

---

---

**Applications ferroviaires — Freinage  
ferroviaire — Applications nationales  
spécifiques de l'ISO 20138-1**

*Railway applications — Railway braking — Country specific  
applications for ISO 20138-1*

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO/TR 22131:2018](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dc5628ca-9aa2-4916-87ed-e9c28b8d8810/iso-tr-22131-2018)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dc5628ca-9aa2-4916-87ed-  
e9c28b8d8810/iso-tr-22131-2018](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dc5628ca-9aa2-4916-87ed-e9c28b8d8810/iso-tr-22131-2018)



**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO/TR 22131:2018](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dc5628ca-9aa2-4916-87ed-e9c28b8d8810/iso-tr-22131-2018)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dc5628ca-9aa2-4916-87ed-e9c28b8d8810/iso-tr-22131-2018>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2018

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, 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, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office  
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8  
CH-1214 Vernier, Genève  
Tél.: +41 22 749 01 11  
E-mail: [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web: [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
<b>1</b> <b>Domaine d'application</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b> <b>Références normatives</b> .....	<b>1</b>
<b>3</b> <b>Termes et définitions</b> .....	<b>1</b>
<b>4</b> <b>Calcul des distances d'arrêt ou de ralentissement selon une méthode appliquée en France</b> .....	<b>1</b>
4.1   Généralités.....	1
4.2   Termes, symboles et abréviations.....	1
4.3   Calcul des distances de ralentissement ou d'arrêt.....	2
4.3.1   Modèle français pour la position «G».....	2
4.3.2   Calcul selon le Paragraphe 5.7.5.1 de l'ISO 20138-1:2018 (modèle à paliers).....	3
4.4   Exemple de calcul.....	4
4.4.1   Résultats d'essai.....	4
4.4.2   Comparaison des modèles de calcul avec les résultats d'essai.....	5
<b>5</b> <b>Calcul de la performance de freinage utilisé au Japon</b> .....	<b>5</b>
5.1   Généralités.....	5
5.2   Taux de freinage d'un véhicule isolé.....	5
5.3   Exemple de calcul du taux de freinage.....	6
5.4   Temps de réponse équivalent.....	8
<b>6</b> <b>Méthodes de calcul des distances d'arrêt ou de ralentissement pour certains matériels roulants particuliers en Chine</b> .....	<b>9</b>
6.1   Généralités.....	9
6.2   Définitions, symboles et abréviations.....	9
6.3   Efforts retardateurs dus à la résistance du train.....	11
6.3.1   Résistance à l'avancement.....	11
6.3.2   Résistance en courbe.....	12
6.4   Effort de freinage aux semelles pour un train.....	14
6.4.1   Effort total de freinage aux semelles du train.....	14
6.4.2   Coefficient de frottement réel.....	14
6.4.3   Coefficient de frottement unifié.....	15
6.4.4   Effort réel d'application à la semelle.....	16
6.4.5   Valeurs nominales du rendement de la timonerie de frein.....	17
6.4.6   Pression de freinage d'urgence au cylindre de frein.....	17
6.4.7   Effort d'application unifié à la semelle.....	18
6.4.8   Taux de freinage unifié.....	19
6.4.9   Effort retardateur total des freins du train.....	21
6.4.10   Effort de freinage dynamique.....	21
6.4.11   Coefficient d'adhérence.....	21
6.5   Calcul du freinage.....	22
6.5.1   Temps de freinage.....	22
6.5.2   Temps de marche sur l'erre.....	22
6.5.3   Distance d'arrêt/de ralentissement.....	23
<b>Bibliographie</b> .....	<b>25</b>

## 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 (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier, de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir [www.iso.org/directives](http://www.iso.org/directives)).

L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir [www.iso.org/brevets](http://www.iso.org/brevets)).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir [www.iso.org/avant-propos](http://www.iso.org/avant-propos).

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 269, *Applications ferroviaires*, sous-comité SC2, *Freinage ferroviaire*.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse [www.iso.org/fr/members.html](http://www.iso.org/fr/members.html).

