le système ESC n'a pas été désactivé mais a rencontré des conditions dans lesquelles, par principe, il n'a pas à fonctionner; par conséquent, lorsque le véhicule repart en marche avant à une vitesse située au-dessus du seuil minimal, le système devrait retourner automatiquement en mode de fonctionnement normal. Des prescriptions impliquant un allumage fréquent du témoin «ESC OFF» (compte tenu de la fréquence des phases de marche arrière et de circulation à basse vitesse) seraient certainement cause de gêne pour le conducteur et pourraient même être interprétées par erreur comme l'indication d'un défaut de fonctionnement. Enfin, les

prescriptions du règlement spécifient déjà que le témoin «ESC OFF» doit s'allumer lorsque le système est désactivé manuellement (c'est-à-dire mis sur un mode non conforme) par le conducteur par l'intermédiaire de la commande de désactivation de l'ESC ce qui correspond à un cas très différent de celui d'un véhicule circulant en marche arrière.

xvi) Indication au conducteur des phases actives de l'ESC – Indications visuelles et auditives

118. Les participants ont exprimé des points de vue divers en ce qui concerne la manière d'indiquer au conducteur les phases actives de l'ESC. Certains étaient favorables à un témoin visuel; d'autres à des signaux visuels et auditifs (l'argument invoqué étant que ces signaux sont utiles dans la mesure où ils peuvent alerter à un stade précoce les conducteurs circulant sur route glissante, et les inciter à ralentir). Certains préconisaient un indicateur à allumage continu (en invoquant une étude censée indiquer qu'un indicateur clignotant tend à distraire le conducteur ou risque même de déclencher chez lui un état de panique tel qu'il renonce à diriger le véhicule) alors que d'autres estimaient que cet indicateur devrait pouvoir être clignotant. D'autres encore étaient d'avis qu'un témoin de fonctionnement actif était superflu et pouvait être pour le conducteur une cause de distraction ou même d'irritation, ce qui pourrait inciter celui-ci à désactiver le système ESC.

119. Après un examen approfondi des contributions présentées sur cette question, il a été décidé de prescrire dans le présent RTM que les constructeurs peuvent utiliser le témoin de défaut de fonctionnement de l'ESC en mode clignotant pour indiquer que l'ESC est en phase active. Par contre, rien ne semblait justifier, d'un point de vue de sécurité, l'introduction d'une prescription imposant la présence d'un indicateur de fonctionnement actif de l'ESC pour alerter le conducteur lorsqu'il y a intervention du système ESC dans une situation pouvant aboutir à une perte de maîtrise.

120. Dans une étude effectuée dans le cadre de travaux de recherche sur les facteurs humains en rapport avec l'ESC, on a examiné le cas de 28 véhicules équipés de systèmes ESC et il a été constaté que tous les constructeurs avaient prévu une indication visuelle des phases actives de l'ESC. D'après l'étude, une majorité de constructeurs utilisaient pour cette indication un symbole, quelques autres un texte. Sur tous les véhicules pris en compte pour lesquels un symbole était utilisé, cette indication était donnée par clignotement du témoin. Les manuels d'utilisateurs examinés indiquaient pour la plupart que la fonction du témoin clignotant était d'informer le conducteur que l'ESC était «actif» ou «en fonctionnement».

121. La nécessité toutefois, d'un point de vue de sécurité, de la présence d'un indicateur de fonctionnement actif de l'ESC pour prévenir le conducteur dans une situation d'urgence de l'intervention de l'ESC ne paraît pas évidente. On peut considérer qu'avec ce dernier système, comme avec les systèmes antiblocage des freins, la stabilité du véhicule est de toute façon améliorée, que le conducteur soit informé ou non de l'intervention d'un système de sécurité. Il n'a pas été présenté de résultats de recherche tendant à démontrer que les avantages en matière de sécurité sont accrus par le fait de signaler au conducteur les phases de fonctionnement actif de l'ESC. En fait, les recherches actuelles sur la question d'une signalisation des phases actives de l'ESC viennent à l'appui de l'approche suivie dans le présent RTM selon laquelle la signalisation de ces phases actives devrait être ni interdite ni prescrite obligatoirement, comme il est expliqué ci-dessous.

122. Les résultats des recherches récentes ne démontrent ni que le fait de signaler à un conducteur les phases actives de l'ESC apporte un gain de sécurité ni que cela puisse être une cause de distraction ayant des effets néfastes pour la sécurité. Ils indiquent que dans le cas d'un témoin clignotant, les conducteurs tendent à regarder plus souvent le tableau de bord et en général deux fois de suite, et non pas une seule fois comme dans le cas d'un témoin à allumage continu ou de l'absence de témoin. Dans la mesure où le témoin clignotant détourne l'attention du conducteur de la route, sur laquelle elle devrait se porter dans une situation d'urgence où il y a perte de maîtrise, il n'est pas logique de prescrire cette mesure. Il est certes rationnel de prévenir le conducteur que la route est glissante lorsque celui-ci conduit sur une chaussée plus ou moins rectiligne, mais il ne semble pas rationnel de détourner l'attention du conducteur de la route alors qu'il est occupé à répondre à une situation où il y a un risque imminent d'accident, et qu'il s'efforce d'éviter une collision.

123. Bien que les recherches effectuées jusqu'ici indiquent que les conducteurs regardent deux fois plus souvent un témoin clignotant, elles ne font pas ressortir de variation notable des taux de perte de maîtrise, de sortie de route ou de collision par comparaison avec des témoins à allumage continu ou avec l'absence de témoin. Ainsi, malgré le risque qu'il y aurait logiquement à détourner le regard de la route au cours d'une manœuvre justifiant l'intervention de l'ESC, il n'est pas observé d'effet négatif résultant de l'attention accrue portée à un témoin clignotant. En conclusion, les résultats de recherche actuellement disponibles ne sont suffisants ni pour justifier d'interdire la pratique actuelle de signalisation visuelle des phases actives de l'ESC ni pour justifier de la prescrire.

124. Au fur et à mesure que des données supplémentaires de recherche auront été recueillies et analysées, il devrait devenir possible de définir avec plus de précision quelle stratégie de signalisation au conducteur des phases actives de l'ESC présente le moins de risques de nuire à l'attention du conducteur dans une situation de perte de maîtrise. Cependant, tant que ces recherches nouvelles n'auront pas apporté des preuves solides et statistiquement validées d'un avantage ou d'un inconvénient résultant de la signalisation au conducteur des phases actives de l'ESC, celle-ci ne sera ni prescrite, ni interdite.

125. D'après les résultats de recherche disponibles, une signalisation auditive des phases actives de l'ESC n'est pas nécessaire et n'apporte apparemment aucun gain de sécurité. Bien que ces résultats semblent par contre indiquer qu'en cas de signalisation auditive le conducteur a tendance à regarder plus longtemps le tableau de bord, ce qui pourrait théoriquement être associé à une augmentation de la fréquence des sorties de route, ces résultats, provenant d'une étude unique sur simulateur, ne sont pas considérés comme offrant une justification suffisante pour interdire l'utilisation d'un indicateur acoustique. En conséquence, bien que la signalisation auditive soit plutôt déconseillée, même en combinaison avec une signalisation visuelle, les données actuellement disponibles ne justifient pas d'interdire cette solution.

xvii) Utilisation du témoin de défaut en mode clignotant pour signaler l'activation de systèmes ou fonctions apparentés à l'ESC

126. Un représentant de l'industrie automobile a demandé qu'il soit autorisé de faire clignoter le témoin de défaut de fonctionnement de l'ESC pour indiquer l'intervention d'autres systèmes apparentés, y compris le système antipatinage et le système de stabilisation de la remorque. L'argumentation de l'industrie automobile était que ces fonctions étaient directement

apparentées au système ESC, et que les sensations ressenties par le conducteur aux pédales de freinage et d'accélérateur lors du fonctionnement de ces systèmes seraient les mêmes qu'en cas d'un fonctionnement actif de l'ESC. On faisait valoir que cette stratégie, outre qu'elle permettrait de tenir le conducteur informé, aiderait à minimiser le nombre de témoins utilisés pour les fonctions apparentées.

127. Étant donné que le présent RTM ne prescrit pas la signalisation des phases actives de l'ESC, au cas où les constructeurs décideraient d'en prévoir une, ils pourront l'utiliser à volonté pour signaler des interventions d'autres systèmes apparentés. Il incombera aux constructeurs d'expliquer la signification et le contenu de la signalisation des phases actives dans le manuel d'utilisateur du véhicule, dans le cadre de l'information donnée au consommateur sur les caractéristiques importantes du véhicule affectant la sécurité.

xviii) Phase de contrôle des lampes – Dérogation à la phase de contrôle obligatoire des lampes pour les centres d'affichage de messages ou d'informations

128. Sauf lorsqu'un système de verrouillage du démarrage lié à la transmission est en action, le présent RTM prévoit que chaque témoin de défaut de fonctionnement de l'ESC et témoin «ESC OFF» doit s'allumer à chaque fois pour le contrôle de fonctionnement de la lampe, soit lorsque la commande de contact est mise sur la position «Marche» alors que le moteur est à l'arrêt, soit lorsqu'elle est sur la position intermédiaire entre «Marche» et «Démarrage» prévue par le constructeur comme position de contrôle.

129. Les représentants de l'industrie automobile ont déclaré que ces prescriptions, bien qu'elles soient pertinentes pour le témoin classique, n'étaient pas applicables au centre d'affichage de messages ou d'informations qui n'utilisent pas de lampes et qui sont éclairés dès que le véhicule est en fonctionnement. Ces représentants ont fait valoir que s'il existait un défaut de fonctionnement avec ce type d'affichage, il apparaîtrait de manière évidente du fait que la plage entière du centre de messages ou d'informations serait vide. C'est pourquoi il était demandé que les prescriptions concernant le contrôle des lampes ne s'appliquent pas dans le cas où les indications concernant l'état du système ESC sont fournies via un centre de messages ou d'informations.

130. En réponse, il a été jugé que l'opération de contrôle des lampes n'était pas pertinente ou nécessaire pour les centres d'informations ou de messages fonctionnant selon une autre technologie d'affichage. Il est probable que dans le cas où un centre de messages ou d'informations subit une défaillance correspondante à celle de la panne du témoin, le centre de messages entier serait hors fonction, situation qui a peu de chances de passer inaperçue du conducteur. Il a donc été décidé que la prescription concernant le contrôle des lampes ne s'appliquerait pas dans le cas d'un centre de messages ou d'informations qui communique des indications sur l'état du système ESC.

xix) Précisions concernant le contrôle des lampes

131. Un participant a demandé à ce qu'il soit précisé que le contrôle des lampes en ce qui concerne le témoin de défaut de fonctionnement de l'ESC et le témoin «ESC OFF» (s'il existe) puisse être exécuté par un système quelconque du véhicule et non pas obligatoirement par le système ESC lui-même. On a fait savoir que de nombreux systèmes du véhicule étaient capables

de remplir cette fonction et que la plupart des véhicules actuels sont conçus de telle manière que le contrôle des témoins soit une fonction relevant du tableau de bord. Étant donné qu'il n'y a pas d'importance à connaître le mécanisme précis par lequel le contrôle des lampes pour un témoin apparenté à l'ESC est exécuté (à condition que cette prescription fonctionnelle soit respectée), il a été tenu compte de cette demande dans le présent règlement.

5. Documentation technique

132. En outre, le règlement prescrit que les constructeurs doivent fournir une documentation additionnelle démontrant qu'un véhicule est équipé d'un système ESC répondant à la définition du «système ESC». Ainsi par exemple, le constructeur doit soumettre sur demande une documentation technique sur le système ESC indiquant quand l'intervention contre le sousvirage est justifiée pour un véhicule donné (cette documentation peut par exemple comprendre un schéma de principe identifiant tous les composants ESC, une explication écrite décrivant les caractéristiques fonctionnelles de base du système, un diagramme logique à l'appui de la description du fonctionnement du système, un examen des données d'entrée pertinentes fournies à l'ordinateur ou des calculs effectués par l'ordinateur, et de la manière dont l'algorithme utilise ces informations et gère les composants matériels du système ESC en vue de limiter le sousvirage du véhicule).

d. Prescriptions fonctionnelles

133. Les véhicules équipés d'un système ESC conformément au présent RTM doivent satisfaire à des essais fonctionnels. Spécifiquement, un tel véhicule doit satisfaire au critère de stabilité et au critère de réactivité du RTM lorsqu'il est soumis à l'essai de manœuvre de direction «Sinus avec palier». Cet essai consiste à lancer le véhicule en prise gaz coupés à une vitesse initiale de 80 km/h et, au moyen d'un appareil de braquage, à appliquer au volant le signal décrit par le diagramme de la figure 2 du règlement. La manœuvre est répétée sur une série d'angles de braquage maximaux croissants. Cette manœuvre a été choisie après comparaison avec d'autres manœuvres possibles, parce que l'on a jugé qu'elle offrait les meilleures caractéristiques d'ensemble, y compris en ce qui concerne le degré de rigueur, la répétabilité et la reproductivité des résultats, et la possibilité de prendre en compte la stabilité latérale et la réactivité.

134. La manœuvre est suffisamment rigoureuse pour causer un dérapage incontrôlé sur la plupart des véhicules non munis de l'ESC. Le critère de stabilité pour l'essai est fondé sur la rapidité avec laquelle le véhicule cesse de virer lorsque le volant est ramené en position droite. Un véhicule qui continue à virer pendant un certain temps après que le conducteur ait redressé la direction est en perte de maîtrise, ce qui est la situation que l'ESC est censé éviter.

1) Critère de stabilité latérale

135. Le critère de stabilité latérale s'exprime en termes quantitatifs par le pourcentage de la vitesse maximale angulaire en lacet après une impulsion maximale de braquage qui persiste pendant un certain temps après que le volant de direction ait été ramené en position droite. Sur la base de ce critère, il est prescrit que la vitesse angulaire en lacet du véhicule doit retomber à 35 % au maximum de la valeur de pointe après 1 s et à 20 % au maximum après 1,75 s.

2) Critère de réactivité latérale

136. Pour éliminer le cas d'un véhicule qui répondrait tout simplement très peu aux signaux de commande à la direction, et qui satisferait de cette manière au critère de stabilité, un critère de réactivité minimale est appliqué dans le cadre du même essai. Il est prescrit qu'un véhicule équipé de l'ESC d'un poids total en charge inférieur ou égal à 3 500 kg doit avoir un déplacement latéral d'au moins 1,83 m au cours de la première période de 1,07 s après le début de la manœuvre de braquage (DMB). (Le début de la manœuvre de braquage marque un point de discontinuité commode pour effectuer une mesure de temps. Le DMB est défini dans le règlement au paragraphe 7.11.6.) Le règlement prescrit en outre qu'un véhicule de poids supérieur (c'est-à-dire d'un PTC supérieur à 3 500 kg) doit avoir un déplacement latéral d'au moins 1,52 m lors de la même manœuvre pour des angles de braquage spécifiés (c'est-à-dire pour un angle programmé de braquage du volant de 5 A ou plus). Ces valeurs s'appliquent au déplacement latéral du centre de gravité du véhicule par rapport à sa trajectoire rectiligne initiale.

