
**Freinage des véhicules routiers —
Considérations sur la définition de la
décélération moyenne en régime**

iTeh STANDARD PREVIEW

*Braking of road vehicles — Considerations on the definition of mean fully
developed deceleration*

[ISO/TR 13487:1997](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2bfff7bc-7ecf-46e0-9bcf-9c832bde4bb6/iso-tr-13487-1997)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2bfff7bc-7ecf-46e0-9bcf-
9c832bde4bb6/iso-tr-13487-1997](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2bfff7bc-7ecf-46e0-9bcf-9c832bde4bb6/iso-tr-13487-1997)



Sommaire	page
1 Considérations techniques	1
2 Considérations théoriques	5
2.1 Équations de base	5
2.2 Détermination de la décélération moyenne en fonction de la distance à partir de $a(t)$	6
2.3 Procédures d'évaluation	9
3 Limites de l'évaluation dans la détermination de la décélération moyenne en régime	10
3.1 Limites d'évaluation liées au signal de vitesse	10
3.2 Limites d'évaluation liées au signal de décélération (voir figure 6).	10
3.3 Limites d'évaluation liées au temps de freinage total	11
3.4 Évaluation des limites par jugement technique	11
4 Application	12
4.1 Fonctions analytiques	12
4.2 Mesurages	16

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 13487:1997](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2bfff7bc-7ecf-46e0-9bcf-9c832bde4bb6/iso-tr-13487-1997)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2bfff7bc-7ecf-46e0-9bcf-9c832bde4bb6/iso-tr-13487-1997>

© ISO 1997

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

Organisation internationale de normalisation
Case postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse
Internet central@iso.ch
X.400 c=ch; a=400net; p=iso; o=isocs; s=central

Imprimé en Suisse

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO, participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Exceptionnellement, un comité technique peut proposer la publication d'un rapport technique de l'un des types suivants:

- type 1, lorsque en dépit de maints efforts, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale;
- type 2, lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou lorsque, pour toute autre raison, la possibilité d'un accord pour la publication d'une Norme internationale peut être envisagée pour l'avenir mais pas dans l'immédiat;
- type 3, lorsqu'un comité technique a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales (ceci pouvant comprendre des informations sur l'état de la technique, par exemple).

Les rapports techniques des types 1 et 2 font l'objet d'un nouvel examen trois ans au plus tard après leur publication afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales. Les rapports techniques de type 3 ne doivent pas nécessairement être révisés avant que les données fournies ne soient plus jugées valables ou utiles.

L'ISO/TR 13487, rapport technique du type 3, a été élaboré par le Comité technique ISO/TC 22, *Véhicules routiers*, sous-comité SC 2, *Systèmes de freinage et équipements*.

Introduction

La réglementation ECE n° 13 «Dispositions uniformes concernant l'approbation des véhicules des catégories M, N et O en matière de freinage» détermine la performance de freinage légale minimale pour les véhicules routiers neufs au moment de l'approbation par type.

Cette performance de freinage est spécifiée en termes de «distance d'arrêt» et en termes de «décélération moyenne en régime».

La série 08 des amendements à l' ECE-R13 exige que les deux paramètres ci-dessus soient respectés; en outre, la série 08 des amendements prescrit la méthode de calcul de la décélération moyenne en régime.

La méthode choisie pour calculer la décélération moyenne en régime se base sur le travail effectué dans les groupes de travail 6 et 10 de ISO/TC 22/SC 2.

Pour cette raison, il est utile de résumer les informations de base sur ce sujet dans ce rapport technique ISO, en décrivant les principes physiques essentiels et le rapport entre la distance d'arrêt et la décélération moyenne en régime; cela permettra à ceux qui sont chargés de déterminer la performance de freinage d'analyser les résultats des essais, qui ne sont jamais exactement reproductibles.

Comme le texte législatif ne stipule ni les équipements de mesures ni les modes de mesures spécifiques, ce rapport technique peut indiquer d'autres solutions aux Services techniques et aux fabricants des équipements de mesure; il abordera également les éventuelles possibilités informatiques. En outre, la transition entre différents systèmes d'unités sera facilitée par cette contribution.

