



---

**Commission économique pour l'Europe**

Comité des transports intérieurs

**Forum mondial de l'harmonisation des Règlements  
concernant les véhicules**

Groupe de travail des véhicules automatisés/autonomes et connectés

**Dix-septième session**

Genève, 25-29 septembre 2023

Point 7 a) de l'ordre du jour provisoire

**Systèmes actifs de freinage d'urgence :****Règlements ONU n<sup>os</sup> 131 et 152****Proposition de complément à la série 01 d'amendements  
au Règlement ONU n<sup>o</sup> 152 (Systèmes actifs de freinage  
d'urgence pour les véhicules des catégories M<sub>1</sub> et N<sub>1</sub>)****Communication de l'expert de la France\***

Le texte-ci-après, établi par l'expert de la France, est fondé sur le document informel GRVA-15-19. La proposition, qui vise à autoriser le demandeur à utiliser des essais virtuels à la place des essais physiques, est issue des débats qui ont eu lieu au cours des onzième à dix-huitième sessions du groupe de travail informel des systèmes actifs de freinage d'urgence pour les véhicules des catégories M<sub>1</sub> et N<sub>1</sub>. Les modifications qu'il est proposé d'apporter au texte actuel du Règlement figurent en caractères gras pour les ajouts et biffés pour les suppressions.

---

\* Conformément au programme de travail du Comité des transports intérieurs pour 2023 tel qu'il figure dans le projet de budget-programme pour 2023 (A/77/6 (Sect. 20), par. 20.6), le Forum mondial a pour mission d'élaborer, d'harmoniser et de mettre à jour les Règlements ONU en vue d'améliorer les caractéristiques fonctionnelles des véhicules. Le présent document est soumis en vertu de ce mandat.



## I. Proposition

Ajouter le nouveau paragraphe 6.7, libellé comme suit :

- « **6.7 Simulation par ordinateur des essais dynamiques**
- 6.7.1 Un modèle de simulation par ordinateur peut être utilisé pour les essais décrits aux paragraphes 6.4 à 6.6, à condition que le modèle et la chaîne de simulation aient été validés et soient utilisés conformément aux prescriptions de l'annexe 4.**
- 6.7.2 Des outils de simulation et des modèles mathématiques peuvent être utilisés pour l'évaluation des essais d'avertissement et d'activation conformément à l'annexe 8 de la Révision 3 de l'Accord de 1958. Le constructeur doit démontrer le champ d'application de l'outil de simulation, sa validité pour le scénario et le véhicule concernés ainsi que la validation effectuée pour la chaîne de simulation (corrélation des résultats avec les essais physiques), conformément à l'annexe 4.**
- 6.7.3 Le service technique doit être en mesure de contrôler la validité du modèle de simulation au moyen d'essais physiques de validation.**
- 6.7.4 Si le constructeur opte pour la simulation par ordinateur des essais dynamiques, un procès-verbal distinct comprenant au moins les informations supplémentaires spécifiées au paragraphe 1.4 de l'annexe 4 doit être joint au procès-verbal d'essai. ».**

Ajouter la nouvelle annexe 4, libellée comme suit :

### « Annexe 4

## Simulation par ordinateur des essais dynamiques

### Introduction (pour information uniquement)

La présente annexe décrit les processus que le constructeur peut appliquer s'il envisage, pour démontrer la conformité aux prescriptions réglementaires, d'avoir recours à des résultats de simulation au lieu de résultats d'essais physiques.

Ces processus permettent à la fois d'optimiser la capacité des constructeurs à prendre en compte différents véhicules et de réaliser des économies, les ressources physiques nécessaires étant moindres.

Toutefois, une telle approche n'est possible que si le cadre du processus est clairement défini et si le degré de confiance dans les résultats présentés est suffisant et fondé sur des critères objectifs de représentativité par rapport aux essais physiques.