137. Après l'examen des communications présentées par l'industrie automobile, il a été décidé d'utiliser un angle de braquage normalisé du volant de 5,0 comme angle de braquage minimal pour l'application du critère de réactivité. L'angle de braquage normalisé permet de tenir compte des différents rapports de démultiplication selon les véhicules en divisant la première pointe de l'angle de braquage au volant par l'angle de braquage donnant une accélération latérale de 0,3 g obtenue lors de la manœuvre du braquage croissant progressivement. L'angle de braquage est donc exprimé au moyen d'un facteur et non pas en degrés. La méthode d'essai pratique inclut la procédure de normalisation de l'angle de braquage du volant et prescrit l'exécution de la manœuvre Sinus avec palier aux angles normalisés de braquage du volant de 5,0, 5,5, 6,0 et 6,5, points auxquels la réactivité serait mesurée. Pour des véhicules légers actuels, les données recueillies indiquent qu'en moyenne un angle normalisé au volant de 5,0 correspond environ à 180°. Par contre, les fourgonnettes et camionnettes de la classe de masse supérieure (d'un PTC allant jusqu'à 4 536 kg) ont en général des directions plus démultipliées, ce qui signifie que 180° de braquage du volant sur ces véhicules produisent un angle de braquage moindre aux roues avant que pour les berlines (un angle de direction de 5,0 correspond en moyenne à 147° pour les berlines, 195° pour les véhicules de type SUV et 230° pour les véhicules de type pick-up). Étant donné que ces véhicules, par nature, ont des caractéristiques routières qui limitent leur réactivité, il leur est encore plus difficile de passer avec succès l'essai si celui-ci se fait en outre à des angles de braquage effectif moindres aux roues avant. La solution consistant à appliquer des angles de braquage normalisés permettra donc d'éliminer une pénalisation systématique des véhicules plus lourds dans cet essai.

138. En ce qui concerne la proposition faite par l'industrie automobile d'appliquer des angles normalisés de braquage à la première pointe de l'angle réel au volant mesuré lors de l'essai, il est apparu que cette solution posait certains problèmes. La figure 2 du règlement représente le profil idéal de l'impulsion «Sinus avec palier» (Sine with Dwell) utilisée pour la commande de l'appareil de braquage. Il est utilisé un appareil de braquage parce que celui-ci peut braquer le volant du véhicule d'essai avec une précision et une répétabilité très supérieures à ce que peut faire un conducteur humain. Sur certains véhicules cependant, les systèmes de direction assistée ne permettent pas à l'appareil de braquage de suivre la courbe de braquage désirée. Pour les raisons discutées ci-après, il a été décidé que l'angle de braquage normalisé devrait être basé sur l'angle programmé d'un appareil de braquage (qui remplace les manœuvres effectuées par le

conducteur au cours de l'essai) pouvant exercer une force importante à la commande, plutôt que sur l'angle de braquage maximal mesuré obtenu par l'appareil.

139. Les industriels ont aussi suggéré de spécifier pour les appareils de braquage un couple nominal de 50-60 Nm, afin de réduire les éléments de variabilité liés à l'appareil particulier utilisé, et de garantir au constructeur que les essais seront effectués avec des appareils suffisamment puissants pour maximiser l'effort de braquage au cours de l'essai de réactivité. En conséquence, le présent RTM prescrit que l'appareil de braquage utilisé pour la manœuvre de l'impulsion «Sinus avec palier» doit être capable d'appliquer des couples de braquage de 40-60 Nm avec des vitesses de rotation du volant allant jusqu'à 1 200°/s. Ces exigences sont plus rigoureuses que de prescrire simplement une plage de couple nominal ne tenant pas compte de la vitesse de rotation, et elles excluent pour les essais certains des appareils de moindre puissance utilisés par de nombreux laboratoires d'essai.

140. Toutefois, même un appareil de braquage puissant peut ne pas arriver à suivre la courbe de commande dans le cas de certains systèmes de direction assistée. Certains systèmes à assistance électrique offrent une puissance limitée, l'effet d'assistance étant décroissant aux grandes vitesses de braquage. Lorsque l'assistance de direction constitue un facteur limitatif, la première pointe d'angle de braquage du diagramme de la figure 2 ne peut pas être respectée; par contre la deuxième pointe ainsi que la fréquence du signal le sont en général. En conséquence, la limitation de puissance de la direction assistée ne réduit pas normalement la rigueur de l'essai en ce qui concerne la partie intervention antiturbotage, mais elle atténue l'impulsion de braquage utilisée pour contrôler que le véhicule satisfait au critère de réactivité de la direction. Si le règlement utilisait l'angle de braquage effectif plutôt que l'angle de braquage programmé en tant qu'angle de braquage normalisé pour l'essai de réactivité, il pourrait en résulter une situation inacceptable où des véhicules ne pourraient pas être contrôlés du point de vue de leur conformité, parce que l'essai ne permettrait pas leur évaluation. Par exemple, si l'appareil de braquage n'était pas capable de produire un angle de braquage normalisé au volant de 5,0 même pour un angle de braquage programmé de 6,5 à cause de limitations tenant au véhicule, ce dernier ne pourrait pas être considéré comme ayant échoué à l'essai, quelle que soit l'insuffisance de ses performances.

141. C'est pourquoi le présent RTM utilise la courbe de braquage programmé (sous réserve d'un appareil de braquage de puissance garantie), plutôt que la courbe de braquage mesuré, pour calculer l'angle de braquage normalisé servant de base à l'évaluation de la conformité par rapport aux prescriptions de déplacement latéral. Cette méthode ne devrait pas soulever de problème pratique. Actuellement, les gros véhicules ont des systèmes de direction assez puissants qui devraient leur permettre de réaliser des pointes d'angles de braquage réels ne s'écartant pas de plus de 10° de la pointe de braquage programmé. En outre, cette méthode de définition du signal à la commande de direction permettrait de réduire à 1,52 m le déplacement latéral prescrit pour les gros véhicules, contre 1,68 m selon les dispositions proposées par l'industrie automobile (correspondant à un angle de braquage mesuré légèrement plus grand). En fait, les systèmes d'assistance de direction électriques de faible puissance mentionnés plus haut sont normalement installés sur les berlines, lesquelles en général sont suffisamment réactives pour satisfaire au critère de déplacement latéral de 1,83 m à des angles de braquage normalisés inférieurs à 5,0.

142. Comme il a été noté plus haut, le présent RTM, à propos du critère de réactivité, prescrit un déplacement latéral de 1,83 m au cours des 1,07 premières secondes de braquage lors de la manœuvre «Sinus avec palier». Ce critère a pour objet de limiter la perte de réactivité pouvant résulter de mesures antiroulis excessives incorporées au système ESC des véhicules de type SUV. Cette préoccupation n'est pas infondée, des études ayant démontré que l'un de ces systèmes, par exemple, réduisait la capacité de déplacement latéral d'un véhicule de type SUV de la catégorie intermédiaire au-dessous de celle pouvant être obtenue avec un minibus à 15 places, avec de nombreux véhicules de type pick-up à moteur diesel à châssis long à vide, et même avec une limousine à empattement allongé.

143. Or il est normal qu'un gros véhicule pick-up à vide sousvire fortement lors de cet essai, étant donné son grand empattement, et le fait qu'il a un centrage à forte prédominance sur l'avant dans les conditions de l'essai. La réglementation relative aux systèmes ESC ne vise pas à influencer sur les caractéristiques routières fondamentales de ces véhicules (qui ont été réglés sans ESC), parce que la faible réactivité à vide résulte du fait que le véhicule est conçu pour offrir une stabilité naturelle en charge. Le présent RTM ne doit pas avoir pour effet d'inciter à concevoir un véhicule avec un comportement instable lorsqu'il est chargé à son PTC, en comptant sur le système ESC pour rétablir la situation en utilisation normale. Il convient néanmoins de mentionner que certains fourgons de grande capacité à centre de gravité élevé, tels que les minibus à 15 places, dépendent de leur système ESC pour atténuer leur réactivité, compte tenu des considérations spéciales s'appliquant à ces véhicules en ce qui concerne les risques de perte de maîtrise et de renversement. Alors qu'il est nécessaire d'accepter des limitations de la réactivité dans le cas de gros véhicules à usage utilitaire, il n'y a pas de nécessité, dans le cas de véhicules plus légers destinés au transport de personnes, y compris les véhicules de type SUV, de sacrifier dans une mesure aussi grande la capacité à éviter un obstacle lors de la programmation du système ESC.

144. Alors que la suggestion de l'industrie automobile d'appliquer un critère de réactivité moindre pour les véhicules ayant le PTC le plus élevé est recevable, il n'en est pas de même en ce qui concerne la fixation du seuil à un PTC de 2 495 kg. Certaines grosses berlines ont des PTC proches de cette limite. Si celle-ci était retenue, les véhicules «minispace» et les SUV de catégorie moyenne seraient considérés comme soumis aux mêmes limitations que les minibus à 15 places et camionnettes d'un PTC de 4 536 kg. C'est pourquoi une limite plus représentative est fixée dans le présent RTM, à savoir un PTC de 3 500 kg.

145. En ce qui concerne le calcul du déplacement latéral, ce calcul se fonde sur une intégration double par rapport au temps de la mesure de l'accélération latérale au centre de gravité du véhicule (où l'on a comme temps $t = 0$, pour l'opération d'intégration l'instant de l'action sur la commande de direction), comme exprimé par la formule suivante:

$$\text{Déplacement latéral} = \iint A_{y_{C.G.}} dt .$$

146. Les participants ont fait valoir qu'étant donné la brièveté de l'intervalle de temps considéré dans la phase initiale de la manœuvre de changement de voie, il est raisonnable d'appliquer une double intégration de l'accélération latérale mesurée pour obtenir une approximation du déplacement latéral réel du véhicule. Ces deux notions cependant ne sont pas rigoureusement équivalentes du point de vue technique, car l'accélération latérale est mesurée dans le référentiel

du véhicule, alors que le déplacement latéral est mesuré dans le référentiel fixe de la route (surface terrestre). Théoriquement, le référentiel du véhicule peut effectuer une rotation par rapport au référentiel terrestre, ce qui est à l'origine d'une erreur si l'on applique la méthode de double intégration (il s'agit d'une petite erreur dans le calcul du déplacement latéral du véhicule du fait de différences de systèmes de coordonnées). Étant donné toutefois que l'intervalle d'intégration est court (le déplacement latéral est évalué 1,07 s après le début de la manœuvre au volant), les erreurs d'intégration devraient être suffisamment faibles pour être négligeables. Le présent RTM permet aussi d'utiliser une méthode de mesure du déplacement latéral fondée sur les données GPS.

147. En ce qui concerne la méthode de calcul du rapport de vitesse angulaire en lacet, il est admis dans le présent RTM que la première pointe de vitesse angulaire en lacet peut se situer au début du palier de la courbe (ou même avant). Pour tenir compte de cette possibilité et pour garantir un calcul correct et cohérent dans tous les cas, il est prescrit dans le règlement que la première pointe de vitesse angulaire en lacet doit être enregistrée après le changement de signe de l'angle de braquage du volant (entre la première et la deuxième pointe). Cependant, le présent RTM ne donne pas suite à la recommandation de certains participants, selon laquelle il devrait être spécifié dans le règlement que la mesure s'applique à la «valeur absolue de la vitesse angulaire en lacet», pour garantir que toute valeur négative de la vitesse angulaire en lacet soit incluse dans le calcul de cette vitesse dans le règlement. Un rapport négatif de cette vitesse peut seulement être obtenu lorsque la vitesse angulaire en lacet mesurée à un instant donné est de signe inverse à la deuxième pointe de la vitesse angulaire en lacet, ce qui peut avoir une signification très différente de la valeur absolue d'égale grandeur. Bien que ce cas soit très improbable, le fait de se baser sur la valeur absolue de la vitesse angulaire en lacet à 1,0 ou 1,75 s après la fin de la manœuvre de braquage pourrait aboutir à ce qu'un véhicule conforme soit jugé non conforme si les rapports respectifs de vitesse angulaire en lacet sont suffisamment grands. Ainsi, par exemple, si à 1,75 s après la fin de la manœuvre de braquage, un véhicule avait un rapport de vitesse angulaire en lacet de -21 %, ce véhicule serait conforme au critère de stabilité latérale du règlement. Par contre, si la valeur absolue du rapport de vitesse en lacet était appliquée (21 %), le véhicule serait jugé non conforme. L'introduction, comme demandé, d'une prescription interdisant un rapport négatif de vitesse en lacet ne simplifiera pas le processus d'analyse des données, mais peut seulement compliquer au contraire l'interprétation des données d'essai.

3) La question des caractéristiques de sousvirage

148. Dans le texte qui suit, on explique le concept de sousvirage du véhicule, de quelle manière les systèmes ESC interviennent pour combattre un sousvirage excessif, et pourquoi il n'a pas été possible d'élaborer et d'incorporer dans le présent RTM un essai de comportement sousvireur.

149. De manière générale, tous les véhicules légers (y compris les berlines, pick-up, fourgons, minispaces, multiségments et SUV) sont conçus pour sousvirer¹⁹ dans la plage linéaire

¹⁹ En termes courants, le «sousvirage» peut être décrit comme le comportement normal de la plupart des automobiles en utilisation quotidienne. Les véhicules légers sont conçus pour être légèrement sousvireurs dans les conditions normales de conduite, car ce comportement apporte à la fois la stabilité (le véhicule n'est pas exagérément perturbé par des phénomènes courants tels

d'accélération latérale²⁰, même si des facteurs d'utilisation tels que l'état de charge, la pression de gonflage des pneumatiques et d'autres facteurs peuvent les rendre survireurs dans certaines situations peu fréquentes. Le véhicule est fondamentalement conçu pour sousvirer. Ce comportement constitue un moyen efficace et relativement inoffensif de prévenir le conducteur qu'il atteigne les limites de l'utilisation de l'adhérence disponible à travers les sensations ressenties dans le volant lorsque le conducteur braque celui-ci. De nombreux essais ont été mis au point en vue de quantifier objectivement le sousvirage en plage linéaire, y compris ceux des Normes SAE J266, «Steady-State Directional Control Test Procedures for Passenger Cars and Light Trucks», et ISO 4138, «Berlines – Tenue de route en régime stable sur trajectoire circulaire». Ces essais aident les constructeurs de véhicules à concevoir ceux-ci avec un degré de sousvirage modéré pour les conditions de conduite normales dans la plage linéaire. Les essais décrits dans la Norme SAE J266 et la Norme ISO 4138 par exemple consistent à mesurer simplement la faible réduction constante dans le changement de cap du véhicule (par comparaison avec la valeur géométrique théorique pour un angle de braquage et un empattement donnés) qui caractérise le sousvirage dans la plage linéaire à des valeurs relativement basses de l'accélération latérale. Ce cas est très différent de celui du sousvirage extrême lorsqu'il y a perte de maîtrise, cas où même des angles de braquage importants pour éviter un obstacle n'ont pratiquement plus d'effet directif sur le véhicule.

150. Dans la plage linéaire du comportement, l'ESC ne devrait jamais entrer en action. Les interventions de l'ESC sont censées se produire lorsque la trajectoire voulue par le conducteur (calculée par les algorithmes de contrôle de l'ESC sur la base d'un gradient sousvireur constant dans la plage linéaire) diverge de la trajectoire réelle du véhicule telle qu'elle est mesurée par les capteurs de l'ESC. Étant donné que ce cas ne se présente pas lors de la conduite dans la plage linéaire, l'ESC n'a pas à intervenir. L'ESC n'a donc pas d'influence sur le sousvirage d'un véhicule dans les limites de la plage linéaire.

151. En résumé, l'intervention contre le sousvirage est l'une des fonctions clefs d'un système ESC, faisant partie de tous les systèmes actuellement en production. Une recherche dans la littérature a été effectuée aux États-Unis en vue de déterminer s'il existait un essai de sousvirage applicable à l'ESC qui soit utilisable dans les situations de perte de maîtrise. Cette recherche n'a pas donné de résultat. Les essais de sousvirage répertoriés dans la littérature (tels que ceux des

que des rafales de vent modérées) et la réactivité latérale (le véhicule peut répondre à une manœuvre de braquage soudaine du conducteur pour éviter un obstacle sur la route).

