
**Applications ferroviaires — Calcul
des performances de freinage
(freinage d'arrêt, de ralentissement et
d'immobilisation) —**

Partie 1:

**Algorithmes généraux utilisant le
calcul par la valeur moyenne**

(standards.iteh.ai)

*Railway applications — Calculation of braking performance
(stopping, slowing and stationary braking) —*

Part 1: General algorithms utilizing mean value calculation
<https://standards.iteh.org/catalog/standards/sist/4b8d49f5-68b9-40c1-8bcd-75a0e9e801e8/iso-20138-1-2018>



iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 20138-1:2018

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4b8d49f5-68b9-40c1-8bcd-75a0e9e801e8/iso-20138-1-2018>



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
Fax: +41 22 749 09 47
E-mail: copyright@iso.org
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos.....	v
Introduction.....	vi
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Symboles	2
5 Calcul des distances d'arrêt et de ralentissement	7
5.1 Généralités.....	7
5.2 Caractéristiques du véhicule.....	8
5.2.1 Masse statique, m_{st}	8
5.2.2 Masse tournante équivalente, m_{rot}	8
5.2.3 Masse dynamique, m_{dyn}	9
5.2.4 Diamètre de roue.....	9
5.3 Caractéristiques des types d'équipement de frein dépendants de l'adhérence roue-rail.....	9
5.3.1 Cylindre de frein de base.....	9
5.3.2 Frein à semelle.....	11
5.3.3 Unité de frein à semelle (bloc de frein).....	14
5.3.4 Frein à disque.....	15
5.3.5 Frein électrodynamique.....	18
5.3.6 Frein hydrodynamique.....	18
5.3.7 Frein ralentisseur de transmission.....	19
5.3.8 Frein rotatif à courants de Foucault.....	19
5.4 Caractéristiques des types d'équipement de frein indépendants de l'adhérence roue-rail.....	19
5.4.1 Patin magnétique.....	19
5.4.2 Frein linéaire à courants de Foucault.....	20
5.4.3 Effort retardateur moyen engendré par la résistance à l'avancement.....	21
5.4.4 Frein aérodynamique.....	22
5.4.5 Freinage électrodynamique produit par un moteur électrique linéaire à induction.....	22
5.5 Caractéristiques de temps.....	22
5.5.1 Élaboration des caractéristiques de temps d'un type d'équipement de frein.....	22
5.5.2 Temps de réponse équivalent, t_e	23
5.6 Caractéristiques initiales et d'exploitation.....	24
5.6.1 Efforts sur une déclivité.....	24
5.6.2 Effort induit par la déclivité sous l'effet de la gravité en fonction de la pente.....	26
5.6.3 Conjugaison.....	27
5.6.4 Valeur de l'adhérence moyenne roue/rail requise pour les essieux freinés.....	28
5.7 Calcul de la distance d'arrêt et de ralentissement basé sur des valeurs moyennes.....	28
5.7.1 Effort retardateur moyen en utilisant la distance.....	28
5.7.2 Décélération équivalente, a_e , basée sur les efforts retardateurs moyens.....	29
5.7.3 Distance équivalente de marche sur l'erre, s_0	30
5.7.4 Distance d'arrêt et de ralentissement sur une voie en palier.....	30
5.7.5 Distance d'arrêt et de ralentissement basée sur différentes déclivités.....	31
5.8 Calculs dynamiques supplémentaires.....	32
5.8.1 Généralités.....	32
5.8.2 Énergie de freinage.....	32
5.8.3 Puissance de freinage maximale de chaque type d'équipement de frein, $P_{max,n}$	33
6 Freinage d'immobilisation	34
6.1 Généralités.....	34
6.2 Frein d'immobilisation en ligne (niveau 1).....	34
6.3 Frein d'immobilisation en ligne (niveau 2).....	34