Le texte législatif à venir concédera d'autres méthodes de mesures de la décélération moyenne en régime; ces dernières sont expliquées de façon explicite dans ce rapport technique.

9c832bde4bb6/iso-tr-13487-1997

Le rapport indique clairement qu'en plus des solutions exactes pour la décélération moyenne en régime (voir équations 16 et 29), certaines approximations (voir équations 30, 31 et 33) sont aussi admissibles dans les limites de la précision requise, documentées par des considérations théoriques et des mesures pratiques correspondantes avec un véhicule.

C'est pour cette raison que l'équation 31 a été élaborée pour les évaluations assistées par ordinateur et l'équation 33 pour les évaluations graphiques.

<u>Symbole</u>	<u>Unité</u>	<u>Description</u>
a (s)	m/s ²	Décélération en fonction de la distance
a (t)	m/s ²	Décélération en fonction du temps
\bar{a}	m/s ²	Décélération constante
$ \bar{a} $	m/s ²	Valeur absolue de \bar{a}
a_B, a_E	m/s ²	Décélération au début et à la fin de la plage d'évaluation sur l'approximation linéaire pour a (t)
a_F (t)	m/s ²	Trajectoire de décélération donnée analytiquement avec chute temporaire
a_i, a_j	m/s ²	Valeurs de décélération individuelle
a_L (t)	m/s ²	Approximation linéaire pour a (t)
a_{\max}	m/s ²	Valeur maximale dans une trajectoire de décélération en fonction du temps
a_{ms}	m/s ²	Décélération moyenne liée à la distance
$a_{ms1}, a_{ms2}, a_{ms3}$	m/s ²	Exemples de décélérations moyennes liées à des distances différentes
\tilde{a}_{ms}	m/s ²	Valeur approximative pour la décélération moyenne liée à la distance conformément à l'équation (33)
a_{msN}	m/s ²	Valeur numérique approximative pour la décélération moyenne en régime liée à la distance conformément à l'équation (31)
a_{mt}	m/s ²	Décélération moyenne liée au temps
\tilde{a}_{mt}	m/s ²	Valeur approximative pour la décélération moyenne liée au temps conformément à l'équation (34)
a_R (t)	m/s ²	Trajectoire de décélération donnée analytiquement avec montée temporaire
a_1 (s), a_2 (s), a_3 (s)	m/s ²	Différentes trajectoires de décélération en fonction de la distance
a_1 (t), a_2 (t), a_3 (t)	m/s ²	Différentes trajectoires de décélération en fonction du temps
d_m	m/s ²	Décélération moyenne en régime selon la réglementation N° 13 de l' ECE
ds	m	Différentiel de distance
dt	s	Différentiel de temps
dv	m/s	Différentiel de vitesse
$mfdd$	m/s ²	Décélération moyenne en régime
s	m	Distance
s_B, s_E	m	Distances au début et à la fin de la plage d'évaluation
s_D	m	Distance de freinage pendant la période de la décélération moyenne en régime
s_F (t)	m	Trajectoire de distance pendant la décélération donnée analytiquement a_F (t)

s_i	m	Valeurs de distance individuelle
s_R	m	Distance de freinage pendant le temps de réponse et le temps de montée en pression
$s_R(t)$	m	Trajectoire de distance pendant la décélération donnée analytiquement $a_R(t)$
s_1, s_2, s_3	m	Distances de freinage avec différentes trajectoire de décélération
$s_1(t), s_2(t), s_3(t)$	m	Différentes courbes de distance
T	s	Temps de freinage total
t, t^i	s	Temps
t_B, t_E	s	Temps de début et de fin de la plage d'évaluation
t_R	s	Somme du temps de réponse et du temps de montée en pression
t_S	s	Temps à la fin d'un freinage
t_1	s	Temps auquel la décélération prend la valeur $1/2 a_{max}$ pour la première fois
t_2	s	Temps auquel la décélération prend la valeur $1/2 a_{max}$ pour la dernière fois
v	km/h	Vitesse d'essai
$v(t)$	m/s, km/h	Variable de vitesse
v_B, v_E	m/s	Vitesses de début et de fin de la plage d'évaluation
$v_F(t)$	m/s	Courbe de vitesse pendant la décélération donnée analytiquement $a_F(t)$
v_i	m/s	Valeurs de vitesse individuelle
$v_R(t)$	m/s	Courbe de vitesse pendant la décélération donnée analytiquement $a_R(t)$
v_0	m/s, km/h	Vitesse initiale
$v_1(t), v_2(t), v_3(t)$	m/s	Courbes de vitesses différentes
$\Delta a_{msN}, \Delta \bar{a}_{ms}$ $\Delta \bar{a}_{mt}, \Delta \bar{a}_{msN}$	%	Différences relatives de décélérations moyennes (Tableaux 5 et 6)
Δt	s	Incrément de temps
τ	s	Temps