²⁰ La «plage linéaire d'accélération latérale», ou «plage linéaire de comportement» ou «plage linéaire»; de manière très simplifiée, elle correspond à la situation normale en conduite courante, où un braquage donné du volant de la part du conducteur cause un braquage prévisible du véhicule, tant que le véhicule circule dans des conditions d'adhérence auxquelles la plupart des conducteurs sont habitués. Lorsque le véhicule approche des limites de ces conditions d'adhérence (ce qui correspond au «comportement à la limite»), le véhicule commence à entrer dans la plage non linéaire, dans laquelle le conducteur ne peut plus prévoir le déplacement du véhicule pour un angle de braquage donné du volant, comme c'est le cas sur une route glissante ou dans un virage serré, où il peut arriver que le conducteur braque fortement sans obtenir de réponse du véhicule, qui se trouve en dérapage.

Normes SAE J266 et ISO 4138) ont trait aux caractéristiques de sousvirage dans la plage linéaire et ne sont donc pas applicables au fonctionnement de l'ESC, comme il a été expliqué plus haut.

152. Compte tenu de l'absence d'essais appropriés de comportement en sousvirage extrême et de la complexité de toute recherche nouvelle dans ce domaine, il faudrait compter plusieurs années supplémentaires de travaux avant de pouvoir parvenir à des conclusions quelconques concernant un essai de comportement de sousvirage appliqué à l'ESC. Un facteur principal de complication est que les constructeurs programment souvent les systèmes ESC des véhicules de type SUV de manière à éviter toute intervention antisousvirage sur route sèche par crainte que cette intervention puisse soit causer le renversement du véhicule, soit compromettre l'efficacité de la fonction antisurvirage dans certaines conditions de circulation à grande vitesse.

153. Il ne serait pas judicieux d'ignorer complètement les raisons de l'attitude prudente montrée par les constructeurs dans ce cas précis, en particulier au vu de la réduction remarquable des accidents de renversement des SUV que les constructeurs ont réussi à obtenir avec les stratégies ESC actuelles. En conséquence, les essais d'intervention antisousvirage devraient être exécutés sur des surfaces à faible coefficient de frottement. De telles surfaces peuvent être obtenues de deux manières: 1) par aspersion d'eau sur un revêtement traité avec un enduit glissant tel que la Jennite en vue de réduire le coefficient de frottement du bitume, et 2) par aspersion d'eau sur une surface naturellement lisse telle qu'un dallage en basalte. Des mesures répétables sur revêtement mouillé sont difficiles à obtenir compte tenu de l'action de facteurs extérieurs tels que le délai entre parcours, le vent, la pente, la température et l'éclairage solaire. Le revêtement lui-même, lorsqu'il est en Jennite, n'est pas très durable, ce qui cause une variation du coefficient de frottement en fonction de l'usure. La solution consistant à asperger d'eau le revêtement utilisé pour l'essai de survirage, d'autre part, ne produirait pas un revêtement suffisamment glissant pour garantir l'intervention du système ESC contre le survirage sur les véhicules de type SUV. Quant au revêtement en dalles de basalte, il est extrêmement coûteux, comme en témoigne l'absence de pistes d'essai en basalte de dimensions suffisantes où que ce soit aux États-Unis pour ce genre d'essais. De plus, le coefficient de frottement des dalles en basalte est extrêmement faible, presque aussi bas que celui du verglas. En obligeant les constructeurs à optimiser l'intervention antisousvirage à des coefficients de frottement aussi bas on risque de les inciter à adopter des réglages trop énergiques pouvant compromettre l'intervention antisurvirage sur des revêtements à coefficient bas mais moins extrême. Compte tenu en outre des problèmes d'application pratique rendant difficilement répétables les essais à bas coefficient de frottement, l'application de marges de tolérance pour la conformité jugées nécessaires par l'industrie automobile aboutirait très probablement à la fixation de critères très bas.

154. La fixation de critères d'efficacité précis soulève elle-même des problèmes. Lors de l'essai d'efficacité antisurvirage, la différence entre la vitesse angulaire en lacet maximale obtenue et la valeur zéro lorsque la direction du véhicule est ramenée en ligne droite à la fin de la manœuvre est importante et facilement observable. Par contre, la différence entre le sousvirage et le dérapage contrôlé à la limite, qui représente le résultat maximal qu'un système ESC puisse fournir lorsque l'adhérence est tout simplement insuffisante pour la manœuvre de direction demandée, est difficile à évaluer. En outre, l'appareillage optique qui serait utilisé pour mesurer les caractéristiques éventuellement prises en compte dans un tel essai, tels que l'angle de dérapage du véhicule et celui de la roue, ne fonctionne pas de manière fiable pour les essais sur revêtement humide. On peut sérieusement douter qu'il soit jamais possible de formuler des critères pour l'intervention antisousvirage qui soient à la fois suffisamment rigoureux aux fins

des essais et d'application suffisamment universelle pour pouvoir être utilisés pour les berlines et les SUV sans remettre en cause des compromis judicieux adoptés par le constructeur.

155. Malgré ces limitations s'appliquant à l'élaboration d'un essai d'efficacité concernant une intervention destinée à prévenir un sousvirage excessif dans les situations de perte de maîtrise du véhicule, il n'a pas été jugé judicieux de retarder la publication du RTM, compte tenu du potentiel important de réduction des pertes humaines qu'offrent les systèmes ESC. De même, il a été décidé que la suppression pure et simple des prescriptions concernant la limitation du sousvirage du texte du RTM, leur adoption étant remise à une date ultérieure lorsque les travaux de recherche nécessaires auraient été achevés, serait elle aussi négative en termes de sécurité, étant donné que l'intervention antisousvirage est l'une des fonctions bénéfiques majeures des systèmes ESC actuels. On a donc décidé que la seule solution applicable pour le présent RTM consistait à énoncer des prescriptions concernant les mesures antisousvirage dans le cadre de la définition du «Système ESC», accompagnées de prescriptions imposant la présence d'un matériel spécifique répondant à cet objet. De telles prescriptions seraient objectives dans la mesure où elles consisteraient à indiquer au constructeur quel type de résultat est requis et l'équipement nécessaire à cette fin. Le présent RTM prévoit aussi que les Parties contractantes peuvent requérir du constructeur qu'il communique la documentation technique nécessaire pour donner la preuve de la capacité antisousvirage du système.

156. Plus précisément, pour s'assurer qu'un véhicule est bien équipé d'un système ESC qui répond à la définition du «Système ESC», la Partie contractante peut demander au constructeur de fournir un schéma de principe inventoriant tous les composants matériels de l'ESC, un exposé écrit décrivant les caractéristiques fonctionnelles de base du système, et un diagramme logique illustrant l'exposé sur la manière dont le système fonctionne. En outre, en ce qui concerne les mesures visant à atténuer le sousvirage, la Partie contractante peut demander que soient communiquées des informations sur les données d'entrée pertinentes fournies au module informatique du véhicule ou aux calculs effectués par celui-ci et sur la manière dont son algorithme utilise l'information et commande le fonctionnement des composants physiques du système pour limiter le sousvirage. Il est entendu que les informations dont il est question ci-dessus relèveraient en grande partie des secrets de fabrication et seraient communiquées à la condition expresse d'être traitées de manière confidentielle.

157. En résumé, les informations en question devraient pouvoir permettre à la Partie contractante de comprendre le fonctionnement du système ESC et de vérifier que celui-ci dispose des moyens matériels et logiques nécessaires pour pouvoir intervenir en cas de sousvirage excessif. Cette manière de procéder permettrait d'exiger des constructeurs qu'ils incluent une intervention antisousvirage parmi les fonctions des systèmes ESC, sans retarder les effets bénéfiques qui peuvent être retirés du RTM (y compris ceux imputables à l'intervention antisousvirage). Dans l'immédiat, les Parties contractantes suivront les progrès des travaux de recherche supplémentaires qui seraient effectués dans le domaine des systèmes antisousvirage et étudieront les mesures ultérieures à prendre selon la situation.

158. Il convient de souligner en outre que les prescriptions relatives à l'intervention antisousvirage ont un caractère objectif même sans qu'il soit défini un essai d'efficacité précis. La définition du «Système ESC» ne prescrit pas seulement l'existence d'une capacité antisousvirage (deuxième partie de la définition), mais aussi la présence de composants

physiques particuliers qui permettent l'intervention antisousvirage (première partie de la définition).

4) Autres questions relatives aux prescriptions d'essai
(Traitement et calcul des données collectées)

159. Les participants ont soulevé de nombreuses questions ayant trait à la validité et aux détails techniques des prescriptions et procédures d'essai relatives à l'ESC. Ces questions ont été soigneusement prises en compte pour l'élaboration du RTM. Des informations supplémentaires concernant ces questions sont données ci-dessous.

i) Détermination du début de la manœuvre de braquage

160. Afin de garantir la répétabilité des calculs de déplacement latéral, il a été porté beaucoup d'attention à l'élaboration des spécifications du RTM concernant le traitement des données. L'un des points examinés était la méthode de détermination du début de la manœuvre de braquage, qui, après examen approfondi, a été définie dans le règlement comme l'instant où l'angle de braquage du volant, après recalage au zéro, passe par la valeur de 5° .

161. Le processus de détermination du début de la manœuvre de braquage comprend trois étapes. La première consiste à déterminer l'instant où la vitesse angulaire du volant dépasse $75^\circ/\text{s}$. À partir de ce point, cette vitesse doit demeurer supérieure à cette valeur pendant au moins 200 ms. Si cette dernière condition n'est pas remplie, on détermine l'instant suivant où la vitesse angulaire du volant dépasse $75^\circ/\text{s}$ et on applique le contrôle de validité de 200 ms. Ce processus itératif est poursuivi jusqu'à ce qu'il soit satisfait aux deux conditions. Dans une deuxième étape, une «plage de recalage zéro» définie comme étant la période de 1,0 s précédant l'instant où la vitesse angulaire du volant dépasse $75^\circ/\text{s}$ (cet instant définissant la fin de la «plage de recalage zéro») est utilisée pour recalculer au zéro les données d'angle de braquage du volant. Dans la troisième étape, on détermine le premier instant où les données d'angle de braquage du volant filtrées et recalées au zéro atteignent -5° (lorsque l'action initiale sur le volant est en sens contraire des aiguilles d'une montre) ou $+5^\circ$ (lorsque l'action initiale sur le volant est dans le sens des aiguilles d'une montre) après la fin de la plage de recalage zéro. L'instant ainsi déterminé est pris comme début de la manœuvre de braquage.

162. Il a été décidé qu'un point de référence non ambigu définissant le début de la manœuvre de braquage était nécessaire pour garantir la répétabilité lors des calculs s'appliquant aux données d'efficacité mesurées au cours des essais. En pratique, le problème qui se pose est que le «bruit parasite» typique sur la voie de mesure des angles de braquage cause de petites fluctuations du signal autour du point zéro, si bien qu'un écart par rapport au zéro ou des valeurs très faibles de l'angle de braquage n'indiquent pas de manière fiable que l'appareil de braquage a commencé à exécuter la manœuvre d'essai. Une évaluation poussée de la validité du critère de la plage de recalage zéro (basée sur l'instant où la vitesse angulaire du volant atteint $75^\circ/\text{s}$) a confirmé que cette méthode permet de distinguer de manière efficace et fiable le début de l'impulsion de direction Sinus avec palier par rapport au bruit de fond présent sur la voie de mesure de l'angle de braquage du volant. Sur cette base, le règlement inclut le critère de $75^\circ/\text{s}$ mentionné plus haut, plus la valeur de l'angle de braquage de 5° proposée par les participants. La valeur de temps au début de la manœuvre de braquage, utilisée pour calculer les caractéristiques de réactivité latérale, est déterminée par interpolation.

ii) Détermination de la fin de la manœuvre de braquage

163. Pour les mêmes raisons, il a été décidé qu'il fallait également disposer d'un point non ambigu définissant la fin de la manœuvre de braquage pour garantir la répétabilité des calculs des données d'efficacité mesurées lors des essais de conformité. En conséquence, le règlement reprend la proposition de l'industrie automobile consistant à définir la fin de la manœuvre de braquage comme étant le premier instant où l'angle de braquage du volant recalé au zéro passe par 0° après la deuxième pointe d'angle de braquage du volant.

iii) Corrections des dérives par rapport au zéro

164. Les participants ont fait valoir que, compte tenu du risque de dérive dans le temps s'appliquant aux accéléromètres utilisés pour les mesures du déplacement latéral, le règlement devrait se fonder sur les données obtenues 1 s avant le début de la manœuvre de braquage pour recalé au zéro les accéléromètres et le signal de roulis. Cette recommandation a été suivie pour les raisons données ci-après. Avant la manœuvre d'essai, le conducteur doit orienter le véhicule sur le cap voulu, placer le volant sur l'angle de braquage zéro, et parvenir en prise et gaz coupés à la vitesse d'essai prescrite de 80 km/h. Ce processus, consistant à réaliser un «état quasi stabilisé», devrait avoir lieu quelques secondes avant le début de la manœuvre, mais il peut être perturbé par des facteurs extérieurs tels que la présence de véhicules sur la piste d'essai, les variations de décélération du véhicule, etc. Le fait de prescrire une durée de recalage zéro de 1 s offre un bon compromis entre la nécessité de disposer d'un temps suffisant (pour collecter assez de données pour permettre le recalage zéro précis des données d'essai) et la facilité d'exécution (la durée n'est pas si longue qu'elle impose au conducteur une tâche trop difficile). L'expérience a montré que l'utilisation d'un intervalle de 0,5 s est généralement suffisante, mais la valeur de 1,0 s a été jugée préférable car elle offre une marge de sécurité plus grande. Par contre, il a été considéré comme peu probable que la prolongation de la plage de recalage zéro au-delà de 1 s puisse améliorer la précision du recalage.

iv) Utilisation des calculs d'interpolation

165. Dans les calculs relatifs aux données d'efficacité lors de l'essai, il est nécessaire de déterminer l'instant et/ou la valeur de plusieurs éléments, notamment: 1) début de la manœuvre de braquage; 2) valeur à 1,07 ou 1,32 s après le début de la manœuvre de braquage; 3) fin de la manœuvre de braquage; 4) valeur à 1 s après la fin de la manœuvre de braquage; et 5) valeur à 1,75 s après la fin de la manœuvre de braquage. Lors de l'élaboration du RTM, il a été décidé que pour la détermination de valeurs mesurées à des instants précis, l'interpolation fournit des résultats plus cohérents et est moins sensible aux variations de taux d'échantillonnage que d'autres approches (consistant par exemple à choisir l'échantillon qui est le plus proche dans le temps du phénomène considéré). C'est pourquoi le règlement applique cette méthode dans le post-traitement des données d'essai.

v) Méthode de détermination de l'angle de pointe de braquage du volant

166. L'industrie automobile a fait valoir que les caractéristiques de réactivité étaient évaluées en fonction de l'angle de braquage du volant (ABV), et qu'il faudrait donc définir une méthode pour la détermination de la valeur réelle de l'ABV. Il a été proposé de se fonder sur la première valeur de pointe mesurée de l'ABV, car c'est cette valeur de pointe qui influe directement sur la

mesure de réactivité. Toutefois, comme il a été discuté plus haut, il a été décidé, dans le règlement, de spécifier une valeur de couple nominal de l'appareil de braquage utilisé pour l'essai de réactivité et d'utiliser l'angle de pointe de braquage programmé plutôt que l'angle de pointe de braquage mesuré comme caractéristique de l'essai dans lequel le véhicule doit satisfaire au critère de réactivité.