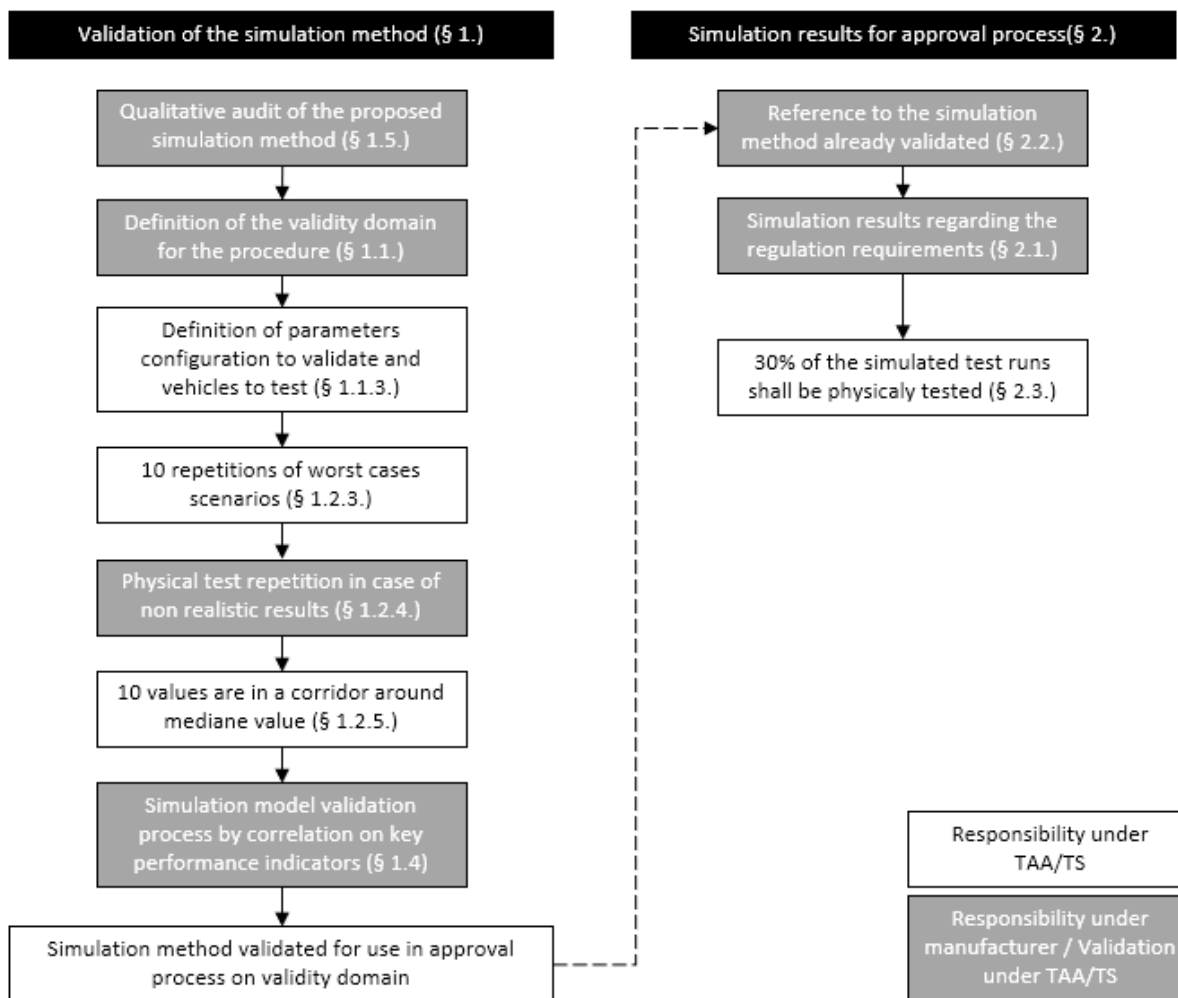
L'approche décrite ici repose principalement sur deux axes distincts : la validation de la méthode de simulation et les résultats de la simulation aux fins du processus d'homologation.