Freinage des véhicules routiers — Considérations sur la définition de la décélération moyenne en régime

1 Considérations techniques

La réglementation n° 13 de l' ECE «Dispositions uniformes concernant l'approbation des véhicules en matière de freinage» traite dans son Annexe 4 des «Essais de freinage et performance des systèmes de freinage» avec respect de certaines distances d'arrêt et certaines «décélération moyennes en régime» dans des conditions d'essai définies.

Les formules appliquées pour juger de la distance d'arrêt ont en règle générale la structure suivante :

$$s \leq s_R + s_D = t_R \times v + \frac{v^2}{2 \times d_m} \quad (1)$$

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

où :

ISO/TR 13487:1997
~~s_R est la distance parcourue pendant le temps de réponse et de montée en pression t_R, s_D la distance parcourue pendant la phase de décélération moyenne en régime, v la vitesse d'essai et d_m est ce que l'on appelle la «décélération moyenne en régime», par exemple, pour les voitures particulières (véhicules de catégorie M1 selon le ECE-R13) les valeurs suivantes sont utilisées :~~

$$t_R = 0,36 \text{ s}, \quad v = 22,22 \text{ m/s et } d_m = 5,8 \text{ m/s}^2$$

Si la distance d'arrêt doit être mesurée en mètres et la vitesse en km/h, on obtient à partir de (1) dans le cas de véhicules M₁, la formule telle qu'elle est donnée par le règlement n° 13 :

$$s \leq 0,1 \times v + \frac{v^2}{150} \quad (2)$$

Le problème est qu'il n'y a à ce jour aucune règle pour déterminer la décélération moyenne en régime (mfdd) de façon qu'elle puisse être appliquée aux exigences légales existantes pour les distances d'arrêt.

Il convient en outre qu'une procédure qui établit la mfdd en relation avec la distance d'arrêt réponde aux exigences suivantes :

- la mfdd ne doit pas être de conception restrictive en matière d'appareils de mesure c'est-à-dire : même les mesures de décélération pure doivent pouvoir être évaluées ;
- l'évaluation de la mfdd doit permettre d'utiliser des ordinateurs modernes ainsi que des méthodes conventionnelles ;
- une partie représentative du processus de décélération doit être choisie pour l'évaluation.

Jusqu'à maintenant, dans les réglementations nationales en Europe, les valeurs moyennes ont en général été basées sur le temps. Il n'y a pas d'indication sur l'un quelconque des procédés analytiques qui montre que la valeur moyenne basée sur le temps puisse amener à des erreurs considérables, si la distance d'arrêt ou la courbe de vitesse est calculée avec la valeur moyenne liée au temps.

A l'aide de diverses courbes de décélération avec la même valeur moyenne liée au temps, l'exemple suivant montre qu'à la fois les décélérations moyennes liées à la distance et les distances d'arrêt correspondantes prennent des valeurs différentes.