- vi) Nécessité de disposer d'un noyau commun en ce qui concerne les méthodes de traitement de données

167. Étant donné que les méthodes de traitement des données peuvent avoir un impact notable sur les résultats obtenus, il a été ajouté au texte réglementaire des informations précises sur les opérations de traitement des données.

e. Conditions d'essai

1) Conditions ambiantes

- i) Plage de température ambiante

168. Le présent RTM stipule que les essais doivent être exécutés par une température ambiante comprise entre 0 et 45 °C, alors qu'à l'origine la température minimum avait été fixée à 7 °C compte tenu des observations présentées par les participants. Cette décision a été prise parce que les résultats de recherche démontrent que plus la température augmente plus la réactivité diminue, ce qui est typique des véhicules équipés de pneumatiques toutes saisons. Le choix des valeurs de température reflète un souci général de réduire les facteurs de variabilité lors des essais de véhicules et donc d'éviter qu'un véhicule soit essayé à des températures qui améliorent ses chances de subir l'essai avec succès. Des températures minimales encore plus élevées (10 °C par exemple) ont été envisagées, mais on a estimé que ces températures avaient l'inconvénient de réduire la durée de la saison d'essai dans le cas d'installations d'essai éventuellement situées en région froide. La valeur retenue représente donc un compromis qui répond aux deux impératifs d'une meilleure répétabilité et d'une facilité d'exécution pratique. Des détails supplémentaires sont donnés ci-après sur la manière dont ces limites de température ambiante ont été fixées.

169. Des participants de l'industrie automobile ont fait savoir que leurs études avaient permis de conclure à un risque de variabilité des résultats d'essais liés à la température. Ils ont souligné qu'à des températures proches de zéro, certains pneumatiques à hautes performances pouvaient entrer dans une «plage de transition vitreuse»²¹ qui risquait d'introduire un facteur additionnel de variabilité. En conséquence, il était recommandé que la limite inférieure de la température soit fixée à 10 °C. Outre l'avantage de réduire la variabilité des résultats d'essais, on a fait valoir que

²¹ Il s'agit d'un terme utilisé par certains industriels pour désigner un état du caoutchouc dans lequel il se transforme en un corps solide quasi vitreux aux basses températures, à un degré variable selon la composition du polymère. D'après les représentants de l'industrie automobile, pour certains pneumatiques hautes performances, la plage de transition vitreuse (c'est-à-dire la plage de température entre le point où le matériau est à l'état vitreux et celui où il a les propriétés du caoutchouc) pourrait se recouper en partie avec la partie inférieure de la plage de température ambiante proposée.

cette approche, en ce qui concerne les conditions de température relative aux procédures d'essai, permettrait d'effectuer des essais pratiquement toute l'année dans de nombreuses installations et réduirait les contraintes de la vérification de la conformité aux basses températures, et permettrait d'éviter les complications soulevées par la présence de neige et de glace au cours des essais.

170. On ne doit pas perdre de vue que le système ESC d'un véhicule est conçu pour et destiné à résoudre les problèmes de stabilité du véhicule dans une large plage de conditions environnementales. Les essais effectués indiquent que le déplacement latéral, sur les véhicules équipés de pneumatiques toutes saisons, varie en fonction de la température ambiante. D'après l'industrie automobile, les données indiquent que le déplacement latéral, dans le cas de ces véhicules, augmente au fur et à mesure que la température ambiante baisse, ce qui semble signifier qu'il serait plus facile de satisfaire aux prescriptions relatives au déplacement aux basses températures ambiantes. Par contre, la même relation n'a pas été observée sur les véhicules d'essais équipés de pneumatiques à hautes performances. (Certains pneumatiques à hautes performances ne sont pas conçus pour fonctionner aux températures proches du gel, et la variabilité de leurs performances dans ces conditions est inconnue parce que dans les études examinées sur la répétabilité des résultats, les pneumatiques ont été essayés dans les plages de température pour lesquelles ils ont été conçus.) L'industrie automobile recommandait de réduire les risques de variabilité des résultats d'essais en rétrécissant la fourchette de températures ambiantes dans le cadre des conditions d'essai. C'est pourquoi la limite inférieure de la plage de température pour les essais de système ESC a été fixée à 7 °C. On a jugé que cette valeur est suffisamment basse pour étendre la durée de la saison d'essais dans un grand nombre d'installations, et correspond en même temps à la limite inférieure de la plage de température de fonctionnement pour certaines catégories de pneumatiques à hautes performances. Cependant, comme certaines Parties contractantes ont demandé que cette limite inférieure soit abaissée à 0 °C et qu'il se peut que certaines combinaisons pneumatique/véhicule se comportent de façon acceptable à cette température, le présent RTM a décidé de fixer ladite limite inférieure à 0°.

ii) Vitesse du vent

171. Les participants de l'industrie automobile se sont inquiétés des effets que pourrait avoir la valeur de vitesse maximale du vent de 10 m/s admise lors des essais sur le comportement de certaines configurations de véhicules (fourgons de grande capacité, minibus de 15 places, véhicules à plusieurs étages). On a estimé qu'un vent transversal de 10 m/s pouvait réduire le déplacement latéral à 1,07 s de 0,15 m par rapport à la valeur obtenue lors du même essai exécuté par conditions calmes. En conséquence, les participants de l'industrie automobile ont recommandé une valeur de 5 m/s pour la vitesse maximale admise du vent, valeur conforme à celle fixée dans la norme ISO 7401.

172. Certes, la vitesse du vent peut avoir certaines incidences sur le déplacement latéral pour certaines configurations de véhicules, y compris les gros véhicules de type SUV et les fourgons. Par contre, le fait d'adopter une limite de vitesse du vent de 5 m/s pouvait imposer des contraintes additionnelles en restreignant les conditions ambiantes dans lesquelles les essais peuvent être exécutés. C'est compte tenu de ces considérations que l'on a fixé la vitesse maximale du vent à 5 m/s pour les véhicules dont le facteur de stabilité statique (SSF) est inférieur ou égal à 1,25 et à 10 m/s pour ceux dont le SSF est supérieur à 1,25. De la sorte, on

réduira les facteurs de variabilité pour les véhicules censés être les plus affectés par la vitesse du vent, tout en évitant d'imposer des contraintes additionnelles aux laboratoires d'essais.

173. Il convient de noter que si la limite de vitesse du vent était fixée à 5 m/s pour tous les véhicules légers, cela restreindrait indûment le nombre de jours pendant lesquels des essais peuvent être exécutés; par contre, des vents allant jusqu'à une vitesse de 10 m/s ne posent pas de problèmes notables pour les berlines, compte tenu de la surface latérale réduite de ces dernières.

2) Revêtement d'essai

174. Le présent RTM stipule que les essais doivent être effectués sur un revêtement en dur, uniforme et sec, dépourvu d'ondulations et d'irrégularités, telles que déclivités et crevasses. Il spécifie également que le revêtement d'essai doit avoir une pente régulière ne dépassant pas 1 %. Bien qu'il ait été envisagé de prescrire une valeur maximale de pente de 2 % (l'essai devant alors être effectué dans le sens montant), cette solution a été rejetée, car la plupart des pistes d'essai avaient d'ores et déjà une pente de 1 % ou moins, valeur suffisamment faible pour qu'il ne soit pas nécessaire de préciser un sens de roulement.

175. Le présent RTM stipule en outre que le revêtement d'essai doit avoir un coefficient d'adhérence maximal nominal de 0,9, sauf indication contraire, obtenu au moyen de l'une des deux méthodes de mesure ci-dessous, préconisées par les Parties contractantes:

a) Méthode de mesure E1337-90 (réapprouvée en 1996) de l'ASTM (American Society for Testing and Materials), effectuée au moyen du pneumatique d'essai de référence normalisé E1136-93 (1993), à une vitesse de 64,4 km/h, sans aspersion d'eau;

b) Méthode définie à l'appendice 2 de l'annexe 6 du Règlement CEE n° 13-H.

176. Le fait de fixer le coefficient d'adhérence nominal à 0,9 ne signifie pas que l'on souhaite renoncer à effectuer des essais sur piste dont le coefficient d'adhérence n'est pas forcément égal à cette valeur, mais plutôt pour autoriser les Parties contractantes à utiliser les revêtements à forte adhérence dont ils disposent. Concrètement, les constructeurs ont le droit d'effectuer leurs essais de conformité sur un revêtement présentant un coefficient d'adhérence inférieur afin de prévoir les cas les plus défavorables. De la sorte, ils ont l'assurance de réussir les essais de conformité menés par les autorités sur un revêtement dont le coefficient d'adhérence est égal ou supérieur à 0,9. En d'autres termes, un véhicule qui satisfait aux prescriptions sur une piste dont le coefficient d'adhérence est inférieur à 0,9 est considéré comme conforme sur un revêtement dont le coefficient d'adhérence est égal à 0,9.

3) Préparation du véhicule

i) Masse d'essai du véhicule

177. La procédure d'essai du présent RTM prescrit que le véhicule doit être chargé de telle sorte que le réservoir en carburant soit rempli à au moins 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 soit d'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. S'il est nécessaire, 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.

178. Étant donné que la masse d'un individu masculin du 95^e centile est de 102 kg²², on a estimé que la masse maximale fixée pour le conducteur d'essai (109 kg) offrait une marge suffisante et ne devrait pas imposer de contrainte excessive aux organismes effectuant les essais des systèmes ESC.

179. Certains participants de l'industrie automobile des États-Unis ont recommandé de définir avec plus de précision l'endroit où doit être placé le lest (si celui-ci est nécessaire) dans le véhicule pour tenir compte des variations de la masse du conducteur d'essai et du matériel d'essai. On a donc inséré dans le règlement des prescriptions quant à l'emplacement du lest. Celles-ci n'ont pas seulement pour objet de garantir une répartition régulière de la masse du conducteur, de l'appareil de braquage et du matériel d'essai, mais de répondre aussi aux risques de déplacement d'un lest mal fixé lors des mouvements très brusques imposés au véhicule par la manœuvre de l'impulsion Sinus avec palier. Les Parties contractantes pourront énoncer des prescriptions plus détaillées dans les procédures d'essai complémentaires qu'elles adopteraient le cas échéant.

ii) Béquilles antirenversement

180. Les participants de l'industrie automobile ont reconnu que l'usage de ces béquilles pourrait être utile lors de l'essai, mais ils ont recommandé que le règlement spécifie expressément quelles classes de véhicule doivent être munies de béquilles (à savoir camionnettes, véhicules à usages multiples et minibus) et énonce les caractéristiques techniques de ces dispositifs. Ils considéraient que sans prescriptions à ce sujet, il y avait un risque que la présence de béquilles modifie le comportement dynamique du véhicule lors des essais. C'est pourquoi, afin de réduire la variabilité entre essais et d'améliorer la répétabilité des résultats, le présent RTM stipule que les béquilles peuvent être utilisées si elles sont considérées comme nécessaires à la sécurité du conducteur. Pour les véhicules dont la SSF est inférieure ou égale à 1,25, le présent RTM précise en outre la masse maximale et le moment d'inertie en roulis que doivent avoir les béquilles.

f. Procédure d'essai

1) Prescriptions concernant la justesse de l'appareillage

181. Un constructeur a demandé que soient ajoutées au RTM des prescriptions concernant la justesse pour les appareils de mesure suivants utilisés lors des essais: 1) capteur de vitesse angulaire en lacet, 2) appareil de braquage, 3) capteur d'accélération latérale. On a cependant jugé qu'il n'était pas nécessaire d'inclure les caractéristiques prescrites des capteurs dans la partie réglementaire du RTM. Pour leur part, les Parties contractantes pourront les faire figurer dans leurs propres procédures d'essai sous forme d'instructions détaillées s'adressant

²² Schneider, L. W., Robbins, D. H., Pflug, M. A., et Synder, R. G., «Development of Anthropometrically Based Design Specifications for an Advanced Adult Anthropomorphic Dummy Family - Vol. 1 - Procedures, Summary Findings, and Appendices», The University of Michigan Transportation Research Institute Report UMTRI-83-53-1, décembre 1983, tableaux 2 à 5 (p. 20).

au personnel d'essai (matériel d'essai à utiliser, limitations en ce qui concerne la variabilité des caractéristiques de sortie du matériel, etc.). Des valeurs indicatives des caractéristiques des capteurs utilisés pour la recherche et les essais sont données ci-après:

2) Tolérances

182. La procédure d'essai du RTM inclut une prescription relative au conditionnement des freins dans le cadre des essais. Plus précisément, elle prévoit que le véhicule doit effectuer une série d'arrêts à partir de 56 km/h ou 72 km/h selon le cas pour conditionner les freins avant les essais ultérieurs. En outre, le véhicule doit effectuer plusieurs parcours avec impulsion sinusoïdale imprimée à la direction à 56 km/h pour conditionner les pneumatiques.

183. Un certain nombre de participants ont recommandé que le présent RTM énonce des tolérances précises pour la vitesse et la décélération du véhicule lors du conditionnement des pneumatiques et des freins avant l'essai de conformité, afin de garantir l'uniformité des conditions d'essai.

184. On a jugé qu'il n'était pas nécessaire de modifier les prescriptions concernant le conditionnement des pneumatiques et des freins figurant dans le texte réglementaire pour y inclure des valeurs de tolérance pour la vitesse et la décélération du véhicule. La finalité de l'opération de conditionnement des pneumatiques est de faire disparaître l'agent de moulage et de porter les pneumatiques à la température d'essai. Des variations mineures de la vitesse du véhicule par rapport aux prescriptions ne devraient pas avoir d'incidence mesurable sur cette finalité. De même, des variations mineures des valeurs de vitesse de début de la manœuvre et de décélération prescrites dans le règlement ne devraient pas avoir d'effet négatif sur les résultats de l'opération de conditionnement des freins.

3) Position de l'accéléromètre latéral

185. Il a été recommandé que la procédure d'essai inclue des prescriptions détaillées sur la manière de calculer l'accélération latérale. Ainsi, par exemple, sur certains véhicules, il pourrait être impossible d'installer un capteur d'accélération latérale à l'emplacement précis du centre de gravité du véhicule; dans de tels cas, disait-il, un facteur de correction serait nécessaire pour tenir compte de la variation de position du capteur.

186. Effectivement, il ne sera pas toujours possible d'installer un capteur d'accélération latérale à l'emplacement exact du centre de gravité du véhicule. C'est pourquoi il est important de prévoir une transformation des coordonnées pour rapporter les valeurs d'accélération latérale mesurées à l'emplacement du centre de gravité du véhicule. Les équations particulières à utiliser pour exécuter cette opération, ainsi que celles à appliquer pour corriger les données d'accélération latérale compte tenu de l'angle de roulis du véhicule, pourraient être incorporées dans une procédure d'essai complémentaire élaborée par les Parties contractantes au RTM.

4) Calcul du déplacement latéral

187. Un participant s'est déclaré préoccupé par la présence dans la procédure d'essai de dispositions prévoyant le calcul du déplacement latéral par double intégration par rapport au temps de la mesure de l'accélération latérale au centre de gravité du véhicule (le temps $t=0$

pour l'opération d'intégration étant l'instant de l'action initiale sur la commande); il estimait que le même véhicule, lors d'essais effectués dans différentes installations et par différents techniciens, pourrait présenter des variations de déplacement latéral allant jusqu'à 60 cm. Plus précisément, il considérait que des problèmes pouvaient se poser en ce qui concerne le calcul du déplacement latéral conformément à la procédure d'essai ainsi que la répétabilité de ces opérations²³. Il suggérait de baser l'essai sur le critère de «vitesse angulaire de dérapage» plutôt que sur le «déplacement en dérapage», car à son avis cette méthode rendrait le facteur temps moins important, la vitesse angulaire de dérapage à 1,071s étant approximativement constante, et faisait valoir que la mesure de la «vitesse angulaire de dérapage» serait plus facilement répétable.