6.4	Frein de stationnement	34
6.5	Calcul de freinage d'immobilisation	34
6.5.1	Généralités	34
6.5.2	Caractéristiques générales	34
6.6	Coefficient de friction statique	35
6.7	Effort de frein de stationnement fourni par type d'équipement	35
6.7.1	Frein de stationnement à vis (frein à semelle)	35
6.7.2	Unité de frein à semelle actionnée par ressort	38
6.7.3	Frein de stationnement à vis (frein à disque)	39
6.7.4	Unité de frein à disque actionnée par ressort	41
6.7.5	Effort de freinage de stationnement d'un patin magnétique à aimants permanents	43
6.8	Effort de freinage d'immobilisation pour chaque essieu	44
6.9	Effort total de freinage d'immobilisation pour un train	44
6.10	Calcul de sécurité du freinage d'immobilisation	45
6.11	Coefficient de sécurité du frein d'immobilisation	45
6.12	Coefficient d'adhérence nécessaire pour chaque essieu freiné (frein à disque)	46
6.13	Déclivité maximale atteignable	47
6.14	Méthode pour le calcul de sécurité concernant les véhicules présentant plusieurs efforts de freinage et charges à l'essieu	47
6.14.1	Généralités	47
6.14.2	Valeur d'adhérence roue/rail moyenne	48
6.14.3	Sécurité au roulement	49
6.14.4	Sécurité au glissement	50
6.14.5	Effort de retenue	56
6.14.6	Sécurité de retenue	57
Annexe A (informative) Méthodologie de calcul de la distance d'arrêt et de ralentissement		58
Annexe B (informative) Diagramme des calculs de freinage d'immobilisation		61
Annexe C (informative) Exemples de calcul de freinage		64
Annexe D (informative) Calcul des efforts de freinage (non statiques)		79
Bibliographie		84

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).

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).

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 le lien suivant: www.iso.org/avant-propos.

Le comité chargé de l'élaboration du présent document est l'ISO/TC 269.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 20138 peut être trouvée sur le site de l'ISO.

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.

Introduction

Le présent document décrit les méthodologies de calcul des performances de freinage telles que la distance d'arrêt, la décélération, la puissance et l'énergie pour matériel roulant ferroviaire. Les calculs peuvent être utilisés à n'importe quelle étape du processus d'évaluation (conception, fabrication, essais, vérification, investigation, etc.) du matériel roulant ferroviaire.

Le présent document vise à permettre à l'industrie et aux exploitants ferroviaires d'utiliser des méthodes de calcul communes.

Le présent document est publié en deux parties séparées (ISO 20138-1 et ISO 20138-2) qui seront complémentaires et qui peuvent être utilisées séparément en fonction des besoins de l'utilisateur.

La première partie de la norme expose une méthode de calcul commune pour les applications ferroviaires, applicable à tous les pays. Elle décrit notamment les algorithmes/formules généraux utilisant des valeurs d'entrée moyennes pour effectuer les calculs de dimensionnement des équipements de frein et de performances de freinage, en termes de distances d'arrêt/de ralentissement et de sécurité pour le frein de stationnement, pour tous les types de rames automotrices et de véhicules isolés. En outre, les algorithmes permettent de comparer les résultats obtenus avec d'autres méthodes de calcul des performances de freinage.

La deuxième partie de la norme décrit la méthodologie de calcul pas à pas utilisant des valeurs instantanées d'effort de freinage fournies par les différents types d'équipements de frein actifs pendant le temps d'arrêt/de ralentissement.

Les deux parties de la norme sont interdépendantes, mais peuvent être utilisées séparément en fonction des exigences de l'utilisateur.

ITeH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
ISO 20138-1:2018
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4b8d49f5-68b9-40c1-8bcd-75a0e9e801e8/iso-20138-1-2018>

Applications ferroviaires — Calcul des performances de freinage (freinage d'arrêt, de ralentissement et d'immobilisation) —

Partie 1: Algorithmes généraux utilisant le calcul par la valeur moyenne

1 Domaine d'application

Le présent document décrit les méthodologies de calcul des performances de freinage du matériel roulant ferroviaire et est applicable à tous les pays.

Le présent document décrit les algorithmes/formules généraux utilisant des valeurs moyennes comme valeurs d'entrée pour effectuer des calculs de performances d'équipements de frein et de performances de freinage, en termes de distances d'arrêt/de ralentissement, de freinage d'immobilisation, de puissance et d'énergie pour tous les types de matériels roulants, qu'il s'agisse de véhicules isolés ou de compositions de train, par rapport à la distance de freinage.

Les calculs peuvent être utilisés à n'importe quelle étape du processus d'évaluation (conception, fabrication, essais, vérification, investigation, etc.) du matériel roulant ferroviaire. Le présent document ne spécifie pas les critères d'acceptation spécifiques (réussite/échec).