En partant de la vitesse $v_0 = 30$ m/s dans un intervalle de temps de 0 à 6 s, les courbes de décélération suivantes sont prises avec (figure 1) :

$$\begin{aligned} a_1(t) &= -5 \text{ m/s}^2 \\ a_2(t) &= -(8 \text{ m/s}^2 - 1 \text{ m/s}^3 \times t) \\ a_3(t) &= -(2 \text{ m/s}^2 + 1 \text{ m/s}^3 \times t) \end{aligned} \quad (3)$$

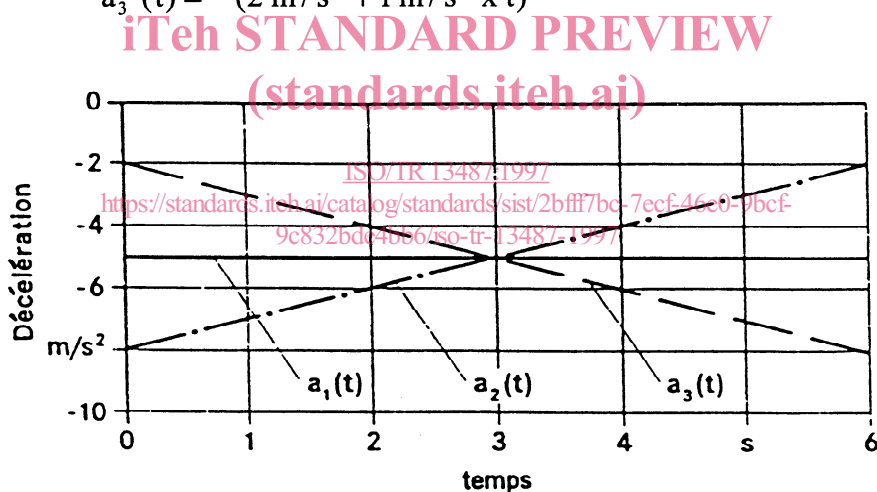


Figure 1 - Différentes courbes de décélération avec la même valeur moyenne liée au temps

L'intégration sur la durée donne les vitesses (Figure 2) :

$$\begin{aligned} v_1(t) &= 30 \text{ m/s} - 5 \text{ m/s}^2 \times t \\ v_2(t) &= 30 \text{ m/s} - (8 \text{ m/s}^2 - 0,5 \text{ m/s}^3 \times t) \times t \\ v_3(t) &= 30 \text{ m/s} - (2 \text{ m/s}^2 + 0,5 \text{ m/s}^3 \times t) \times t \end{aligned} \quad (4)$$

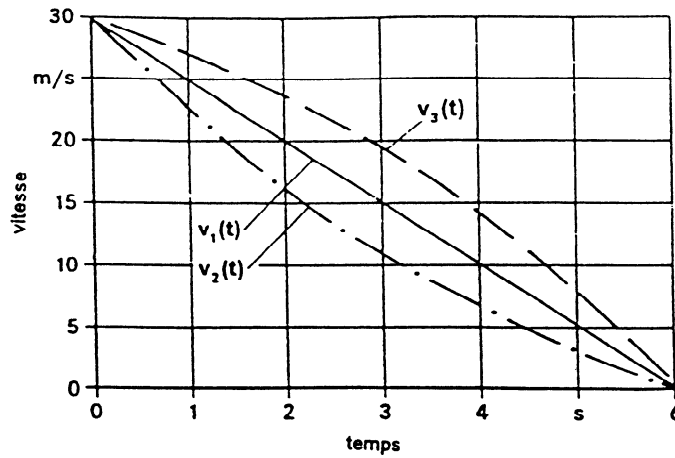


Figure 2 - Courbes de vitesse corrélée aux décélérations de la Figure 1

L'intégration des vitesses sur la durée donne les trajectoires de distance (Figure 3) :

$$\begin{aligned}
 s_1(t) &= 30 \text{ m/s} \times t - 2,5/\text{s}^2 \times t^2 \\
 s_2(t) &= 30 \text{ m/s} \times t - (8 \text{ m/s}^2 - 0,3 \text{ m/s}^3 \times t) \times \frac{t^2}{2} \\
 s_3(t) &= 30 \text{ m/s} \times t - (2 \text{ m/s}^2 + 0,3 \text{ m/s}^3 \times t) \times \frac{t^2}{2}
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

ISO/TR 13487:1997
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2bfff7bc-7ecf-46e0-9bcf-9c832bde4bb6/iso-tr-13487-1997>