188. D'un point de vue technique strict, le déplacement latéral mesuré dans le cadre du règlement n'est pas «le déplacement latéral du centre de gravité du véhicule», mais une approximation de ce dernier. Dans le contexte actuel, la position du centre de gravité du véhicule correspond au centre de gravité longitudinal, mesuré lorsque le véhicule est à l'arrêt sur un revêtement uniforme et plat. La valeur de déplacement latéral telle qu'elle est définie est fondée sur la double intégration de données d'accélération latérale exactes. Ces dernières sont des données d'accélérations latérales recueillies avec un accéléromètre, corrigées pour les effets de l'angle de roulis, et rapportées au centre de gravité du véhicule sur la base d'équations de transformation des coordonnées. Les accéléromètres sont couramment utilisés dans les laboratoires d'essai des véhicules, et leurs modalités d'installation sont simples et bien connues. Cependant, le présent RTM autorise aussi l'utilisation de données GPS pour le calcul du déplacement latéral si une Partie contractante prouve que cette méthode est au moins aussi précise que la méthode par double intégration.

189. On peut considérer qu'aux fins de l'application des critères d'efficacité aux systèmes ESC, l'utilisation de mesures d'accélération pour calculer le déplacement latéral est une méthode simple, raisonnablement exacte et peu coûteuse pour évaluer la réactivité du véhicule. Étant donné que l'intervalle d'intégration est court (pour mémoire, le déplacement latéral est évalué à 1,07 s après le début de l'action sur la commande de direction), les erreurs d'intégration

²³ En ce qui concerne le calcul du déplacement latéral, il était souligné que l'intégration de l'accéléromètre dans un référentiel en rotation ne permet pas de calculer le déplacement latéral réel, car avec cette technique, un véhicule sur lequel la rotation est plus prononcée (c'est-à-dire qui est à un angle de lacet plus important par rapport à la trajectoire en ligne droite) donnera un résultat différent, même à déplacement égal. Tout en admettant la nécessité de fixer une valeur dans le cadre de cet essai (par exemple 1,83 m comme proposé) il était suggéré d'utiliser un terme permettant d'éviter toute confusion, tel que «déplacement lors de l'essai ESC» ou «déplacement en dérapage». En ce qui concerne la répétabilité des résultats, il était souligné que des variations de déplacement latéral pouvant aller jusqu'à 60 cm pouvaient résulter de petits écarts dans les conditions d'essai, y compris 1) l'utilisation d'une mesure du déplacement latéral réel (par GPS) plutôt que par la méthode proposée de la mesure par accéléromètre, 2) l'absence de correction de roulis pour la valeur d'accélération, 3) la variation causée par l'erreur de linéarité d'un accéléromètre de qualité médiocre, 4) le dévers de la piste destiné à favoriser l'évacuation des eaux de pluie, 5) les variations de l'angle de montage de l'accéléromètre dans le véhicule, 6) des erreurs temporelles dans l'acquisition des données, 7) des différences dues à l'utilisation d'accéléromètres à largeur de bande de 10 Hz par rapport à des appareils à large bande, 8) des variations de la dérive naturelle des véhicules.

devraient être faibles. Les méthodes de traitement des données, en particulier des méthodes plus affinées de correction des biais du signal et du recalage au zéro devraient permettre de réduire au minimum les effets parasites que ces facteurs peuvent avoir sur les résultats d'essai, de manière à garantir la répétabilité. Les Parties contractantes sont incitées à donner libre accès à ces méthodes appliquées dans le cadre du post-traitement des données pour le calcul du déplacement latéral, de manière que les constructeurs, ainsi que les fournisseurs de systèmes ESC, sachent précisément comment sera évaluée la réactivité des véhicules qu'ils fabriquent (ou qu'ils équipent). Si les capteurs servant à mesurer la réponse du véhicule satisfont aux exigences de justesse et ont été installés et configurés correctement, l'application des méthodes d'analyse prescrites par le présent RTM devraient permettre de réduire au minimum les risques de divergences des résultats lors d'essais effectués par des parties différentes. Les accéléromètres, devraient répondre aux spécifications suivantes: 1) largeur de bande > 300 Hz, 2) non-linéarité < 50 $\mu\text{g}/\text{g}^2$, 3) résolution < 10 μg , et 4) bruit du signal de sortie < 7,0 mV. On trouvera dans le tableau ci-après une récapitulation de l'appareillage à utiliser lors de l'essai de manœuvre Sinus avec palier.

Données mesurées	Type	Plage	Justesse
Angle de braquage du volant	Encodeur d'angle	± 720 degrés	$\pm 0,10$ degré ¹
Accélération longitudinale, transversale et verticale; vitesse de roulis, de lacet et de tangage	Système de capteurs à inertie multi-axes	Accéléromètres: ± 2 g Capteurs de vitesse angulaire: $\pm 100^\circ/\text{s}$	Accéléromètres: < 50 $\mu\text{g}/\text{g}^2$ ² Capteurs de vitesse angulaire: $\leq 0,05$ % de l'échelle ²
Hauteur de caisse latérale du véhicule à gauche et à droite	Système de mesure ultrasonique de la distance	10-102 cm	0,25 % de la distance maximale
Vitesse du véhicule	Capteur radar de vitesse	0,16-201 km/h	0,16 km/h

¹ Résolution combinée de l'encodeur et du convertisseur D/A.

² Spécifications de non-linéarité.

5) Angle maximal de braquage

190. Les représentants des constructeurs des États-Unis se sont inquiétés de ce que les angles de braquage prévus dans le cadre de la procédure d'essai soient fixés à une valeur excessive pour les véhicules ayant une commande de direction très démultipliée. Il a fait valoir que la limite supérieure de vitesse angulaire pouvant être atteinte par un conducteur moyen est d'environ 1 000°/s, ce qui correspond à un angle de braquage de 227° lors d'une manœuvre Sinus avec palier à une fréquence de 0,7 Hz. Il a souligné que l'angle de braquage de 270° correspondait à une vitesse angulaire au volant de 1 188°/s, valeur qui dépassait la vitesse de braquage dont est capable un conducteur moyen.

191. Il existait cependant des études qui démontraient qu'un conducteur humain peut braquer le volant à des vitesses angulaires allant jusqu'à $1\ 189^\circ/\text{s}$ pendant 750 ms, vitesse qui correspond à un angle de braquage maximal d'environ 303° ²⁴. Il n'est pas niable toutefois que la méthode appliquée pour déterminer les angles de braquage maximaux lors de la manœuvre Sinus avec palier puisse produire des angles de braquage très importants. Sur les 62 modèles de véhicule utilisés pour l'élaboration des critères d'efficacité lors de la manœuvre Sinus avec palier, l'angle de braquage le plus grand a atteint 371° (cette valeur étant calculée par multiplication de l'angle de braquage moyen donnant une accélération latérale de 0,3 g lors de la manœuvre du braquage croissant progressivement par un facteur 6,5). Un tel angle de braquage au volant nécessite une vitesse angulaire réelle au volant de $1\ 454^\circ/\text{s}$, valeur largement supérieure aux capacités d'un conducteur humain.

192. Pour garantir que l'angle de braquage maximal prescrit dans le règlement n'excède pas les capacités d'un conducteur humain, le règlement prévoit que l'amplitude de braquage du parcours final de chaque série doit correspondre à la plus grande des deux valeurs: 6,5 A ou 270° , à condition que la valeur calculée de 6,5 A soit égale ou inférieure à 300° . Si un accroissement quelconque de 0,5 A, jusqu'à la valeur de 6,5 A, est supérieur à 300° , l'angle maximal de braquage du parcours final doit être de 300° .

6) Filtrage des données

193. Les participants ont recommandé que le présent RTM inclue directement dans le texte réglementaire des spécifications pour les méthodes de filtrage des données, étant donné l'influence potentielle importante de différentes méthodes de filtrage sur le résultat final obtenu. Plus précisément, l'industrie automobile a recommandé le protocole de filtrage suivant pour toutes les voies (à l'exception de l'angle de braquage du volant et de la vitesse angulaire du volant): a) établir un filtre Butterworth passe-bas à 6 pôles ayant une fréquence de coupure de 6 Hz et b) filtrer les données vers l'avant et vers l'arrière de manière à neutraliser le décalage de phase. Pour la voie de données de l'angle de braquage du volant, il a été recommandé d'appliquer le même protocole, mais avec une fréquence de coupure de 10 Hz. Pour la vitesse angulaire du volant, il a également été recommandé d'adopter une méthode de calcul spécifique.

194. Les méthodes de filtrage des données peuvent avoir un impact important sur les résultats finals d'essai qui servent de base pour déterminer la conformité du véhicule avec le présent Règlement. Les protocoles de filtrage et de traitement doivent donc être suivis pour garantir l'obtention de résultats d'essai cohérents et répétables. En conséquence, la section procédure

²⁴ En tant que paramètre de base, la fréquence de la courbe sinusoïdale utilisée pour l'impulsion Sinus avec palier est de 0,7 Hz. Compte tenu de cette fréquence, l'intervalle de temps entre la fin de l'impulsion de direction (première pointe d'amplitude) et la fin de l'inversion du sens de rotation (deuxième pointe d'amplitude) est d'environ 714 ms, quel que soit l'angle de braquage programmé. Plusieurs études basées sur des manœuvres de double déboîtement ont été effectuées pour évaluer la limite supérieure des capacités de braquage d'un conducteur humain; elles ont donné des résultats conformes à ceux mentionnés plus haut. Voir Forkenbrock, Garrick J. et Devin Elsasser, «An Assessment of Human Driver Steering Capability», NHTSA Technical Report, DOT HS 809 875, octobre 2005. Peut être consulté à l'adresse suivante: http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/vrtc/ca/capubs/NHTSA_forkenbrock_driversteeringcapabilityrpt.pdf.

d'essai du texte réglementaire du RTM énonce maintenant des spécifications en ce qui concerne les protocoles et techniques critiques de filtrage appliqués pour le traitement des données d'essai.

7) Température des freins

195. Les participants de l'industrie automobile ont exprimé leur avis sur l'effet des températures des garnitures de freins sur les résultats de l'essai ESC, en particulier compte tenu de la possibilité que les conducteurs d'essai aient à freiner fortement entre deux parcours d'essai. Il a été présenté des graphiques qui résultaient de recherches censées démontrer les variations des conditions d'essai dues à la température des garnitures de freins, le résultat des essais étant alors le reflet des conditions d'exécution et non pas de l'efficacité escomptée des systèmes ESC en conditions réelles. C'est pourquoi, afin de réduire au minimum le risque de résultats non représentatifs, il était recommandé que la procédure d'essai de l'ESC spécifie un temps d'arrêt minimal de quatre-vingt-dix secondes entre parcours pour permettre un refroidissement suffisant des garnitures de freins.

196. Étant donné qu'une température excessive des freins pouvait avoir une incidence sur les résultats d'essai, il a été effectivement ajouté à la procédure d'essai un délai minimal d'arrêt entre parcours pour garantir que les températures des freins ne soient pas excessives. Un délai de quatre-vingt-dix secondes, comme recommandé par l'industrie automobile, représente une limite inférieure raisonnable pour le délai d'arrêt entre parcours. Le règlement spécifie aussi un délai d'attente maximal de cinq minutes entre parcours, pour garantir que les freins et pneumatiques restent à leur température de fonctionnement, ce qui est une caractéristique importante compte tenu du fait que les procédures d'essai visent à simuler les conditions réelles de conduite. Pour ces raisons, le règlement prescrit que le délai admissible entre deux essais de manœuvre Sinus avec palier doit être compris entre quatre-vingt-dix secondes et cinq minutes.

8) Arrondissement de la valeur de l'angle du braquage du volant donnant une accélération latérale de 0,3 g

197. Au cours du processus d'élaboration du RTM, on avait envisagé d'adopter l'approche décrite ci-après: sur la base des résultats des essais avec braquage croissant progressivement, on détermine la quantité «A». «A» est l'angle du braquage du volant en degrés qui produit une accélération latérale en régime stabilisé de 0,3 g pour le véhicule d'essai à 80 km/h; 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. La moyenne, arrondie au degré le plus proche, des six valeurs absolues de «A», ainsi calculées donne la valeur finale de «A».

198. Les participants de l'industrie automobile ont fait savoir qu'ils n'étaient pas favorables à ce que la valeur d'angle de braquage du volant à 0,3 g soit arrondie à l'unité la plus proche, parce que cette manière de procéder risque d'accroître la variabilité entre parcours d'essai. On a souligné qu'elle pourrait aussi accroître d'un facteur 5 la variabilité de l'angle de braquage du volant à un facteur scalaire 5,0 (point où commencent les mesures proposées des données de réactivité). D'après les représentants de l'industrie automobile, l'arrondissement à l'unité ne simplifierait pas la programmation ou la commande de l'appareil de braquage. En conséquence, les participants ont recommandé d'arrondir la valeur de l'angle de braquage du volant donnant 0,3 g au dixième de degré le plus proche, de manière à éliminer cette cause de variabilité des résultats.

199. Cette recommandation a été appliquée dans le présent RTM. Le fait d'arrondir les valeurs d'angle à ce niveau ne devrait pas compliquer la programmation de l'appareil de braquage et devrait réduire la variabilité sur le nombre de parcours d'essai prescrit.

9) Autres procédures d'essai

200. Tout en reconnaissant qu'il existait un compromis à trouver entre la stabilité latérale et l'intensité de l'intervention, certains représentants ont fait valoir qu'il devrait y avoir des évaluations sur d'autres procédures d'essai existantes et sur les motifs pour lesquels elles ne sont pas adoptées. En outre, cette organisation s'est déclarée préoccupée par le fait que la procédure d'essai ne tient pas compte des risques d'erreur de mesure qui permettraient à des véhicules d'obtenir des résultats positifs à l'essai d'efficacité de manière injustifiée.

201. On peut considérer qu'un compromis satisfaisant entre stabilité latérale et intensité de l'intervention est atteint lorsqu'un véhicule léger est conforme aux critères d'évaluation du RTM, aussi bien en ce qui concerne la stabilité latérale que la réactivité. L'élaboration de ces critères est le fruit de centaines d'heures d'essai et d'analyse des données. Ils offrent un moyen très efficace d'évaluer objectivement si la stabilité latérale d'un véhicule équipé de l'ESC est satisfaisante.

202. Le critère de réactivité proposé pour le présent RTM, d'après lequel un véhicule ayant un PTC supérieur à 3 500 kg doit avoir un déplacement latéral d'au moins 1,83 m lorsque la manœuvre Sinus avec palier est exécutée à des angles de braquage normalisés supérieurs à 5,0, offre une protection satisfaisante contre l'utilisation de systèmes ESC ayant une action trop énergique sur le comportement du véhicule, même ceux spécifiquement conçus pour réduire des risques de renversement non causés par un obstacle (c'est-à-dire les systèmes où la stabilité est considérée comme plus importante que la capacité à suivre une trajectoire). Certes, l'obtention d'une stabilité latérale satisfaisante est très importante, mais elle ne devrait pas être obtenue par des mesures réduisant de façon inacceptable la capacité du véhicule à éviter un obstacle.