Le présent document n'est pas destiné à servir de guide de conception pour le choix des systèmes de freinage et ne spécifie pas les exigences de performances. La présente norme ne spécifie pas de méthode pour calculer l'allongement des distances d'arrêt en cas de dégradation du niveau d'adhérence disponible (phénomène d'enrayage).

Le présent document donne des exemples de calcul des efforts de freinage pour les différents types d'équipements de frein, ainsi que de la distance d'arrêt et de freinage d'immobilisation propres à un véhicule isolé ou à une composition de train.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 20138-2¹⁾, *Applications ferroviaires — Calcul des performances de freinage (freinage d'arrêt, de ralentissement et d'immobilisation) — Partie 2: Algorithmes généraux utilisant le calcul pas à pas*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

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>

1) En cours d'élaboration. Stade au moment de la publication: ISO/DIS 20138-2:2018.

— IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>

3.1

train

composition fonctionnelle comprenant une ou plusieurs unités

3.2

rame automotrice

unité dont la composition est fixe et qui peut être utilisée comme un train

3.3

unité

partie d'un train qui peut se composer d'un ou de plusieurs véhicule(s)

3.4

véhicule

élément individuel d'une unité

EXEMPLE Locomotive, voiture, wagon, voiture automotrice.

3.5

effort de retenue

effort supérieur ou égal à la somme des efforts externes et de l'effort induit par la déclivité sous l'effet de la gravité

3.6

effort de freinage

effort retardateur

efforts générés par un type d'équipement de freinage ou par des efforts externes

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Note 1 à l'article: La masse dynamique (la somme de la masse statique et de la masse tournante équivalente) est freinée par les efforts de freinage.

Note 2 à l'article: Les efforts retardateurs arrêtent ou décèlerent un véhicule ou une unité.

Note 3 à l'article: Dans certains cas (par exemple un frein électromagnétique), l'effort de freinage est égal à l'effort retardateur; dans d'autres cas, une différenciation entre l'effort de freinage et l'effort retardateur doit être faite (par exemple calcul de l'adhérence requise).

4 Symboles

Pour les besoins du présent document, les symboles généraux donnés dans le [Tableau 1](#) s'appliquent.

Tableau 1 — Symboles

Symbole	Définition	Unité
A_b	Surface de contact par semelle de frein	m^2
A_c	Surface du cylindre de frein	m^2
A_p	Surface de contact par garniture de frein	m^2
a	Niveau défini pour le signal de sortie minimal (généralement 10 % ou 5 %)	%
a_e	Décélération équivalente	m/s^2
$a_{e,grad}$	Décélération équivalente incluant l'effet de la déclivité et de l'inertie	m/s^2
$a_{e,grad_simple}$	Décélération équivalente négligeant l'inertie	m/s^2
$a_{e,z}$	Décélération équivalente dans la plage de vitesses z	m/s^2
α	Angle de la pente	°
b	Niveau défini pour le signal de sortie minimal (généralement 95 % ou 90 %)	%

Tableau 1 (suite)