# Applications ferroviaires — Freinage ferroviaire — Applications nationales spécifiques de l'ISO 20138-1

## 1 Domaine d'application

Le présent document fournit des informations supplémentaires afin de faciliter la compréhension et l'utilisation de l'ISO 20138-1. Les calculs donnés dans le présent document, quoique légèrement différents, suivent les mêmes principes.

Le présent document décrit des approches de calcul nationales spécifiques actuellement en vigueur et représente l'état actuel des connaissances pour le calcul:

- des distances d'arrêt et de ralentissement;
- du temps de réponse équivalent;
- de la performance de freinage;
- du taux de freinage.

## 2 Références normatives

Le présent document ne contient aucune référence normative.

## 3 Termes et définitions

Aucun terme n'est défini dans le présent document.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>

## 4 Calcul des distances d'arrêt ou de ralentissement selon une méthode appliquée en France

### 4.1 Généralités

Ce calcul est fondé sur la méthode alternative de calcul du temps de réponse équivalent utilisée selon les exigences des chemins de fer français, en particulier pour les trains fonctionnant en position «G».

### 4.2 Termes, symboles et abréviations

Pour les besoins de l'Article 4, les termes, symboles et abréviations définis dans le Tableau 1 s'appliquent.

Tableau 1 — Symboles, définitions et unités

Terme, symbole ou abréviation	Définition	Unité
1	point où l'effort de freinage, la décélération ou la pression est considéré(e) comme atteint(e), en général à 95 %	—
$a_e$	décélération équivalente (sur une voie en palier, sans tenir compte de l'effet de la déclivité)	m/s <sup>2</sup>
$g$	accélération normale due à la gravité	m/s <sup>2</sup>
position «G»	distributeur de frein et dispositifs d'isolement du distributeur (définis dans l'EN 15355 <sup>[9]</sup> )	
$i$	déclivité de la voie (positive en rampe/négative en pente)	—
$s_{grad}$	distance d'arrêt/de ralentissement sur une déclivité	m
$s_{tests}$	distances d'arrêt mesurées au cours des essais	m
$t_e$	temps de réponse équivalent	s
$2 \cdot t_e$	temps de réponse équivalent multiplié par 2	s
$v_0$	vitesse initiale	m/s
$v_{fin}$	vitesse finale (= 0 dans le cas d'une distance d'arrêt)	m/s
$X$	Temps	s
$Y$	coefficient d'effort de freinage, de décélération ou de pression nominal(e)	—

**ITeH STANDARD PREVIEW**  
(standards.iteh.ai)

### 4.3 Calcul des distances de ralentissement ou d'arrêt

#### 4.3.1 Modèle français pour la position «G»

Ce modèle permet de calculer avec un haut degré de précision les distances d'arrêt des trains caractérisés par des temps de serrage longs (par exemple, position «G»). Il est actuellement utilisé par les gestionnaires d'infrastructure afin d'évaluer la conformité d'un train avec le système de commande du train et la longueur des cantons de signalisation.

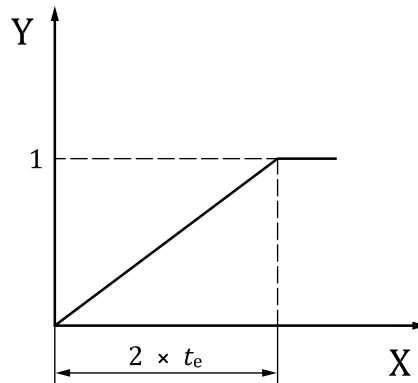
Dans le cadre de ce modèle français de calcul des distances de ralentissement ou d'arrêt, la [Figure 1](#) peut être utilisée pour les trains fonctionnant en position «G» pour les systèmes de freinage exerçant des efforts retardateurs sur le point de contact avec le rail.

Ce modèle utilise une croissance linéaire de l'effort de 0 à 1 pendant une durée de  $2 \cdot t_e$ .

Le temps de réponse équivalent,  $t_e$ , peut être calculé à l'aide de la [Formule \(1\)](#):

$$t_e = t_a + \frac{t_{ab}}{2} \quad (1)$$

où  $t_a$  et  $t_{ab}$  sont conformes à l'ISO 20138-1:2018, 5.5.2.