203. Le degré d'intensité de l'intervention de l'ESC est fonction des choix faits par le constructeur et le fournisseur d'ESC en matière de «réglage» du système ESC pour une marque ou un modèle particulier, et il détermine dans quelle mesure l'intervention est perceptible pour le conducteur. On n'a pas jugé judicieux d'énoncer des prescriptions en ce qui concerne le degré d'intensité de l'intervention, car il peut impliquer des éléments très subjectifs. Dans la mesure où le système ESC d'un véhicule satisfait aux définitions du règlement en ce qui concerne le matériel et le logiciel, et permet aux véhicules de satisfaire aux critères énoncés de stabilité latérale et de réactivité, le degré plus ou moins perceptible de l'intervention devrait être une caractéristique de réglage relevant de la compétence du constructeur ou du fournisseur d'ESC.

204. En ce qui concerne la question du choix de la manœuvre d'essai, il convient de rappeler qu'aux États Unis 12 manœuvres d'essai ont été évaluées avant que la manœuvre Sinus avec palier ait finalement été retenue pour l'évaluation de l'efficacité de l'ESC. Comme expliqué ci-après, cette évaluation a été effectuée en deux étapes, avec une présélection de 12 manœuvres à 4, puis une sélection de 4 à 1.

205. La première étape a commencé par la définition de trois paramètres importants:

1) «sévérité» de la manœuvre, 2) capacité à produire des résultats répétables et reproductibles sur

la base de paramètres correspondant à des scénarios de conduite réelle («représentativité» interne et externe), 3) capacité à permettre une évaluation efficace aussi bien de la stabilité latérale que de la réactivité («exécutabilité»). Pour quantifier le degré auquel chaque manœuvre répondait à ces attributs, des notations allant de «excellent» à «moyen» étaient affectées à chacune des 12 manœuvres, pour chacun des trois critères d'évaluation des manœuvres. Sur les 12 manœuvres d'essai, quatre seulement ont reçu une notation «excellent»²⁵ pour chacun des critères d'évaluation – l'impulsion sinusoïdale d'amplitude croissante (0,7 Hz), l'impulsion Sinus avec palier (0,7 Hz), la manœuvre de l'Accélération en lacet lors d'une inversion de la direction (YASR; 500°/s), et la manœuvre d'Accélération en lacet lors d'une inversion de direction avec pause (YASR avec pause; 500°/s de vitesse angulaire).

206. La deuxième étape du processus de présélection utilisait des données provenant de 24 véhicules (représentant un assortiment: voitures sportives, berlines, minispaces, petits et grands véhicules «pick-up» et véhicules de type SUV) pour comparer les aspects de sévérité, de représentativité et d'exécutabilité des quatre manœuvres présélectionnées. Les quatre manœuvres ont été comparées et classées par ordre en fonction de leur aptitude à satisfaire à ces trois critères d'évaluation.

207. Sur les quatre manœuvres présélectionnées, la manœuvre Sinus avec palier et la manœuvre Accélération en lacet lors d'une inversion de la direction avec pause (YASR with Pause) sont arrivées en tête du point de vue de l'évaluation de l'élément stabilité latérale des fonctions ESC. Toutefois, compte tenu du fait que la manœuvre Sinus avec palier nécessitait des angles de braquage plus faibles pour produire un dérapage incontrôlé sur 5 des 10 véhicules évalués lors d'un braquage gauche-droite, et 2 desdits véhicules évalués lors d'un braquage droite-gauche (les 13 essais restants utilisant les mêmes angles de braquage), il a été attribué à la manœuvre Sinus avec palier un degré de sévérité plus élevé qu'à la manœuvre Accélération en lacet par inversion de la direction avec pause (YASR with Pause).

208. De manière générale, les manœuvres Sinus d'amplitude croissante et Accélération en lacet par inversion de la direction (YASR) étaient celles qui exigeaient le plus fort braquage pour causer un dérapage incontrôlé, quel que soit le sens du braquage. Mais la manœuvre Sinus d'amplitude croissante a également produit les plus basses valeurs normalisées de la deuxième pointe de vitesse angulaire en lacet, ce qui impliquait qu'elle était la moins sévère pour la plupart des 24 véhicules d'essai utilisés pour la comparaison. Pour cette raison, le classement le plus bas du point de vue de la sévérité a été attribué à la manœuvre Sinus d'amplitude croissante.

209. Chacune des quatre manœuvres présélectionnées avait, par la nature des choses, un haut degré de représentativité du fait qu'elles comportaient toutes des impulsions sur la direction semblables à celles pouvant être produites par un conducteur humain lors d'une manœuvre

²⁵ Les qualificatifs utilisés pour l'évaluation des manœuvres d'essai étaient par ordre de qualité décroissante: «excellent, bon et moyen». Une manœuvre qualifiée d'excellente était une manœuvre permettant de démontrer de manière claire si un véhicule était ou n'était pas équipé d'un système ESC satisfaisant à la version préliminaire des critères d'efficacité minimale du RTM. Inversement, une manœuvre qualifiée de «moyenne» ne permettait pas de démontrer de manière claire si ce véhicule était ou n'était pas équipé d'un système ESC capable de satisfaire à la version préliminaire des critères d'efficacité minimale.

d'urgence pour éviter un obstacle. Sur les quatre, la manœuvre Sinus d'amplitude croissante cependant était la meilleure à cet égard. Conceptuellement, le profil de l'impulsion pour cette manœuvre était le plus proche de celui que des conducteurs en conditions réelles étaient susceptibles de produire²⁶, et même à des angles de braquage du volant atteignant 300°, la vitesse angulaire effective maximale du volant restait au niveau très raisonnable de 650°/s. Pour ces raisons, c'est cette manœuvre qui a reçu le meilleur classement du point de vue de la représentativité.

210. Les deux manœuvres YASR étaient classées au même niveau du point de vue de la représentativité, c'est-à-dire juste après la manœuvre classée en tête. Les impulsions de direction YASR comportaient des vitesses angulaires du volant d'un niveau très raisonnable de 500°/s; par contre, leur forme angulaire trapézoïdale s'éloignait des impulsions produites par les conducteurs en conditions réelles. Quant à l'impulsion Sinus avec palier, elle était caractérisée par un profil jugé très raisonnable, mais elle impliquait des vitesses angulaires de braquage proches des limites d'un conducteur humain.

211. Le critère d'exécutabilité des manœuvres Sinus avec palier et Sinus d'amplitude croissante a été jugé excellent. Ces manœuvres sont d'une programmation très facile sur l'appareil de braquage, et le fait qu'elles ne nécessitent pas de boucle de réaction en ce qui concerne la vitesse angulaire ou l'accélération simplifie l'appareillage nécessaire pour effectuer les essais. Par contre, les manœuvres YASR exigent un appareillage spécialisé (accéléromètre angulaire), et elles nécessitent l'utilisation d'une boucle de réaction prenant en compte l'accélération, sensible au rapport signal/bruit de l'accéléromètre à proximité de la pointe de vitesse angulaire en lacet. Les essais ont démontré que les grands angles de braquage pouvaient introduire des variations dans la durée du palier pouvant influencer négativement sur la sévérité de la manœuvre et le résultat de l'essai.

212. Après la prise en compte de la totalité des résultats d'essai provenant de l'évaluation des manœuvres présélectionnées, et pour les raisons exposées ci-dessus, on est arrivé à la conclusion que la manœuvre Sinus avec palier offre la meilleure combinaison des critères sévérité, représentativité et exécutabilité. Des informations plus détaillées sur le processus de sélection des manœuvres sont données dans un document technique de la série ESV (Enhanced Safety of Vehicles)²⁷ et dans un rapport technique connexe²⁸.

²⁶ Dans un scénario d'évitement d'obstacle, il est tout à fait concevable que la deuxième action sur la direction soit d'amplitude supérieure à la première. Si la première action sur la direction cause une suroscillation, l'action inverse du conducteur devra être égale à la première plus un angle de braquage suffisant pour combattre la suroscillation en lacet.

²⁷ Forkenbrock, Garrick J., Elsasser, Devin, O'Harra, Bryan C., *NHTSA's Light Vehicle Handling and ESC Effectiveness Research Program*, ESV Paper Number 05-0221, juin 2005 (Docket No. NHTSA-2006-25801-5).

²⁸ Forkenbrock, Garrick J., Elsasser, Devin, O'Harra, Bryan C., Jones, Robert E., *Development of Electronic Stability Control (ESC) performance criteria*, NHTSA Technical Report, DOT HS 809 974, septembre 2006. Peut être consulté à l'adresse suivante:
www-nrd.nhtsa.dot.gov/pdf/nrd-01/esv/esv19/05-0221-O.pdf.

213. En ce qui concerne l'incidence des erreurs de mesure, il a été souligné qu'un grand nombre de ces erreurs potentielles ont déjà été prises en compte dans le Règlement, lequel énonce des prescriptions concernant la justesse des accéléromètres utilisés pour les essais ESC et les opérations de post-traitement qui incluent d'emblée des algorithmes visant à résoudre ces problèmes.

214. Il ne faut pas perdre de vue que tous les essais d'évaluation sur piste comportent par nature un certain degré de variabilité des résultats, quel que soit l'aspect des performances du véhicule qu'il s'agit d'évaluer. Dans le contexte des essais de systèmes ESC, on doit reconnaître que cette variabilité pourrait avoir pour résultat qu'un véhicule non conforme, mais de peu, puisse subir l'essai avec succès, mais il ne faut pas perdre de vue que ces cas s'appliqueraient seulement à un petit échantillon de véhicules et que l'effet des erreurs d'appareillage et/ou de calcul peut lui-même être considéré comme très faible. Étant donné que les performances de la plupart des véhicules actuels se situent suffisamment loin des limites de performances du Règlement, il est très peu probable que des erreurs de mesures soient le seul facteur responsable au cas où un véhicule non conforme serait jugé acceptable aux essais.

10) Représentativité par rapport aux conditions réelles

215. Quelques participants représentant l'industrie automobile des États-Unis ont soulevé la question de savoir combien d'essais sont nécessaires pour garantir l'efficacité du système ESC dans tous les cas et combien de configurations différentes de pneumatiques, de chargement et de conditions d'attelage seraient nécessaires pour garantir une bonne représentativité par rapport aux conditions réelles. D'autres se sont inquiétés de ce que les systèmes ESC puissent apporter un gain de sécurité dans certaines conditions, mais dans d'autres cas, rendre le comportement du véhicule imprévisible ou insolite.

216. De nombreuses études sur les données d'accident visant à établir l'efficacité des systèmes ESC en conditions réelles ont été examinées²⁹. Quel que soit le pays d'origine des données ayant servi pour ces études (France, Allemagne, Japon, Suède, États-Unis, etc.), toutes faisaient état de gains sensibles apportés par les systèmes ESC dans les situations de «perte de maîtrise». D'après ces études, l'ESC devrait être particulièrement efficace dans les situations de survirage excessif allant de la simple glissade de l'arrière au dérapage incontrôlé, qui pouvaient résulter de manœuvres soudaines d'évitement d'un obstacle (changement de voie ou manœuvre de redressement du véhicule hors route).

217. La manœuvre Sinus avec palier est spécialement conçue pour déclencher une réaction de survirage de la part du véhicule essayé. Bien que cette manœuvre ait été optimisée pour l'essai sur piste (à cause de facteurs d'objectivité, de répétabilité et de reproductibilité nécessaires dans un essai de conformité réglementaire), il est important de noter que plusieurs études ont démontré que les angles et vitesses de braquage impliqués par la manœuvre Sinus avec palier se situent dans les limites des capacités de conducteurs normaux et non pas exclusivement de conducteurs professionnels très entraînés.

²⁹ Voir 71 FR 54712, 54718 (18 septembre 2006), note de bas de page 11.

218. Il est à souligner aussi qu'il n'existe aucune preuve d'un «comportement imprévisible et insolite» qui résulterait de l'action d'un système ESC sur le véhicule sur lequel il est monté. Les interventions du système ESC se produisent dans des situations de conduite extrêmes où le conducteur risque de perdre la maîtrise du véhicule, et non pas en conduite normale quotidienne, caractérisée par des manœuvres de direction délibérées, relativement lentes et d'ampleur modérée. Dans les situations extrêmes précitées, le conducteur doit continuer à conduire le véhicule par des moyens classiques (manœuvre de la direction et/ou des freins pour le diriger là où il veut aller); simultanément cependant, les stratégies correctives appliquées par le système ESC pour prévenir un survirage ou un sousvirage excessif améliorent la capacité du conducteur à garder la maîtrise du véhicule dans une large plage de conditions d'utilisation.

219. Les conditions de charge utilisées lors des essais d'efficacité des systèmes ESC correspondent aux conditions de charge «nominales», et incluent un conducteur et l'appareillage d'essai. La charge représente approximativement le poids d'un conducteur et d'un passager avant. Ces conditions sont représentatives de la manière dont la majorité des véhicules sont chargés. Les analyses menées aux États-Unis, basées sur les résultats provenant d'une base de données relative à 293 000 accidents de véhicules seuls³⁰, indiquent que le nombre moyen d'occupants de berlines soumis à un accident de véhicule seul était de 1,48 occupant par véhicule. Les résultats pour les véhicules de type «pick-up», les véhicules de type SUV et les fourgons étaient du même ordre (1,35, 1,54 et 1,81 occupant par véhicule respectivement).

220. Il est important de veiller à ce qu'une procédure d'essai objective soit applicable à tous les véhicules légers. On a envisagé l'application de configurations de charge multiples, mais il existe un nombre infini de manières dont les conducteurs peuvent charger leur véhicule, et tous les véhicules ne peuvent pas être soumis aux mêmes configurations de charge.

221. Bien qu'il soit important de comprendre de quelle manière le chargement du véhicule peut influencer sur l'efficacité du système ESC et de lancer dès maintenant des programmes de recherche destinés à quantifier objectivement ces effets, le fait de prescrire dès maintenant l'application du système ESC sur tous les véhicules légers permettra de sauver des milliers de vies par an. C'est pourquoi il ne semble pas judicieux de retarder la parution du présent RTM, ce qui ferait perdre une partie des bénéfices apportés par cette technologie, en attendant les résultats de cette recherche complémentaire. En résumé, nous estimons que les données disponibles confirment manifestement la validité de notre décision d'adopter le présent RTM dès maintenant.

³⁰ Les données de cette base ont été analysées pour la mise au point des critères de classement NCAP (star ratings) pour le renversement des véhicules. Ces données concernent six États: Caroline du Nord (1994-1999), Floride (1994-2001), Maryland (1994-2000), Missouri (1994-2000), Pennsylvanie (1994-1997) et Utah (1994-2000). Seuls les accidents de véhicules seuls (pour 100 marques ou modèles) ont été pris en compte. Se reporter au site NHTSA (section Rollover NCAP) pour plus d'informations (<http://www.nhtsa.dot.gov>).

7. Avantages et coûts

a. Résumé

222. Dans cette section, on analyse brièvement les avantages et coûts prévisibles et le coût par vie équivalente sauvée grâce à l'installation sur les véhicules de systèmes ESC conformes aux prescriptions du présent RTM. On dispose déjà d'estimations des avantages pour les États-Unis, qui ont récemment adopté un règlement prescrivant l'installation de systèmes ESC sur tous les véhicules légers neufs à compter du 1^{er} septembre 2011. Des estimations des coûts sont aussi disponibles pour ce pays; elles devraient permettre de mieux évaluer l'impact économique du présent RTM. Toutefois, une analyse coût/avantage détaillée serait nécessaire pour une estimation sérieuse de l'impact du présent RTM dans chaque Partie contractante, toute modification des variables ayant bien entendu une incidence sur le calcul coût/efficacité pour les systèmes ESC. Néanmoins, les résultats obtenus aux États-Unis devraient pouvoir servir en tant qu'étude de cas pouvant être extrapolée dans d'autres Parties contractantes.