Symbole	Définition	Unité
C_1	Coefficient propre du train, indépendant de la vitesse	N
C_2	Coefficient propre du train, proportionnel à la vitesse	N/(m/s)
C_3	Coefficient propre de la résistance aérodynamique du train, dû à la traînée de pression et à la traînée induite par la friction superficielle	N/(m/s) ²
D	Diamètre de roue	m
F	Effort	N
F_{AMg}	Force d'attraction d'un (seul) patin magnétique	N
$F_{AMg,st}$	Force d'attraction d'un patin magnétique à aimants permanents	N
F_B	Contribution du frein à friction	N
F_{Bd}	Effort retardateur conjugué	N
F_{BED}	Effort retardateur du frein électrodynamique	N
\bar{F}_{BED}	Effort retardateur moyen du frein électrodynamique	N
$F_{BED,max}$	Effort retardateur maximal du frein électrodynamique	N
F_{BFR}	Effort retardateur du frein hydrodynamique	N
\bar{F}_{BFR}	Effort retardateur moyen du frein hydrodynamique	N
$F_{BFR,max}$	Effort retardateur maximal du frein hydrodynamique	N
$\bar{F}_{B,n}$	Effort de freinage moyen du type d'équipement de frein n	N
$F_{B,ind}$	Effort indépendant de l'adhérence (non tributaire du contact roue-rail), par exemple effort du frein électromagnétique permanent sur rail	N
$F_{B,ind,z}$	Effort retardateur indépendant de l'adhérence (non tributaire du contact roue-rail) par type d'équipement	N
$F_{B,st}$	Effort total de freinage d'immobilisation ramené au niveau du rail	N
$F_{B,ax,st}$	Effort de freinage d'immobilisation agissant sur l'essieu considéré	N
$F_{B,\tau,i}$	Effort retardateur dépendant de l'adhérence (tributaire du contact roue-rail) généré par le frein de stationnement appliqué sur l'essieu (i est l'index utilisé pour classer les essieux)	N
$F_{B,\tau,req}$	Effort retardateur dépendant de l'adhérence (tributaire du contact roue-rail)	N
$F_{B,\tau,req,rem}$	Reliquat d'effort nécessaire pour retenir la masse à freiner	N
F_b	Effort d'application à la semelle	N
$F_{b,st}$	Effort de frein de stationnement appliqué sur la table de roulement de la roue par unité de frein de stationnement	N
$F_{b,ax}$	Effort d'application par semelle	N
$F_{b,ax,st}$	Effort statique appliqué à chaque semelle de frein	N
$F_{b,tot}$	Effort total appliqué sur toutes les faces de disque ou effort total appliqué aux semelles de frein	
$F_{b,tot,st}$	Effort statique total appliqué sur toutes les faces de disque ou effort statique total appliqué aux semelles de frein	N
$F_{Cr,H}$	Effort à la manivelle ou au volant de frein à main	N
F_c	Effort interne du cylindre	N
F_{cl}	Effort de serrage	N
$F_{cl,n}$	Effort de serrage de la timonerie de frein	N
F_D	Effort induit par la déclivité sous l'effet de la gravité	N
$F_{d,ax}$	Proportion par essieu de l'effort induit par la déclivité à retenir par les essieux avec freins de stationnement appliqués	N
\bar{F}_{ext}	Effort externe moyen	N

Tableau 1 (suite)

Symbole	Définition	Unité
F_{ext}	Efforts externes (par exemple, effet du vent)	N
F_G	Effort en sortie du mécanisme de frein de stationnement	N
F_g	Poids	N
$F_{g,ax}$	Charge statique pour un essieu donné	N
F_H	Effort de retenue	N
$F_{Mg,st}$	Effort de frein de stationnement d'un patin magnétique à aimants permanents	N
$F_{Mg,stot}$	Effort total de frein de stationnement de tous les patins magnétiques à aimants permanents d'un véhicule	—
F_N	Charge statique perpendiculaire au rail par essieu avec frein de stationnement appliqué	—
$F_{N,ax}$	Charge statique perpendiculaire au rail par essieu avec frein de stationnement appliqué, pour un essieu donné	N
$F_{N,i}$	Charge statique perpendiculaire au rail par essieu avec frein de stationnement appliqué (i est un indice utilisé pour le classement et l'itération des essieux)	N
$F_{N,rem}$	Reliquat de charge statique perpendiculaire au rail, par essieu	N
F_{PB}	Effort total de frein de stationnement ramené au niveau du rail	N
$F_{PB,ax}$	Effort de freinage de stationnement pour un essieu donné, ramené au niveau du rail	N
F_{Perp}	Effort perpendiculaire	N
$F_{Perp,ax}$	Effort perpendiculaire sur l'essieu	N
F_p	Effort du piston	N
F_{pad}	Effort agissant sur une (seule) face de disque	N
$F_{pad,n}$	Effort agissant sur une (seule) face de disque	N
F_{pull}	Effort au point d'application bogie	N
$F_{pull,st}$	Effort statique sur le point d'application bogie	N
F_{Ra}	Effort retardateur engendré par la résistance du train à l'avancement	N
\bar{F}_{Ra}	Effort retardateur moyen engendré par la résistance du train à l'avancement	N
$F_{Ra,st}$	Effort de résistance à l'avancement du train à l'arrêt	N
F_r	Effort retardateur instantané produit par l'équipement de frein, ramené au niveau du rail	N
\bar{F}_r	Effort retardateur moyen produit par l'équipement de frein, ramené au niveau du rail	N
F_{rECB}	Effort retardateur instantané du frein linéaire à courants de Foucault	N
\bar{F}_{rECB}	Effort retardateur moyen du frein linéaire à courants de Foucault	N
$F_{rECB,max}$	Effort retardateur maximal du frein linéaire à courants de Foucault	N
F_{rMg}	Effort retardateur d'un (seul) patin magnétique	N
$F_{rMg,tot}$	Effort retardateur total de tous les patins magnétiques d'un véhicule	N
$\bar{F}_{r,n}$	Effort retardateur moyen du type d'équipement de frein n	N
F_{SP}	Effort du ressort du frein de stationnement	N
$F_{S,C}$	Effort antagoniste de l'unité de frein ou effort appliqué par le ressort	N
$F_{S,R}$	Effort antagoniste (régleur de timonerie, par exemple)	N
F_{St}	Effort de freinage d'immobilisation du train	N
$F_{St,ax}$	Effort de freinage d'immobilisation transmissible agissant pour un essieu donné	N