### Légende

- Y coefficient d'effort de freinage, de décélération ou de pression nominal(e)  
 X temps, en s  
 1 point où l'effort de freinage, la décélération ou la pression total(e) a été atteint(e), en général 95 % de la valeur maximale  
 $2 \times t_e$  temps de réponse équivalent multiplié par 2, en s

**Figure 1 — Modèle fondé sur une croissance linéaire de l'effort de 0 à 1 pendant une durée de  $2 \cdot t_e$**

La distance d'arrêt ( $v_{\text{fin}} = 0$ ) ou de ralentissement peut être calculée à l'aide de la [Formule \(2\)](#):

$$s_{\text{grad}} = v_0 \cdot t_e \cdot \frac{a_e}{a_e + g \cdot i} + \frac{v_0^2 - v_{\text{fin}}^2}{2 \cdot (a_e + g \cdot i)} + \frac{a_e \cdot t_e^2 \cdot (a_e + 4 \cdot g \cdot i)}{6 \cdot (a_e + g \cdot i)} \quad (2)$$

NOTE 1 La décélération équivalente,  $a_e$ , ne tient pas compte de l'effet de la déclivité.

La [Formule \(2\)](#) ne s'applique qu'à un calcul des distances de ralentissement/d'arrêt avec des efforts de freinage établis. La condition suivante doit être satisfaite:

$$v_0 - v_{\text{fin}} \geq (a_e + 2 \cdot i) \cdot t_e \quad (3)$$

où

- $s_{\text{grad}}$  est la distance d'arrêt/de ralentissement dans une déclivité, en m;  
 $v_0$  est la vitesse initiale, en m/s;  
 $t_e$  est le temps de réponse équivalent, en s;  
 $a_e$  est la décélération équivalente (sur une voie en palier, sans tenir compte de l'effet de la déclivité), en  $\text{m/s}^2$ ;  
 $g$  est l'accélération standard due à la gravité, en  $\text{m/s}^2$ ;  
 $i$  est la déclivité de la voie (positive en rampe/négative en pente);  
 $v_{\text{fin}}$  est la vitesse finale (= 0 dans le cas d'une distance d'arrêt), en m/s.

NOTE 2 La distance d'arrêt/de ralentissement, telle que calculée selon la [Formule \(3\)](#), sera plus courte que celle obtenue à l'aide de la méthode décrite dans le Paragraphe 5.7.4 de l'ISO 20138-1:2018.

### 4.3.2 Calcul selon le Paragraphe 5.7.5.1 de l'ISO 20138-1:2018 (modèle à paliers)

Le Paragraphe 5.7.5.1 de l'ISO 20138-1:2018 donne la [Formule \(4\)](#) pour les calculs sur une voie en palier ( $i = 0$ ) ou avec une déclivité.

Il utilise le modèle du temps de réponse théorique  $t_e = t_a + \frac{t_{ab}}{2}$  comme modèle «à paliers».

$$s_{grad} = v_0 \cdot t_e - \frac{1}{2} \frac{m_{st}}{m_{dyn}} \cdot g \cdot i \cdot t_e^2 + \frac{\left( v_0 - \frac{m_{st}}{m_{dyn}} \cdot g \cdot i \cdot t_e \right)^2}{2a_e} - v_{fin}^2 \quad (4)$$

Lorsque la résistance du train à l'avancement et la masse dynamique se compensent mutuellement et que  $v_{fin} = 0$ , la formule est simplifiée en [Formule \(5\)](#):

$$s_{grad} = v_0 \cdot t_e - \frac{g \cdot i \cdot t_e^2}{2} + \frac{(v_0 - g \cdot i \cdot t_e)^2}{2a_e} \quad (5)$$

où

- $s_{grad}$  est la distance d'arrêt/de ralentissement dans une déclivité, en m;
- $v_0$  est la vitesse initiale, en m/s;
- $t_e$  est le temps de réponse équivalent, en s;
- $m_{st}$  est la masse statique, en kg;
- $m_{dyn}$  est la masse dynamique, en kg;
- $g$  est l'accélération standard due à la gravité, en  $m/s^2$ ;
- $i$  est la déclivité de la voie (positive en rampe/négative en pente);
- $a_e$  est la décélération équivalente (sur une voie en palier, sans tenir compte de l'effet de la déclivité), en  $m/s^2$ ;
- $v_{fin}$  est la vitesse finale (= 0 dans le cas d'une distance d'arrêt), en m/s.