223. En résumé, le nombre de vies qui pourraient être épargnées et de blessures qui pourraient être évitées grâce aux systèmes ESC est important, aussi bien dans l'absolu que par rapport aux résultats obtenus grâce aux mesures de sécurité précédemment appliquées aux États-Unis. Aux États-Unis, sur la base de plans des constructeurs prévoyant d'équiper 71 % des véhicules légers de l'ESC d'ici l'année de fabrication 2011, on a estimé que le règlement relatif aux systèmes ESC sous sa forme finale sauverait entre 1 547 et 2 534 vies humaines et éviterait entre 46 896 et 65 801 traumatismes (catégories MAIS 1 à 5) par an, une fois que toutes les berlines seraient équipées de ce système. L'application du Règlement sur l'ESC aux États-Unis devrait également permettre de réaliser entre 376 et 535 millions de dollars par an d'économies sur les dommages matériels et les pertes de temps en route (montants non actualisés). En regard, le coût total de l'application de ce règlement est évalué à 985 millions de dollars. Sur la base de ces chiffres, le règlement apparaîtrait comme extrêmement avantageux en regard de son coût, avec un coût par vie équivalente sauvée qui pourrait varier entre 0,18 à 0,33 million de dollars à un taux d'actualisation de 3 % et de 0,26 à 0,45 million à un taux de 7 %.

b. Avantages

224. D'après les prévisions, lorsque tous les véhicules légers aux États-Unis seront équipés de l'ESC, le règlement devrait permettre d'éviter entre 67 466 et 90 807 accidents (dont 1 430 à 2 354 accidents mortels et 66 036 à 88 453 accidents non mortels). Dans le cas idéal, si tous ces accidents pouvaient être prévenus, on pourrait sauver 1 547 à 2 534 vies et éviter 46 896 à 65 801 traumatismes (catégories MAIS 1 à 5).

225. Les chiffres ci-dessus incluent les avantages relatifs aux accidents avec renversement, une sous-catégorie des accidents en général. Compte tenu cependant du caractère relativement grave des accidents avec renversement, il convient de noter la contribution qu'apporteraient les systèmes ESC en ce qui concerne la réduction des pertes causées par cette catégorie d'accidents. D'après les prévisions, le règlement préviendrait 35 680 à 39 387 accidents avec renversement (dont 1 076 à 1 347 accidents mortels et 34 604 à 38 040 accidents non mortels). Cela correspondrait à 1 171 à 1 465 vies humaines sauvées et 33 001 à 36 420 traumatismes de catégories MAIS 1 à 5 évités lors d'accidents avec renversement.

226. En outre, comme il a été dit, la prévention des accidents apporterait aussi des avantages sous forme d'économies sur les pertes de temps en route et sur les dommages matériels. D'après les prévisions, le règlement permettrait d'économiser 376 à 535 millions de dollars (hors actualisation)³¹ sur ces deux postes (dont 240 à 269 millions pour les accidents avec renversement).

227. Un autre résultat du présent RTM serait d'imposer le montage de systèmes antiblocage des freins (ABS) sur tous les véhicules légers en tant qu'équipement technique de base nécessaire pour l'ESC. On peut donc escompter également quelques gains mineurs résultant de l'amélioration des caractéristiques de freinage sur les véhicules qui ne sont pas encore équipés de l'ABS, mais il n'a pas été possible de les quantifier. Il ne faut pas perdre de vue toutefois que les avantages potentiels apportés par le montage de l'ABS n'entrent pas en ligne de compte dans les estimations discutées plus haut sur l'efficacité des systèmes ESC, parce que tous les véhicules témoins non équipés de l'ESC pris en considération dans l'étude étaient déjà équipés de l'ABS. La mesure des avantages non quantifiés se rapporterait aux situations où l'ABS intervient (sans qu'il y ait nécessairement intervention du système ESC) sur des véhicules qui n'étaient pas antérieurement équipés de l'ABS.

c. Coûts

228. Des calculs de coût relatifs au présent RTM devront être effectués pour chaque Partie contractante prise individuellement. Dans le cas des États-Unis d'Amérique (pour lesquels une estimation est déjà disponible), afin d'évaluer le coût des composants additionnels nécessaires pour équiper d'un système ESC ces véhicules au cours des prochaines années de fabrication, certaines hypothèses ont été faites quant au volume futur de production et aux relations entre le matériel faisant partie des systèmes antiblocage des freins (ABS), antipatinage et ESC. On est parti de l'hypothèse que dans un système ESC, la présence de l'équipement ABS est une condition préalable. En conséquence, dans le cas de berlines n'étant pas jusque-là équipées de l'ABS, il faudrait compter le coût d'un système ABS plus le surcoût du système ESC pour que le véhicule puisse satisfaire à un règlement sur l'ESC. Par contre, on est parti de l'hypothèse que le système antipatinage n'avait pas besoin d'être présent pour que l'on puisse obtenir les gains de sécurité apportés par l'ESC. En ce qui concerne les chiffres de production annuels futurs, on les a évalués pour les États-Unis à 17 millions de véhicules légers (dont 9 millions de camionnettes et 8 millions de berlines).

229. On a en outre effectué une estimation des taux d'installation de l'ABS et de l'ESC pour l'année de fabrication 2011. Les chiffres ont servi de base sur laquelle les coûts et avantages étaient mesurés. Ainsi, on a évalué le coût du règlement pour les États-Unis comme étant le coût supplémentaire à payer pour passer du taux d'installation estimé pour l'année de fabrication 2011 à un taux d'installation de 100 % de l'ABS et de l'ESC. Les valeurs estimées pour le taux d'installation pour l'année de fabrication 2011 sont présentées au tableau 1.

³¹ La valeur actualisée de ces économies varie de 247 à 436 millions de dollars (sur la base d'un taux d'actualisation de 3 % et de 7 %, respectivement).

Tableau 1. Prévisions en ce qui concerne les taux d'installation
pour l'année de fabrication 2011
(% du parc de véhicules légers)

	ABS	ABS + ESC
Berlines	86	65
Camionnettes	99	77

230. Sur la base des hypothèses ci-dessus et des données présentées dans le tableau 1, le tableau 2 indique le pourcentage du parc de véhicules de l'année de fabrication 2011 qu'il faudrait doter de ces équipements techniques si l'on voulait que tous les véhicules légers soient équipés de l'ESC.

Tableau 2. Pourcentage du parc de véhicules légers de l'année de fabrication 2011
qui devraient être dotés de ces équipements techniques pour réaliser
un taux d'installation de l'ESC de 100 %

	Néant	ABS + ESC	ESC seulement
Berlines	65	14	21
Camionnettes	77	1	22

231. Les estimations de coût établies pour cette étude sont tirées d'analyses de décomposition des coûts sur un véhicule. Ce processus a abouti à des estimations du coût au consommateur de 368 dollars pour l'ABS et du surcoût de 111 dollars pour l'ESC. Dans le cas d'un véhicule non actuellement pourvu de l'ABS, il en coûterait donc 479 dollars de satisfaire au montage réglementaire de l'ESC. Si l'on combine les besoins d'équipements techniques du tableau 2 avec les estimations ci-dessus et les volumes de production supposés, on obtient le coût estimatif indiqué au tableau 3 pour l'application du règlement sur les systèmes ESC. Ainsi par exemple, le coût moyen pour les berlines, qui inclurait les véhicules sur lesquels il est nécessaire d'installer le système ESC et ceux qui en sont déjà équipés, serait de 90 dollars.

Tableau 3. Résumé des coûts par véhicule pour l'application du règlement
sur les systèmes ESC (dollars 2005)

	Coûts moyens par véhicule	Coûts totaux
Berlines	90,3	722,5
Camionnettes	29,2	262,7
Total	58,0	985,2

232. En résumé, il ressort du tableau 3 que le fait de prescrire le système ESC et le système antiblocage des freins augmentera le coût des véhicules légers neufs d'un montant moyen de 58 dollars, ce qui donne un montant total de 985 millions de dollars par an pour l'ensemble du parc de véhicules légers neufs aux États-Unis.

233. Il convient en outre de tenir compte de l'accroissement de masse des véhicules liés à l'application du règlement, et de l'augmentation résultante de leur consommation au cours de leur durée de service. Le surcroît de masse est constitué pour la plupart par les composants de l'ABS et pour très peu par les composants de l'ESC. Étant donné qu'il est prévu que 99 % des camionnettes aux États-Unis soient dotés de l'ABS en 2011 (année de fabrication), l'augmentation de masse pour les camionnettes peut être estimée à moins de 0,5 kg et est donc considérée comme négligeable. L'accroissement de masse moyen pour les berlines est estimé à 0,97 kg, ce qui donnerait un surcroît de consommation totale de 9,8 l de carburant au cours de toute la durée de service de ces véhicules. Quant à la valeur actualisée du coût du surcroît de consommation au cours de la durée de service d'une berline moyenne, elle est estimée à 2,73 dollars pour un taux d'actualisation de 7 % et 3,35 pour un taux de 3 %.

234. Ces estimations de coût n'incluent pas de montants affectés à l'entretien et à la réparation des systèmes ESC. Bien que tous les systèmes électroniques complexes aient à subir des défaillances de composants de temps à autre, ce qui nécessite une réparation, l'expérience acquise jusqu'ici des systèmes existants indique que leur taux de défaillance ne sort pas des normes. Il est à noter aussi que les systèmes ESC n'exigent pas d'entretien régulier.

B. Texte du Règlement

1. Objet. Le présent Règlement énonce les prescriptions en matière d'efficacité et d'équipement s'appliquant aux systèmes de contrôle de stabilité (ESC). Il a pour objectif de réduire le nombre de personnes tuées et blessées lors d'accidents dans lesquels le conducteur perd le contrôle directionnel du véhicule, y compris ceux aboutissant à un renversement du véhicule.
2. Champ d'application. Le présent Règlement s'applique à tous les véhicules des catégories 1-1, 1-2 et 2, ayant un poids total en charge (PTC) inférieur ou égal à 4 536 kg.
3. Définitions. Aux fins du présent Règlement, les catégories de véhicules telles qu'elles sont énumérées au paragraphe 2 sont celles définies dans la Résolution spéciale n° 1 sur les Définitions communes des catégories, des masses et des dimensions des véhicules (R.S. 1) (ECE/TRANS/WP.29/1045 et Amend.1). D'autres définitions applicables sont données aux paragraphes 3.1 à 3.7 ci-dessous.
 - 3.1 Par «angle d'Ackerman», on entend l'angle dont la tangente est le quotient de l'empattement par le rayon de braquage à très basse vitesse.
 - 3.2 Par «système de contrôle de stabilité» ou «ESC», on entend un système qui présente toutes les caractéristiques suivantes:
 - a) 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'essieux¹ pour induire un moment de 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;
 - b) Il est commandé par un module informatique dont le calculateur utilise un algorithme en boucle fermée pour limiter le survirage du véhicule et le sousvirage 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;
 - c) Il est en mesure de déterminer 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;
 - d) Il peut contrôler en continu les signaux donnés par le conducteur à la commande de direction;
 - e) 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.

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

- 3.3 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.
- 3.4 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'Ackerman.
- 3.5 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.
- 3.6 Par «sousvirage», 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'Ackerman.
- 3.7 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.
- 3.8 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.
- 3.9 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.
- 3.10 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 $SSF = T/2H$, «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 gravité du véhicule.
4. Prescriptions générales. Chaque véhicule équipé d'un système ESC doit satisfaire aux prescriptions générales énoncées au paragraphe 4, aux prescriptions d'efficacité énoncées au paragraphe 5, dans le cadre des procédures d'essai prescrites au paragraphe 6 et dans les conditions d'essai spécifiées au paragraphe 7 du présent Règlement.
- 4.1 Prescriptions fonctionnelles. Le système de contrôle de stabilité doit:
- a) Être capable d'appliquer des couples de freinage individuellement à chacune des quatre roues² et qui utilise un algorithme de commande lui permettant d'exercer cette fonction;

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

- b) Fonctionner 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:
 - i) Lorsque le conducteur a désactivé l'ESC;
 - ii) Lorsque la vitesse du véhicule est inférieure à 20 km/h;
 - iii) Pendant l'exécution de l'essai initial d'autodiagnostic au démarrage et les contrôles de plausibilité, dont la durée ne doit pas excéder deux minutes lorsque le véhicule est conduit dans les conditions énoncées au paragraphe 7.10.2;
 - iv) Lorsque le véhicule est conduit en marche arrière;
 - c) Pouvoir fonctionner même si le système antiblocage des freins ou le système antipatinage fonctionne également.
5. Prescriptions d'efficacité. Lors de chaque essai effectué dans les conditions prescrites au paragraphe 6 et conformément à la procédure prescrite au paragraphe 7.9, le véhicule, système ESC activé, doit satisfaire aux critères de stabilité directionnelle définis aux paragraphes 5.1 et 5.2 ainsi qu'au critère de réactivité du paragraphe 5.3, lors de chacun de ces essais, effectués avec un angle de braquage programmé de 5 A ou plus (mais dans les limites des prescriptions du paragraphe 7.9.4), A étant l'angle de braquage du volant calculé conformément au paragraphe 7.6.1.
- 5.1 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) (Ψ_{Peak} à la figure 1) au cours du même parcours d'essai.
- 5.2 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 pointe) au cours du même parcours d'essai.
- 5.3 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 un PTC inférieur ou égal à 3 500 kg, et 1,52 m pour les véhicules ayant un PTC supérieur 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 7.11.6.
- 5.3.1 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:

$$\text{Déplacement latéral} = \int \int a_{y_{c.g.}} dt .$$

On peut aussi utiliser une méthode faisant appel à des données GPS.

5.3.2 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 7.11.6.

5.4 Détection d'un défaut de fonctionnement de l'ESC. Le véhicule doit être équipé d'un témoin qui prévient le conducteur lorsqu'un ou plusieurs défauts de fonctionnement affectent l'émission ou la transmission des signaux de commande ou de réponse dans le système de contrôle de stabilité du véhicule. Ce témoin:

- a) Doit être placé bien en vue du conducteur lorsque ce dernier est en position de conduite et attaché;
- b) Doit être placé dans un plan vertical par rapport au conducteur lorsque ce dernier est en position de conduite;
- c) Doit porter le symbole ci-dessous, du témoin de défaut de fonctionnement de l'ESC ou la mention «ESC».