Tableau 1 (suite)

Symbole	Définition	Unité
$F_{st,n}$	Effort de freinage d'immobilisation agissant sur l'essieu pour chaque type de frein de stationnement/d'immobilisation en ligne (niveau 1)/d'immobilisation en ligne (niveau 2) n	N
$F_{s,rig}$	Effort de rappel	N
F_t	Effort tangentiel	N
F_{wind}	Effort du vent sur le train	N
g	Accélération normale due à la gravité	m/s ²
η_{Cbl}	Rendement du câble	—
η_c	Rendement interne de l'unité de frein	—
η_G	Rendement de la transmission	—
η_R	Rendement global de la timonerie de frein	—
$\eta_{R,st}$	Rendement statique global de la timonerie de frein	—
η_{rig}	Rendement de la timonerie de frein	—
$\eta_{rig,st}$	Rendement statique de la timonerie de frein	—
I	Intensité du courant	A
i	Déclivité de la voie (pente/rampe)	—
i_{Cbl}	Rapport mécanique du câble	—
i_c	Rapport d'amplification interne de l'unité de frein	—
i_G	Rapport d'amplification de la transmission	—
i_{max}	Déclivité maximale atteignable	—
$i_{max,roll}$	Déclivité maximale atteignable pour le roulement	—
$i_{max,slide}$	Déclivité maximale atteignable pour le glissement	—
i_{rig}	Rapport d'amplification de la timonerie de frein	—
$i_{rig,ax,n}$	Rapport d'amplification du levier par triangle de frein	—
$i_{rig,C}$	Rapport d'amplification du levier de la timonerie (frein de stationnement)	—
$i_{rig,n}$	Rapport d'amplification du levier de la timonerie	—
$i_{s,rig}$	Rapport d'amplification de la timonerie de frein pour l'application de l'effort de rappel	—
J	Inertie	kg·m ²
k_0, k_2	Coefficient (communiqué par le fournisseur)	—
k_1	Coefficient (communiqué par le fournisseur)	s/m
k_{1v}, k_{2v}	Facteur désignant un cylindre de frein actif ou passif	—
l_a, l_b	Longueur du levier de frein principal	m
$l_{a,n}, l_{b,n}$	Longueur du levier de la timonerie de frein	m
l_e	Longueur du levier de frein principal (frein de stationnement)	m
l_c, l_d	Longueur du levier de bogie	m
M	Masse à maintenir à l'arrêt du véhicule/de l'unité/du train	kg
m_{dyn}	Masse dynamique	kg
m_{rot}	Masse tournante équivalente	kg
$m_{rot,ax}$	Masse tournante équivalente de l'essieu freiné	
m_{st}	Masse statique	kg
$m_{st,ax}$	Masse statique d'un essieu donné	kg
μ_{Mg}	Coefficient de friction moyen du patin magnétique (plots magnétiques)	—
$\mu_{Mg,st}$	Coefficient de friction statique du patin magnétique à aimants permanent (plots magnétiques)	—

Tableau 1 (suite)