#### 4.4 Exemple de calcul

##### 4.4.1 Résultats d'essai

Cet exemple concerne un train long de 1 000 m en position «G».

À titre de référence et de comparaison, les essais réalisés sur les voies ont donné les résultats suivants pour les distances d'arrêt  $s_{tests}$ :

Distance d'arrêt sur une voie en palier	<b>824 m</b>
Distance d'arrêt dans une pente de 5 ‰	<b>885 m</b>
Distance d'arrêt dans une rampe de 5 ‰	<b>776 m</b>

Le temps réponse équivalent,  $t_e$  (temps mort + 1/2 du temps de serrage des freins), dérivé des résultats des essais, est de 15,5 s.

La décélération équivalente sans tenir compte de l'effet de la déclivité,  $a_e$ , dérivée des résultats des essais, est de 0,89  $m/s^2$ .



#### 4.4.2 Comparaison des modèles de calcul avec les résultats d'essai

Les distances d'arrêt,  $s_{\text{tests}}$ , calculées à l'aide de la [Formule \(5\)](#) («modèle à paliers» simplifié de l'ISO 20138-1) sont données dans le [Tableau 2](#):

**Tableau 2 — Distances d'arrêt calculées avec le modèle à paliers**

	$v_0$ km/h	$g$ m/s <sup>2</sup>	$i$ mm/m	$t_e$ s	$a_e$ m/s <sup>2</sup>	$s_{\text{grad}}$ m	$s_{\text{tests}}$ m	Différence $s_{\text{grad}}$ vs $s_{\text{tests}}$ %
<b>Voie en palier</b>	100	9,81	0	15,5	0,89	<b>864,0</b>	824	5 %
<b>Rampe</b>	100	9,81	5	15,5	0,89	<b>834,7</b>	776	8 %
<b>Pente</b>	100	9,81	-5	15,5	0,89	<b>894,0</b>	885	1 %

Les distances d'arrêt,  $s_{\text{tests}}$ , calculées à l'aide de la [Formule \(2\)](#) (méthode alternative française) sont données dans le [Tableau 3](#):

**Tableau 3 — Distances d'arrêt calculées avec la méthode alternative française**

	$v_0$ km/h	$g$ m/s <sup>2</sup>	$i$ mm/m	$t_e$ s	$a_e$ m/s <sup>2</sup>	Condition		$s_{\text{grad}}$ m	$s_{\text{tests}}$ m	Différence $s_{\text{grad}}$ vs $s_{\text{tests}}$ %
						$v_0 \geq (a_e + 2g \cdot i) t_e$ $v_0$ m/s	$(a_e + 2g \cdot i) t_e$ m/s			
<b>Voie en palier</b>	100	9,81	0	15,5	0,89	27,8	> 13,8	<b>828,4</b>	824	< 1 %
<b>Rampe</b>	100	9,81	5	15,5	0,89	27,8	> 15,3	<b>777,7</b>	776	0 %
<b>Pente</b>	100	9,81	-5	15,5	0,89	27,8	> 12,3	<b>885,0</b>	885	0 %

Les valeurs du tableau démontrent que:

- les distances d'arrêt calculées selon la méthode alternative française sont plus courtes que celles obtenues avec le «modèle à paliers» simplifié de l'ISO 20138-1;
- les distances d'arrêt calculées selon la méthode alternative française sont plus précises et plus proches des résultats d'essai obtenus sur la voie.

## 5 Calcul de la performance de freinage utilisé au Japon

### 5.1 Généralités

Le Japon est essentiellement réglementé par la loi sur l'exploitation ferroviaire<sup>[3]</sup>. Les normes réglementaires techniques du système ferroviaire japonais, publiées par le ministère du Territoire, de l'Infrastructure, du Transport et du Tourisme (MILT), sont également utilisées. La réglementation technique se compose d'ordonnances ministérielles et de spécifications de modèles approuvés. Des documents explicatifs qui complètent et aident les utilisateurs à interpréter les ordonnances ministérielles et les spécifications de modèles approuvés ont également été publiés. Ces documents sont généralement utilisés comme des normes, parallèlement aux normes JIS (Japanese Industrial Standards) <sup>[4][7][8]</sup> et aux normes JRIS (Japan Association of Rolling Stock Industries Standards)<sup>[5][6]</sup>, etc. en vigueur au Japon.