La validation de la méthode de simulation est une étape clef du processus complet de validation numérique, car elle permet de déterminer le degré de représentativité du modèle mathématique par rapport à l'essai physique. La qualité de la corrélation est donc cruciale et est évaluée au moyen d'une comparaison entre la simulation et l'essai. Une fois la corrélation établie ou, autrement dit, lorsque le comportement calculé est à l'image du comportement du sujet observé dans le cadre des essais réels, le modèle peut être utilisé, dans les limites de son domaine de validité, pour prédire le comportement du sujet.

Les résultats de la simulation aux fins du processus d’homologation constituent la dernière étape de la procédure, c’est-à-dire l’homologation de type d’un véhicule au titre d’un texte réglementaire délivrée uniquement sur la base d’essais virtuels. Une fois que la représentativité du modèle numérique a été démontrée dans les limites de son domaine de validité, on peut appliquer ce processus pour déterminer si le modèle de véhicule soumis aux essais satisfait aux prescriptions fonctionnelles énoncées dans le texte réglementaire.

Cette approche globale est résumée étape par étape dans le schéma ci-dessous (fig. 5) et détaillée dans les sections suivantes.

**Figure 5**  
**Diagramme de décision générique relatif à la simulation par ordinateur des essais dynamiques comme méthode d’homologation équivalente**



## 1. Validation de la méthode de simulation

Le service technique doit évaluer et valider la méthode de simulation employée par le constructeur afin de garantir qu’elle permet d’obtenir des résultats représentatifs acceptables aux fins du processus d’homologation.

### 1.1 Définition du domaine de validité

1.1.1 Le constructeur automobile doit définir les conditions limites dans lesquelles la méthode de simulation peut être utilisée.

- 1.1.2** La définition du domaine de validité doit comprendre les caractéristiques du véhicule (masse, équipement, type exact de capteur, algorithme de contrôle, etc.) et les caractéristiques du scénario (vitesses, cible, etc.).
- 1.1.3** En fonction du domaine de validité requis par le constructeur, le service technique définit une grille des véhicules et des scénarios sur lesquels les essais doivent porter afin de couvrir l'intégralité du domaine, conformément au paragraphe 1.2.
- 1.2** Essais physiques de validation
- 1.2.1** Le service technique procède à des essais pour démontrer la validité du modèle de simulation.
- 1.2.2** Le service technique détermine le nombre de scénarios devant être soumis à des essais de manière à couvrir le domaine de validité requis par le constructeur.
- 1.2.3** Pour les scénarios les plus défavorables, les essais doivent être répétés au moins 10 fois et les résultats concernant la distance par rapport à la cible au moment de l'arrêt ou la vitesse au moment du choc doivent être compris dans un intervalle déterminé par rapport à la valeur médiane. Cet intervalle est défini par le service technique.
- 1.2.3.1** Les scénarios les plus défavorables sont ceux pour lesquels les incertitudes du modèle de simulation devraient avoir les effets les plus marqués sur sa représentativité (par exemple, forte dispersion des résultats dans le cas d'un impact avec une cible à pleine puissance de freinage, vitesse la plus basse possible dans le cas de scénarios voiture contre bicyclette pour lesquels l'angle du capteur est très important).
- 1.2.4** Comme indiqué au paragraphe 6.10 du présent Règlement, relatif à la fiabilité du système, certains essais physiques peuvent être répétés si le système ne satisfait pas aux prescriptions fonctionnelles. Le nombre d'essais répétés ne doit pas dépasser :
- a) 10,0 % du nombre d'essais effectués pour les scénarios voiture contre voiture ;
  - b) 10,0 % du nombre d'essais effectués pour les scénarios voiture contre piéton ;
  - c) 20,0 % du nombre d'essais effectués pour les scénarios voiture contre bicyclette.
- 1.2.5** Les essais physiques servant de référence pour la validation du modèle numérique doivent être répétables. La répétabilité est évaluée en ce qui concerne les valeurs de la vitesse au moment du choc ou de la distance restante obtenues lors des 10 répétitions de l'essai, qui doivent être comprises dans un intervalle défini par le service technique par rapport à la valeur médiane obtenue lors des essais physiques.
- 1.3** Modèle de simulation
- 1.3.1** Les simulations (y compris la mise au point du modèle) doivent être effectuées par le constructeur. Elles doivent refléter la complexité de l'architecture du véhicule, du système ou des pièces qui doivent faire l'objet d'essais par rapport aux prescriptions de la réglementation en vigueur et à leurs conditions limites.
- 1.3.2** Le modèle doit permettre de décrire le comportement physique réel dans le domaine de validité.
- 1.3.3** Le modèle de simulation et les hypothèses doivent être établis de telle manière que le calcul donne une solution prudente, pour laquelle le résultat est indépendant de l'instant choisi.