Symbole	Définition	Unité
μ_m	Coefficient de friction moyen de la semelle de frein/garniture de frein	—
μ_{st}	Coefficient de friction statique de la semelle de frein/garniture de frein	—
N	Nombre de types d'équipements de frein	—
$n_{PB,ax}$	Nombre d'essieux avec frein de stationnement appliqué	—
n_{Beam}	Nombre de triangles de frein	—
n_{BW}	Nombre d'essieux freinés	—
n_{disc}	Nombre de disques de frein	—
n_{face}	Nombre de faces de disques	—
n_{Mg}	Nombre de patins magnétiques équipant un véhicule	—
n_{SP}	Nombre d'unités de frein à ressort	—
n_1, n_2	Valeur de la puissance dans la plage de vitesses au-dessus de v_{cha} , normalement obtenue du fournisseur	—
$P_{max,n}$	Puissance maximale du type d'équipement de frein n	W
p	Pression	N/m ²
p_{ab}	Pression spécifique de la semelle de frein	N/m ²
p_{ap}	Pression spécifique de la garniture de frein	N/m ²
p_c	Pression du cylindre de frein	Pa ^a
r_m	Rayon de freinage moyen de la garniture de frein sur la face du disque	m
S_H	Sécurité de retenue	—
S_R	Sécurité au roulement	—
S_{st}	Coefficient de sécurité pour le frein d'immobilisation	—
$S_{\tau,slide}$	Sécurité au glissement	—
s	Distance d'arrêt/de ralentissement	m
$s_{B,n}$	Distance parcourue avec le type d'équipement de frein n appliqué	m
s_{grad}	Distance d'arrêt/de ralentissement dans une déclivité	m
s_0	Distance équivalente de marche sur l'erre	m
t	Temps	s
t_a	Retard initial (temps mort)	s
$t_{a,n}$	Retard initial (temps mort) pour un type d'équipement de frein particulier n	s
t_{ab}	Temps d'établissement du frein	s
$t_{ab,n}$	Temps d'établissement du frein pour un type d'équipement de frein particulier n	s
t_b	Temps de réponse global ($t_a + t_{ab}$)	s
t_e	Temps de réponse équivalent	s
$t_{e,n}$	Temps de réponse équivalent pour le type d'équipement de frein particulier n	s
τ_{ax}	Valeur d'adhérence roue/rail moyenne requise pour les essieux freinés	—
$\bar{\tau}_{ax,i}$	Valeur temporaire de l'adhérence roue/rail moyenne exigée pour l'essieu freiné utilisée lors de l'étape d'itération i	—
τ_a	Adhérence disponible	—
$\tau_{req,st,ax}$	Coefficient d'adhérence nécessaire pour retenir l'effort induit par la déclivité et les forces externes pour chaque essieu freiné	—
$\tau_{D,req,ax}$	Coefficient d'adhérence nécessaire pour retenir l'effort induit par la déclivité pour un essieu freiné donné	—
τ_{max}	Adhérence roue-rail statique disponible ou maximale admise	—

Tableau 1 (suite)

Symbole	Définition	Unité
$\tau_{\text{req,ax}}$	Coefficient d'adhérence nécessaire pour un essieu freiné donné	—
$\tau_{\text{req,max,ax}}$	Adhérence maximale requise pour un essieu freiné donné	—
v	Vitesse	m/s
v_{cha}	Vitesse caractéristique (correspondante à l'effort retardateur maximal)	m/s
v_{fin}	Vitesse finale	m/s
v_{max}	Vitesse maximale	m/s
v_0	Vitesse initiale	m/s
$v_1 \dots v_4$	Vitesses particulières	m/s
$v_{0,\text{Mg}}$	Vitesse d'activation du patin magnétique	m/s
$v_{1,\text{Mg}}$	Vitesse de désactivation du patin magnétique	m/s
W_B	Énergie dissipée par les systèmes de freinage	J
$W_{B,n}$	Énergie dissipée par le type d'équipement de frein n	J
W_{Ra}	Énergie dissipée par la résistance du train à l'avancement	J
W_{tot}	Énergie totale	J
Y	Pourcentage de signal de sortie	—
z	Indice ou identifiant de la plage de vitesses	
Z	Nombre de paliers de plages de vitesses	—

a bar ou kPa est également autorisé; 1 bar = 10⁵ Pa

5 Calcul des distances d'arrêt et de ralentissement

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4b8d49f5-68b9-40c1-8bcd-75a0e9e801e8/iso-20138-1-2018>

5.1 Généralités

La méthodologie permettant de déterminer les efforts de freinage agissant sur le train est schématisée à la [Figure A.1](#).