### 5.2 Taux de freinage d'un véhicule isolé

Le taux de freinage sert à comparer la capacité de freinage des véhicules isolés et est utilisé pour l'évaluation de la conception.

L'effort de freinage d'un véhicule isolé peut être calculé à l'aide de la [Formule \(6\)](#):

$$F_{\text{tot}} = n_{\text{cyl}} \cdot A_{\text{tot}} \cdot p_c \cdot i_{\text{tot}} \cdot \eta_{\text{tot}} \quad (6)$$

où

- $F_{\text{tot}}$  est l'effort de freinage, en kN;
- $n_{\text{cyl}}$  est le nombre de cylindres de frein;
- $A_{\text{tot}}$  est la surface du cylindre de frein, en m<sup>2</sup>;
- $p_c$  est la pression du cylindre de frein, en kPa;
- $i_{\text{tot}}$  est le rapport d'amplification de la timonerie de frein;
- $\eta_{\text{tot}}$  est le rendement mécanique.

Le taux de freinage d'un véhicule isolé peut être calculé à l'aide de la [Formule \(7\)](#):

$$\theta = \frac{F_{\text{tot}}}{M_{\text{tot}} \cdot g} \cdot C \cdot 100 \quad (7)$$

avec

$$C = \frac{\mu_A}{\mu_C} \quad (8)$$

où

- $\theta$  est le taux de freinage d'un véhicule isolé, en %;
- $F_{\text{tot}}$  est l'effort de freinage, en kN;
- $M_{\text{tot}}$  est la masse en exploitation du véhicule plus sa charge, en t;
- $g$  est l'accélération standard due à la gravité, en m/s<sup>2</sup>;
- $C$  est le rapport des coefficients de frottement;
- $\mu_A$  est le coefficient de frottement de la semelle de frein utilisée;
- $\mu_C$  est le coefficient de frottement de la semelle en fonte (coefficient hypothétique de 0,15).

NOTE Le coefficient de frottement de la semelle de frein utilisée,  $\mu_A$ , et les critères d'acceptabilité du taux de freinage n'entrent pas dans le domaine d'application du présent document.

### 5.3 Exemple de calcul du taux de freinage

Le [Tableau 4](#) fournit les données d'entrée pour un véhicule avec une unité de frein à semelle par roue, comme représenté sur la [Figure 2](#).

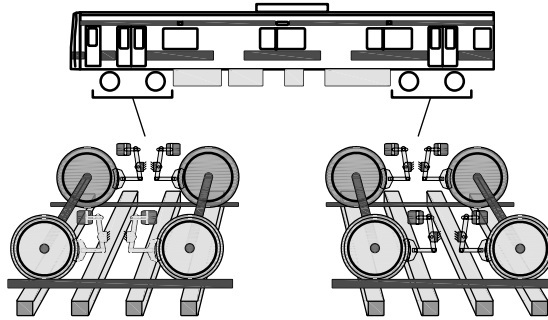


Figure 2 — Véhicule avec une unité de frein à semelle par roue

Tableau 4 — Données d'entrée

Description	Symbole	Exemple de valeur	Unité
Diamètre du cylindre de frein	$d_{\text{cyl}}$	0,152	m
Accélération normale due à la gravité	$g$	9,807	$\text{m/s}^2$
Rapport total d'amplification de la timonerie de frein	$i_{\text{tot}}$	3,6	—
Masse en exploitation	$m_{\text{op}}$	31,4	t
Masse par personne	$m_{\text{p}}$	55	kg/personne
Nombre de cylindres de frein	$n_{\text{cyl}}$	8	—
Capacité de passagers	$n_{\text{p}}$	153	—
Pression du cylindre de frein	$p_{\text{c}}$	303	kPa
Rendement mécanique (y compris effort antagoniste)	$\eta_{\text{tot}}$	1,0	—
Coefficient de frottement de la semelle de frein appliquée (semelle de frein composite)	$\mu_{\text{A}}$	0,3	—