- d) Doit être de couleur jaune ou jaune-auto;
- e) Doit, lorsqu'il est allumé, émettre suffisamment de lumière pour être vu par le conducteur, aussi bien en conduite de jour que de nuit, une fois que ce dernier s'est adapté aux conditions d'éclairage ambiantes.
- f) Sauf autres dispositions énoncées au paragraphe 5.4 g), le témoin de défaut de fonctionnement de l'ESC doit [seulement] s'allumer lorsqu'il existe un défaut de fonctionnement et il doit demeurer allumé en continu dans les conditions spécifiées au paragraphe 5.4 aussi longtemps que le défaut subsiste, tant que la commande de contact est sur la position «Marche»;
- g) Sauf autres dispositions énoncées au paragraphe 5.4.1, le 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 sur la position «Marché» sans que le moteur tourne soit quand elle est sur une position intermédiaire entre «Marche» et «Démarrage» conçue par le constructeur comme position de contrôle;
- h) Doit s'éteindre au cycle de mise du contact suivant, une fois le défaut corrigé conformément au paragraphe 7.10.4;

- i) 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 encore 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.
- 5.4.1 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.
- 5.4.2 Les prescriptions du paragraphe 5.4 g) ne s'appliquent pas aux témoins figurant sur un espace d'affichage commun.
- 5.4.3 Le constructeur peut utiliser le témoin de défaut de fonctionnement de l'ESC en mode clignotant pour indiquer les phases actives de fonctionnement de l'ESC.
- 5.5 Commande de désactivation de l'ESC et commande d'autres systèmes.
Le constructeur peut prévoir une commande «de désactivation de l'ESC», qui doit s'allumer en même temps que les projecteurs du véhicule, ayant pour seule fonction de mettre le système ESC sur un mode sur lequel il ne satisfait plus aux prescriptions d'efficacité des paragraphes 5, 5.1, 5.2 et 5.3. 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 ne satisfait plus aux prescriptions d'efficacité des paragraphes 5, 5.1, 5.2 et 5.3 sont admises à condition que le système satisfasse aux prescriptions des paragraphes 5.5.1 à 5.5.3.
- 5.5.1 Le système ESC du véhicule doit toujours revenir, par défaut, sur le mode initialement prévu par le constructeur, qui satisfait aux prescriptions des paragraphes 4 et 5, 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 5 à 5.3 au début de chaque nouveau cycle de mise du contact si:
- a) 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 ou 2,4³, choisie par le conducteur pour conduire sur des rapports courts en tout terrain; ou
- b) 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 5.1 et 5.2 dans les conditions d'essai définies au paragraphe 6. Cependant, si le

³ Au choix de la Partie contractante.

Le système ESC possède plus d'un mode satisfaisant aux prescriptions des paragraphes 5.1 et 5.2 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.

- 5.5.2 Une commande ayant pour seule et unique fonction de mettre le système ESC sur un mode où il ne satisfait plus aux prescriptions d'efficacité des paragraphes 5, 5.1, 5.2 et 5.3 doit porter le symbole de désactivation de l'ESC ci-dessous ou la mention «ESC OFF».



- 5.5.3 Une commande ayant pour seule et unique fonction de mettre le système ESC sur des modes différents, dont un au moins risque de ne plus satisfaire aux prescriptions d'efficacité des paragraphes 5, 5.1, 5.2 et 5.3, doit porter le symbole ci-dessous accompagné de la mention «OFF» à proximité de ladite commande.



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, soit au moyen du symbole défini au paragraphe 5.5.2 soit de la mention «ESC OFF».

- 5.5.4 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 5, 5.1, 5.2 et 5.3 n'a pas à porter le symbole de mise hors fonction de l'ESC défini au paragraphe 5.5.2.
- 5.6 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 5.5, les prescriptions applicables aux témoins qui sont énoncées aux paragraphes 5.6.1 à 5.6.4 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 5.5.1 b).
- 5.6.1 Le constructeur doit prévoir un témoin indiquant que l'ESC a été mis sur un mode qui ne lui permet pas de satisfaire aux prescriptions des paragraphes 5, 5.1, 5.2 et 5.3, si un tel mode existe.
- 5.6.2 Le témoin de désactivation de l'ESC:

- a) Doit être placé bien en vue du conducteur, lorsque ce dernier est en position de conduite et attaché;
- b) Doit être placé dans un plan vertical par rapport au conducteur lorsque ce dernier est en position de conduite;
- c) Doit porter le symbole de désactivation de l'ESC défini au paragraphe 5.5.2 ou la mention «ESC OFF»; ou
Doit porter la mention «OFF» sur ou à proximité de la commande définie au paragraphe 5.5.2 ou 5.5.3 ou du témoin lumineux de défaut de fonctionnement;
- d) Doit être de couleur jaune ou jaune-auto;
- e) Doit, lorsqu'il est allumé, émettre suffisamment de lumière pour être vu par le conducteur, aussi bien en conduite de jour que de nuit, une fois que ce dernier s'est adapté aux conditions d'éclairage ambiantes;
- f) Doit rester allumé de manière continue aussi longtemps que l'ESC est sur un mode où il ne peut satisfaire aux prescriptions des paragraphes 5, 5.1, 5.2 et 5.3;
- g) Sauf dans les cas prévus aux paragraphes 5.6.3 et 5.6.4, le 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;
- h) Doit s'éteindre une fois que l'ESC est retourné, par défaut, en mode activé.

5.6.3 Le témoin de désactivation de l'ESC ne doit pas nécessairement être allumé lorsqu'un système antidémarrage est activé.

5.6.4 La prescription du paragraphe 5.6.2 g) ne s'applique pas au témoin figurant dans un espace commun d'affichage.

5.7 Documentation technique sur le système ESC. À titre de preuve qu'un véhicule est équipé d'un système ESC qui satisfait à la définition du «système ESC» donnée au paragraphe 3, le constructeur doit communiquer, sur demande, à l'organisme réglementaire désigné par la Partie contractante, la documentation prescrite aux paragraphes 5.7.1 à 5.7.4.

5.7.1 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.

- 5.7.2 Exposé écrit décrivant succinctement les caractéristiques fonctionnelles de base du système. Celui-ci doit donner des informations 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 des phases actives du système ESC et montrer que la vitesse angulaire en lacet est directement déterminée. 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.
- 5.7.3 Diagramme logique. Ce diagramme sert à illustrer les explications données conformément au paragraphe 5.7.2.
- 5.7.4 Informations sur les mesures antisousvirage. 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 sousvirage.
6. Conditions d'essai
- 6.1 Conditions ambiantes
- 6.1.1 La température ambiante doit être comprise entre 0 et 45 °C.
- 6.1.2 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.
- 6.2 Revêtement d'essai
- 6.2.1 Les essais doivent être effectués sur un revêtement en dur, uniforme et sec, dépourvu d'ondulations et d'irrégularités, telles que déclivités et crevasses.
- 6.2.2 Le revêtement d'essai doit permettre d'obtenir un coefficient de freinage maximum (CFM) nominal de 0,9, sauf indication contraire, lors d'un essai effectué:
- a) 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, sans aspersion d'eau;
 - b) Soit par la méthode décrite à l'appendice 2 de l'annexe 6 du Règlement CEE n° 13-H.
- 6.2.3 Le revêtement d'essai doit avoir une pente régulière ne dépassant pas 1 %.
- 6.3 Préparation du véhicule
- 6.3.1 Le système de contrôle de stabilité doit être activé pour tous les essais.
- 6.3.2 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.

6.3.3 Pneumatiques. Les pneumatiques sont gonflés à la ou 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.

6.3.4 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) $\leq 1,25$:

- a) 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;
- b) 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; et
- c) 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.

6.3.5 Appareil de braquage. Un appareil de braquage programmé pour faire effectuer aux véhicules les manœuvres prescrites est utilisé pour les paragraphes 7.5.2, 7.5.3, 7.6 et 7.9. 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° par seconde.

7. Procédure d'essai

7.1 Gonfler les pneumatiques du véhicule à la ou 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.

7.2 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 5.4 d) 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 5.6.6. Le contrôle de la lampe du témoin n'est pas requis pour un témoin figurant sur l'espace d'affichage commun comme spécifié aux paragraphes 5.4.2 et 5.6.4.

- 7.3 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 5.6.4. 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 5.5.1.
- 7.4 Conditionnement des freins. Conditionner les freins en procédant de la manière décrite aux paragraphes 7.4.1 à 7.4.4.
- 7.4.1 Exécuter 10 arrêts à partir d'une vitesse de 56 km/h, avec une décélération moyenne d'environ 0,5 g.
- 7.4.2 Immédiatement après la série d'arrêts à partir de 56 km/h, exécuter trois arrêts supplémentaires à partir de 72 km/h.
- 7.4.3 Lors de l'exécution des freinages décrits au paragraphe 7.4.2, 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.
- 7.4.4 Après l'exécution du dernier freinage prescrit au paragraphe 7.4.2, le véhicule doit effectuer un parcours à une vitesse de 72 km/h pendant cinq minutes pour refroidir les freins.
- 7.5 Conditionnement des pneumatiques. Conditionner les pneumatiques en appliquant la procédure décrite aux paragraphes 7.5.1 à 7.5.3, 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 7.6 et 7.9.
- 7.5.1 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.
- 7.5.2 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.
- 7.5.3 L'amplitude de braquage du volant lors du cycle final du dernier parcours doit être double de celle des autres cycles. Le délai maximal admis entre deux parcours circulaires ou deux parcours avec cycles sinusoïdaux est de cinq minutes.

- 7.6 Manœuvre avec un angle de braquage croissant progressivement. Le véhicule doit effectuer deux séries de parcours d'essai à un angle de braquage croissant progressivement, à une vitesse constante de 80 ± 2 km/h et avec un signal de braquage croissant de $13,5^\circ/\text{s}$ 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 cinq minutes.
- 7.6.1 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 7.11.3) 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.
- 7.7 Après la détermination de la valeur «A», la procédure de conditionnement des pneumatiques décrite au paragraphe 7.5 doit être exécutée, sans remplacement des pneumatiques, immédiatement avant l'exécution de l'essai de la manœuvre Sinus avec palier décrite au paragraphe 7.9. La première série de manœuvres Sinus avec palier doit commencer deux heures au plus tard après l'achèvement des essais de braquage à un angle croissant progressivement prescrits au paragraphe 7.6.
- 7.8 Vérifier que le système ESC est activé en contrôlant que les témoins de défaut de fonctionnement de l'ESC et «ESC OFF» (s'ils existent) restent éteints.
- 7.9 Essai de manœuvre avec impulsion Sinus avec palier pour contrôler l'intervention antiroulis 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 retard de 500 ms débutant à la deuxième pointe d'amplitude comme décrit à la figure 2 (essai de manœuvre Sinus avec palier). Pour une série, on utilise un braquage dans le sens contraire des aiguilles d'une montre pour la première demi-période, et pour l'autre un braquage dans le sens des aiguilles d'une montre. On effectue un arrêt de refroidissement du véhicule pendant une durée de quatre-vingt-dix secondes à cinq minutes entre deux parcours.
- 7.9.1 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.
- 7.9.2 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 7.6.1.
- 7.9.3 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 7.9.4.

- 7.9.4 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 devra être de 300°.
- 7.9.5 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 7.11.
- 7.10 Détection des défauts de fonctionnement de l'ESC
- 7.10.1 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 du ou des système(s) ESC ne doivent pas être déconnectées.
- 7.10.2 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 trente secondes après le démarrage du moteur et, dans les deux minutes 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 5.4 à la fin de ces manœuvres.
- 7.10.3 Arrêter le véhicule, mettre la commande de contact sur la position «Arrêt» ou «Verrouillé». Au bout de cinq minutes, 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.
- 7.10.4 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 7.10.2 et vérifier que le témoin s'éteint une fois qu'elle est terminée ou juste après.
- 7.11 Traitement des données après l'essai – calcul des résultats. Les données de mesure de vitesse angulaire en lacet et de déplacement latéral ainsi que les résultats des calculs ultérieurs doivent être traités en suivant les méthodes indiquées aux paragraphes 7.11.1 à 7.11.8.
- 7.11.1 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.

- 7.11.2 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.
- 7.11.3 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.
- 7.11.4 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.
- 7.11.5 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 7.11.5.1 et 7.11.5.2.
- 7.11.5.1 En utilisant les données de vitesse angulaire du volant calculées par les méthodes décrites au paragraphe 7.11.4, on détermine le premier instant où cette vitesse dépasse $75^\circ/\text{s}$. À partir de ce point, la vitesse angulaire du volant doit demeurer supérieure à $75^\circ/\text{s}$ pendant au moins 200 ms. Si cette seconde condition n'est pas remplie, on détermine l'instant suivant où la vitesse angulaire du volant dépasse $75^\circ/\text{s}$ et on applique le contrôle de validité de 200 ms. Ce processus itératif est poursuivi jusqu'à ce que les deux conditions soient remplies.
- 7.11.5.2 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 $75^\circ/\text{s}$ (c'est-à-dire que l'instant où la vitesse angulaire du volant dépasse $75^\circ/\text{s}$ définit la fin de la «plage de recalage zéro»).
- 7.11.6 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.

- 7.11.7 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.
- 7.11.8 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.
- 7.11.9 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.

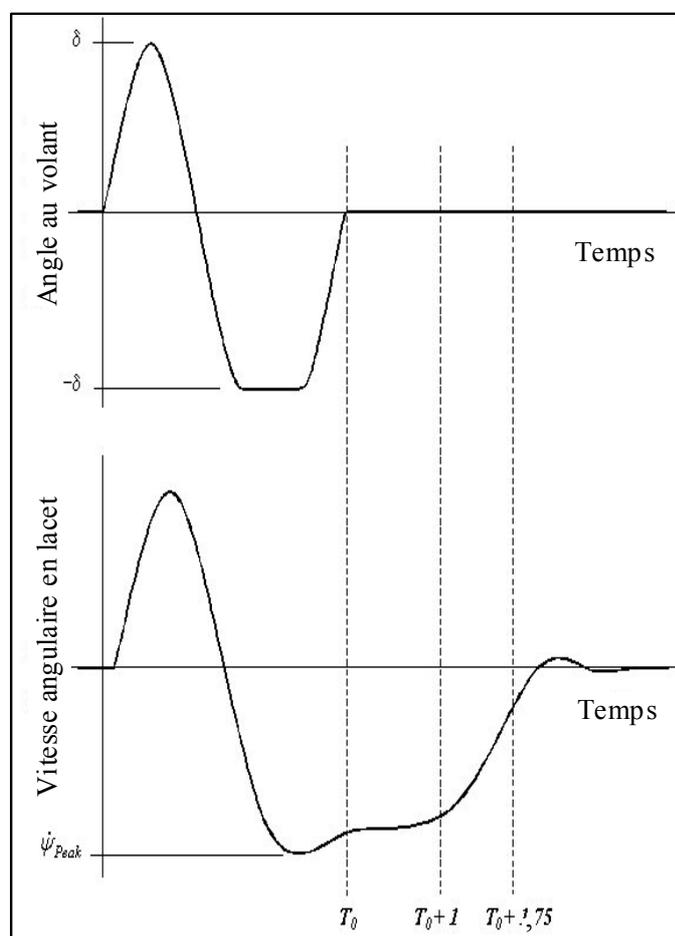


Figure 1. Informations de position du volant et de vitesse angulaire en lacet utilisées pour l'évaluation de la stabilité latérale

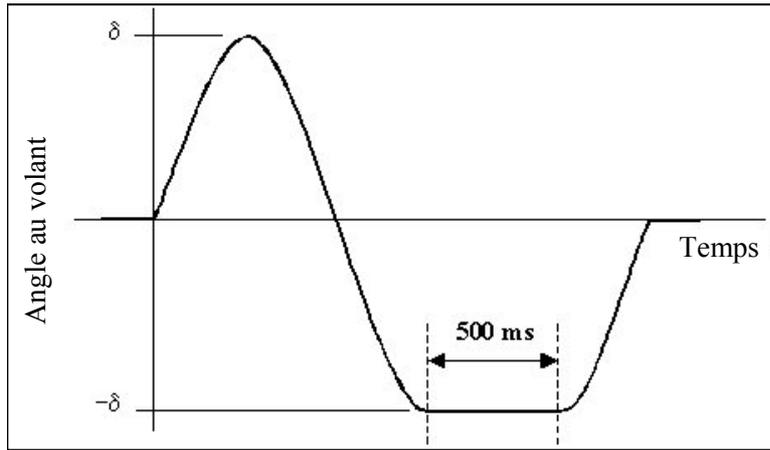


Figure 2. Impulsion Sinus avec palier