Les algorithmes donnés dans le présent document utilisent des valeurs moyennes et sont valides lorsque le temps de réponse est inférieur à 20 % du temps correspondant à l'application de l'effort de freinage maximal. Pour les temps de réponse présentant un pourcentage supérieur (par exemple, freinage à partir de vitesses initiales faibles) ou lorsque des algorithmes et des valeurs instantanées sont utilisés ou que des intervalles de temps finis sont préférés, l'ISO 20138-2 doit être utilisée.

Le calcul par la valeur moyenne n'est pas destiné à être utilisé pour estimer une valeur extrême ou une variation, par exemple un coefficient de friction minimal/maximal de couple de friction. Les valeurs d'entrée pour le calcul sont utilisées sans tolérances.

Les efforts retardateurs exprimés dans le présent document sont ceux agissant parallèlement au rail.

Les paramètres de conception du système de freinage nécessaires pour effectuer le calcul doivent être définis au niveau de l'essieu, du bogie, du véhicule, de l'unité ou du train. Pour les besoins du présent document, le terme général «véhicule» est utilisé.

Les calculs doivent être effectués pour chaque type d'équipement de frein (par exemple, freins à disque, freins à semelle, freins électrodynamiques). Tous les types d'équipements de frein associés à l'essieu, au bogie, au véhicule, à l'unité ou au train doivent être identifiés et intégrés au calcul.

Lorsque l'équipement de frein installé sur le train est utilisé dans différentes situations (condition de charge, plage de vitesses, consigne de freinage, par exemple), chaque condition ou état du frein doit être pris en compte conjointement avec l'effet en résultant sur l'effort de freinage.

Le présent article explique comment calculer l'effort de freinage produit par les différents types d'équipements de frein induisant un effort retardateur au niveau du rail. En général, les calculs des distances d'arrêt et de ralentissement sont valides pour une voie droite et en palier.

L'Annexe C donne des exemples pour les calculs de freinage des différents véhicules et unités.

Les paragraphes suivants concernent l'effort de freinage produit par des types d'équipements de frein courants. Si d'autres types d'équipements de frein sont utilisés (par exemple, types nouveaux ou innovants), il convient d'adopter d'autres méthodes de calcul de l'effort de freinage.

La Figure 1 donne une vue d'ensemble des différents types d'équipements de frein.