L'effort de freinage d'un véhicule peut être calculé à l'aide de la [Formule \(6\)](#):

$$F_{\text{tot}} = \left[ (0,152\text{m})^2 \cdot \pi / 4 \right] \cdot 8 \cdot 303 \text{ kPa} \cdot 3,6 \cdot 1,0$$

$$F_{\text{tot}} = 158,4 \text{ kN}$$

La masse d'un véhicule chargé peut être calculée à l'aide de la [Formule \(9\)](#):

$$M_{\text{tot}} = m_{\text{op}} + n_{\text{p}} \cdot m_{\text{p}} \tag{9}$$

$$M_{\text{tot}} = 31,4\text{t} + 153 \cdot \left( \frac{55}{1000} \right) \cdot \text{t}$$

$$M_{\text{tot}} = 39,82t$$

Le rapport des coefficients de frottement,  $C$ , en utilisant des semelles de frein composites, peut être calculé à l'aide de la [Formule \(8\)](#):

$$C = \frac{0,3}{0,15} = 2,0$$

Pour finir, le taux de freinage pour un véhicule chargé peut être calculé à l'aide de la [Formule \(7\)](#):

$$\theta = \frac{158,4 \text{ kN}}{39,82 t \cdot 9,807 \text{ m/s}^2} \cdot 2,0 \cdot 100$$

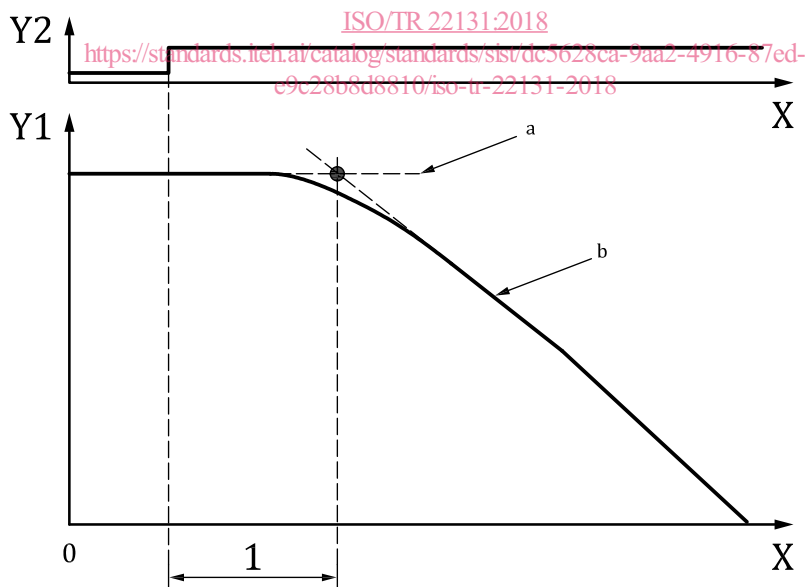
$$\theta = 81\%$$

### 5.4 Temps de réponse équivalent

Au Japon, un temps de réponse équivalent est déterminé comme suit.

Cas n° 1: détermination à partir de la vitesse du train

Le temps de réponse équivalent est déterminé en fonction de la vitesse du train. Dans ce cas, la commande de frein et la vitesse sont mesurées. Dans le chronogramme représenté sur la [Figure 3](#), la ligne horizontale est le prolongement de la vitesse au point de lancement du freinage. Une autre ligne s'obtient également par prolongement de la vitesse dans la zone pour laquelle la décélération devient pratiquement constante. Le temps de réponse équivalent retenu est le temps entre le lancement du freinage et le point d'intersection des deux lignes prolongées.



#### Légende

- Y1 vitesse
- Y2 commande de frein
- X temps, en s
- 1 temps de réponse équivalent
- a Prolonger la ligne horizontale à partir du point de lancement du freinage.
- b La décélération est pratiquement constante.

Figure 3 — Temps de réponse équivalent «en fonction de la vitesse du train» (cas n° 1)