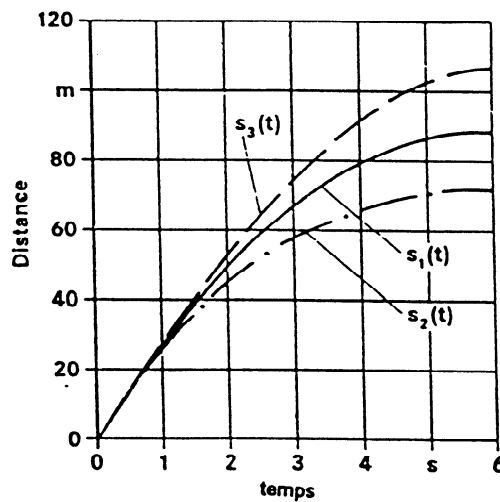


Figure 3 - Courbes de distance corrélées aux décélérations de la Figure 1

Dans le cas de décélérations différentes $a(t)$ avec la même valeur moyenne liée au temps, des écarts majeurs apparaissent dans la distance de freinage (Figure 3) :

$$s_1 = 90 \text{ m} \quad s_2 = 72 \text{ m} \quad s_3 = 108 \text{ m}$$

Si les courbes de décélération indiquées à la Figure 1 sont tracées en fonction de la distance, le résultat est indiqué à la figure 4.

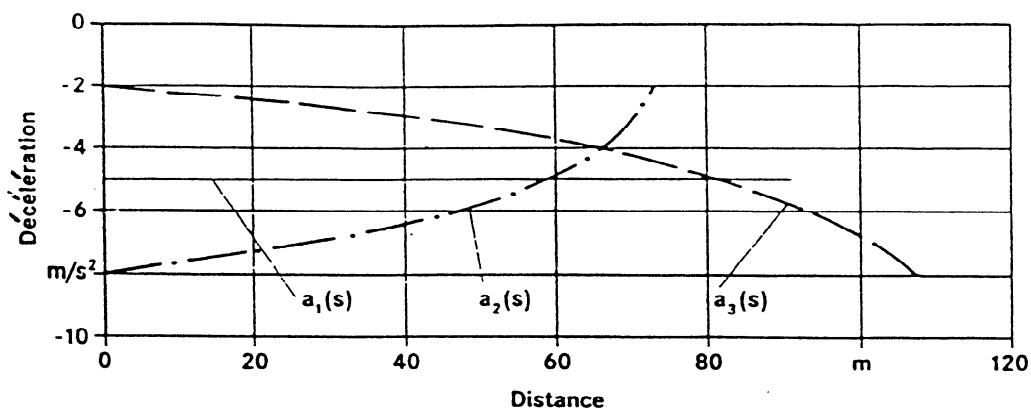


Figure 4 - Courbes de décélération sur la base des distances de la Figure 3

A l'aide de l'équation :

$$a_{msj} = -\frac{v_0^2}{2 \times s_j}, j = 1, 2, 3 \quad (6)$$

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

qui représente un cas spécial de l'équation (11) développée au chapitre 2, le résultat est le suivant :

$$a_{ms1} = -5,0 \text{ m/s}^2 \quad a_{ms2} = -6,25 \text{ m/s}^2 \quad a_{ms3} = -4,17 \text{ m/s}^2$$

On peut voir que les décélérations moyennes liées à la distance s'écartent les unes des autres. Ce n'est que dans le cas de $a_{ms1} = -5,0 \text{ m/s}^2$ que la valeur est égale à la valeur liée au temps.

Les discussions précédentes indiquent qu'il est nécessaire d'interpréter soigneusement la décélération moyenne en régime, désignée comme d_m dans l'équation (1). En particulier parce que les exigences légales basées sur l'édition actuelle du règlement n° 13 de l' ECE donnent la possibilité d'utiliser la mfdd, d_m , en plus de l'évaluation de la distance d'arrêt pour les essais d'homologation.