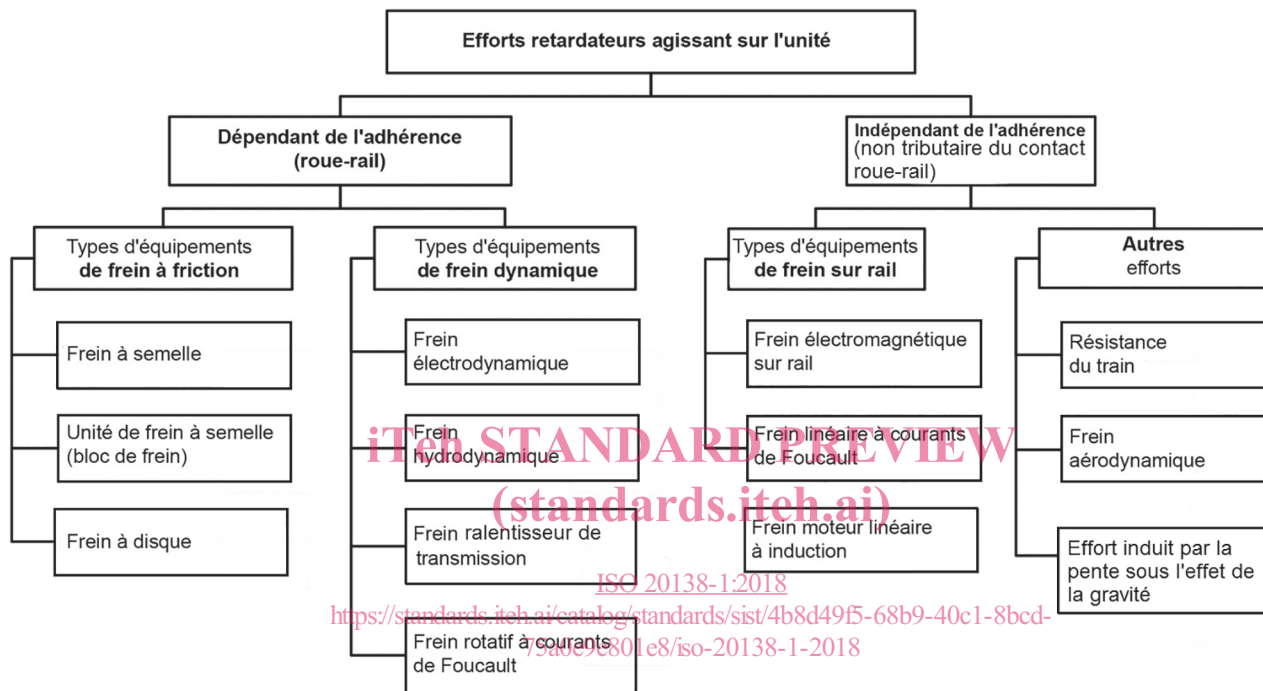


Figure 1 — Vue d'ensemble des efforts retardateurs agissant sur l'unité

5.2 Caractéristiques du véhicule

5.2.1 Masse statique, m_{st}

La masse statique m_{st} du véhicule et/ou la masse statique d'un essieu $m_{st,ax}$ est évaluée à l'arrêt et doit être utilisée pour déterminer l'effort de freinage requis ou les exigences d'adhérence correspondantes pour chaque condition d'exploitation applicable.

Quand il existe plusieurs valeurs de masses statiques par essieu $m_{st,ax}$ en raison de différentes configurations de véhicules, l'effort de freinage doit être calculé pour chaque essieu.

5.2.2 Masse tournante équivalente, m_{rot}

La masse tournante équivalente m_{rot} est la conversion linéaire du moment d'inertie dû à

- la rotation des essieux et;
- des parties tournantes couplées aux essieux pendant le freinage.

La masse tournante équivalente doit être déterminée en utilisant une approche théorique ou établie comme résultat d'essais. La dimension de la roue associée à la masse tournante doit être identifiée.

La valeur de masse tournante équivalente peut être exprimée sous la forme d'un pourcentage de la masse statique.

Lorsqu'il existe différentes masses tournantes (par exemple, un mélange d'essieux porteurs et moteurs), la masse tournante doit être déterminée pour chaque type d'essieu.

Pour ces essieux, si une valeur d'inertie (J) due aux masses tournantes est connue, la masse tournante équivalente à partir de l'inertie est calculée selon la [Formule \(1\)](#):

$$m_{\text{rot}} = \frac{4 \cdot J}{D^2} \quad (1)$$

où

m_{rot} est la masse tournante équivalente, exprimé en kg;

J est l'inertie, exprimée en kg.m²;

D est le diamètre de roue, exprimé en m.

NOTE Le diamètre de roue habituellement utilisé pour le calcul des masses tournantes est le diamètre de roue maximal (roue neuve).

5.2.3 Masse dynamique, m_{dyn}

Pour les besoins du calcul, la masse dynamique est la somme de la masse statique et de la masse tournante équivalente pour l'entité considérée (par exemple, essieu, bogie, véhicule), conformément à la [Formule \(2\)](#):

$$m_{\text{dyn}} = m_{\text{st}} + m_{\text{rot}} \quad (2)$$

où

m_{dyn} est la masse dynamique, exprimée en kg;

m_{st} est la masse statique, exprimée en kg;

m_{rot} est la masse tournante équivalente, exprimée en kg.

5.2.4 Diamètre de roue

Le diamètre de roue D est le diamètre au niveau du point de contact de roulement roue-rail.

Lorsque le véhicule est équipé de roues de différentes tailles (du fait de la conception et non de l'usure), chaque taille de roue doit être déterminée.

NOTE 1 Le diamètre de roue habituellement utilisé pour le calcul des distances d'arrêt et de ralentissement est le diamètre de roue maximal.

NOTE 2 Le diamètre de roue habituellement utilisé pour le calcul de l'adhérence sollicitée $\tau_{\text{req,ax}}$ est le diamètre de roue minimal.

5.3 Caractéristiques des types d'équipement de frein dépendants de l'adhérence roue-rail

5.3.1 Cylindre de frein de base

Le présent paragraphe décrit le calcul de l'effort du piston en tant qu'effort de sortie du cylindre de frein.