**1.3.4** Outre les paramètres énumérés au paragraphe 1.4 de la présente annexe, les éléments ci-après, au moins, doivent être définis dans le modèle de simulation :

- a) Modèle dynamique de véhicule (y compris la transmission, la chaîne de traction, etc.) ;
- b) Modèle de capteur ;
- c) Modèle de commande des systèmes actifs d'aide à la conduite ;
- d) Modèle d'environnement ;
- e) Modèle de scénario ;
- f) Modèle de cible pour les piétons, les bicyclettes et les voitures.

Le service technique vérifie le bon comportement physique du modèle.

**1.4** Processus de validation du modèle de simulation

**1.4.1** Le modèle de simulation doit être validé sur la base des essais physiques de validation effectués conformément au paragraphe 1.2 et la comparabilité des résultats des essais doit être démontrée.

**1.4.2** Le modèle doit être vérifié sur la base des essais de répétabilité et de la valeur médiane visés au paragraphe 1.2.5.

**1.4.3** Le modèle de simulation est considéré comme valide dans le domaine de validité requis si, sur la base d'un niveau de signification de 5 %, il n'y a aucune raison de croire que ses résultats et les résultats des essais proviennent de deux distributions différentes, au moins pour les indicateurs clés de performance suivants :

- a) Temps restant avant la collision à compter de l'avertissement de risque de collision avant, en s ;
- b) Vitesse moyenne du véhicule entre le moment qui correspond à un temps de 4 s restant avant la collision et l'activation du système actif de freinage d'urgence (= vitesse initiale), en km/h ;
- c) Moyenne de l'écart latéral absolu, en m ;
- d) Distance de freinage, en m (uniquement pour les scénarios avec évitement) ;
- e) Décélération moyenne en régime, en  $m/s^2$  ;
- f) Distance restante par rapport à la cible après l'arrêt, en m (définie à zéro dans les scénarios sans évitement) ;
- g) Vitesse au moment du choc avec la cible, en km/h (définie à zéro dans les scénarios avec évitement) ;
- h) Délai d'augmentation de la force de freinage, en s, entre le début du freinage et la décélération maximale ;
- i) Temps restant avant la collision à compter du début du freinage, en s (libellé à harmoniser avec la procédure d'essai Euro NCAP).

Le constructeur doit avoir recours à des tests de signification standards.

**1.4.4** Il convient de vérifier que les données mesurées correspondent bien aux quantités physiques. Autrement dit, il convient de contrôler qu'elles sont plausibles et de les filtrer correctement. Si les quantités ne sont pas mesurées directement, il est nécessaire de présenter le raisonnement justifiant qu'elles peuvent tout de même être utilisées.