2 Considérations théoriques

2.1 Equations de base

La dérivation physique est nécessaire pour permettre de comprendre le deuxième terme s_D de l'équation (1) contenant la mffd. En partant des équations de base :

$$v(t) = \frac{ds}{dt} \quad (7)$$

et

$$a(t) = \frac{dv}{dt} \quad (8)$$

on peut obtenir la relation suivante en éliminant le différentiel de temps dt en (8) en y substituant (7) :

$$ds = \frac{1}{a(t)} \times v(t) \times dv \quad (9)$$

La question d'une définition convenable de la mffd revient à savoir quel taux de décélération constante représentative \bar{a} peut décrire un processus de décélération donnée. En considérant la différence entre s_B au début et la distance s_E à la fin de la période d'évaluation, on peut l'obtenir en intégrant (9) dans les limites de vitesse associées v_B et v_E .

$$\int_{s_B}^{s_E} ds = s_E - s_B = \frac{1}{\bar{a}} \times \int_{v_B}^{v_E} v(t) \times dv = \frac{v_E^2 - v_B^2}{2 \times \bar{a}} \quad (10)$$

ou :

$$\bar{a} = \frac{v_E^2 - v_B^2}{2 \times (s_E - s_B)} \quad (11)$$

Quand le véhicule est freiné jusqu'à son arrêt complet, v_E tombe à zéro. Mettant en équation

$$s_E - s_B = s_D \quad (12)$$

$$|\bar{a}| = d_m \quad (13)$$

et

$$v_B = v \quad (14)$$

le deuxième terme de (1) découle de (10) ou (11). Cela décrit clairement son arrière-plan physique.

En s'appuyant sur le sens littéral de la mfdd, on peut obtenir le même résultat en calculant une valeur moyenne a_{ms} pour la décélération en fonction de la distance $a(s)$ à l'aide de la définition mathématique habituelle d'une moyenne :

$$a_{ms} = \frac{1}{s_E - s_B} \times \int_{s_B}^{s_E} a(s) \times ds = \frac{1}{s_E - s_B} \times \int_{v_B}^{v_E} \frac{dv}{dt} \times v(t) \times dt \quad (15)$$

Cela aboutit à :

$$a_{ms} = \frac{v_E^2 - v_B^2}{2 \times (s_E - s_B)} \quad (16)^1$$

La décélération représentative \bar{a} selon (11) et la valeur moyenne a_{ms} selon (16) sont par conséquent identiques. Il est ainsi prouvé que seule une décélération moyenne liée à la distance est en accord avec la distance d'arrêt.

Une valeur moyenne liée au temps a_{mt} entre les temps t_B au début et t_E à la fin de la période d'évaluation peut aussi être calculée de façon analogue à (15) selon l'équation :

$$a_{mt} = \frac{1}{s_E - t_B} \times \int_{t_B}^{t_E} a(t) \times dt = \frac{1}{s_E - t_B} \times \int_{v_B}^{v_E} \frac{dv}{dt} \times dt \quad (17)$$

Cela aboutit à :

$$a_{mt} = \frac{v_E - v_B}{t_E - t_B} \quad (18)$$

Quand le processus de décélération n'est pas constant, a_{mt} s'écarte de a_{ms} comme il a déjà été montré dans les exemples cités dans l'introduction. La solution suivante décrit les effets de la différence entre a_{ms} et a_{mt} plus en détail.

2.2 Détermination de la décélération moyenne en fonction de la distance à partir de $a(t)$

Avant d'examiner la dérivation des lois physiques requises pour une discussion comparative de a_{ms} et a_{mt} , il faut éclaircir quelques insuffisances dans la discussion précédente. Dans l'équation (13), il n'a été possible d'effectuer la transition à d_m qu'en utilisant la valeur absolue de \bar{a} . C'était nécessaire, parce que les réglementations légales permettent seulement l'utilisation de valeurs de décélération positives, alors que les taux de décélération ont des valeurs négatives en termes physiques exacts, comme celles qui sont obtenues dans les équations (11), (16) et (18). De plus, la substitution de v par v_B dans l'équation (14) est critique, parce que les réglementations légales définissent v comme étant la vitesse d'essai, de ce fait, v_B , dans l'utilisation ci-dessous signifie la vitesse au début de la période d'évaluation.

¹⁾ Le texte législatif prévu dans l' ECE-R13 est basé sur cette équation