- 1.5 Données et informations complémentaires**
- Pour que la méthode de simulation soit validée, les informations ci-après doivent être fournies à l'autorité d'homologation et au service technique en plus des données et des dessins énumérés au paragraphe 3.2 du présent Règlement.
- 1.5.1** Une description de la méthode de simulation et de calcul qui a été appliquée, indiquant au moins, pour le modèle et le logiciel d'analyse utilisés, le producteur, la désignation commerciale, la version et les coordonnées du développeur.
- 1.5.2** Une description des paramètres d'entrée pour le codage des modèles utilisés, indiquant au moins les caractéristiques des fonctionnalités du système, les hypothèses mécaniques, les valeurs des masses définies, le centre de gravité, les moments d'inertie et les conditions limites.
- 1.5.3** Une définition du domaine de validité, en fonction des paramètres du véhicule (répartition de la masse, plages de vitesses, etc.) utilisés en application du paragraphe 1.1 de la présente annexe.
- 1.5.4** Une description détaillée de chaque étape du calcul (prétraitement, traitement et post-traitement), fournie par le constructeur, dans le cadre de laquelle la preuve que la simulation a été correctement menée à terme doit être apportée (fichier journal de post-traitement, par exemple).
- 1.5.5** La méthode employée pour produire des données corrélées avec les essais (au moins le matériel d'enregistrement des données, le traitement des données, le calcul des valeurs scalaires, les calculs statistiques, les valeurs des indicateurs de performance spécifiés au paragraphe 1.4.3, les résultats des calculs statistiques), qui doit être décrite dans le procès-verbal de simulation.
- 1.5.6** Une description du système d'archivage des données et du processus de gestion des mises à jour (conception du système de freinage, mises à jour progressives, amendements aux règlements), fournie par le constructeur.
- 2. Résultats de la simulation aux fins du processus d'homologation**
- 2.1** Le constructeur ne peut fournir des résultats de simulation pour satisfaire aux prescriptions spécifiées aux paragraphes 6.4 à 6.6 du présent Règlement que si la méthode employée pour obtenir les résultats a déjà été évaluée et validée en application de la présente annexe.
- 2.2** Tous les résultats de simulation fournis par le constructeur dans la demande d'homologation soumise conformément au paragraphe 4 du présent Règlement doivent renvoyer à la méthode évaluée et validée au préalable en application de la présente annexe.
- 2.3** En plus des résultats de simulation, au moins 30 % des essais effectués par simulation doivent aussi être réalisés physiquement. Le service technique doit vérifier les résultats des essais simulés et des essais physiques individuellement pour repérer les différences au moyen de tests statistiques standards.
- 2.4 Données et informations complémentaires**
- Pour que les résultats de la simulation soient utilisés aux fins du processus d'homologation, les informations ci-après doivent être fournies au service technique en plus des données et des dessins énumérés au paragraphe 3.2 du présent Règlement.
- 2.4.1** Une description de la méthode de simulation et de calcul qui a été appliquée, indiquant au moins, pour le modèle et le logiciel d'analyse utilisés, le producteur, la désignation commerciale, la version et les coordonnées du développeur.

- 2.4.2 Une description des paramètres d'entrée pour le codage des modèles utilisés, indiquant au moins les caractéristiques des fonctionnalités du système, les hypothèses mécaniques, les valeurs des masses définies, le centre de gravité, les moments d'inertie et les conditions limites.
- 2.4.3 Un renvoi à la méthode de simulation validée qui a été utilisée en application du paragraphe 1 de la présente annexe.
- 2.4.4 Une description détaillée de chaque étape du calcul (prétraitement, traitement et post-traitement), fournie par le constructeur, dans le cadre de laquelle la preuve que la simulation a été correctement menée à terme doit être apportée. ».

## II. Justification

1. La présente proposition vise à donner au demandeur la possibilité d'avoir recours à des essais virtuels à la place des essais physiques. Selon cette approche, déjà définie dans le cadre du système européen de réception par type de l'ensemble du véhicule, d'autres règlements ou des activités menées sur les systèmes de conduite automatisés par le sous-groupe 2 du groupe de travail informel des méthodes de validation pour la conduite automatisée (VMAD), la méthode à utiliser doit être évaluée au préalable.
2. La présente proposition définit une approche pratique permettant de garantir le respect des grands principes de sécurité tout en laissant de la souplesse au demandeur quant au choix des outils virtuels.
3. Un exemple d'application est présenté dans le document informel GRVA-15-20.

Note du secrétariat : si la présente proposition d'amendements est adoptée comme complément à la série 02 d'amendements, il sera nécessaire d'y apporter des ajustements, car le paragraphe 6.7 existe déjà, sous le titre suivant :

« 6.7 Essai d'avertissement et d'activation du système avec comme cible une bicyclette ».

---