



Référentiels EPSF

Recommandation

Matériel

Moyen acceptable de conformité

Performances de freinage du matériel roulant sur les lignes équipées de signalisation au sol

SAM F005

Applicable sur : RFN

Version n° 2 du 20 janvier 2017

Applicable à partir du 20 janvier 2017

SOMMAIRE

Avant propos.....	5
1 Objet.....	6
2 Domaine d'application.....	7
3 Références normatives.....	8
4 Terminologie.....	11
4.1 Définition des types de matériel.....	11
4.2 Définition des différents types de freinage.....	11
4.2.1 Freinage maximal de service.....	11
4.2.2 Freinage d'urgence.....	11
4.2.3 Freinage de maintien.....	11
4.3 Définitions des états de charges considérés dans ce document.....	11
4.3.1 Matériels voyageurs du parc spécialisé destiné à la desserte banlieue.....	12
4.3.2 Matériels voyageurs du parc spécialisé destiné à la desserte régionale.....	12
4.3.3 Matériels voyageurs du parc spécialisé à grande vitesse ou longue distance..	12
4.3.4 Matériels voyageurs du parc ordinaire.....	12
4.3.5 Tram-trains.....	12
4.3.6 Wagons.....	12
4.3.7 Locomotives.....	12
5 Contraintes de l'Infrastructure.....	13
5.1 Caractéristiques du RFN.....	13
5.2 Conditions de détermination des performances de freinage des trains.....	14
5.2.1 Freinage maximal de service.....	15
5.2.2 Freinage d'urgence.....	15
5.3 Cas des fortes pentes.....	17
5.4 Utilisation du frein dynamique pour les locomotives.....	18
6 Démonstration de la conformité.....	18
7 Matériels du parc ordinaire.....	20
7.1 Exigences pour les locomotives.....	20
7.1.1 Performances de freinage.....	20
7.1.2 Circulations locomotive seule.....	21
7.1.2.1 Circulation locomotive seule à la vitesse des ME100.....	21

7.1.2.2	Circulation locomotive seule à la vitesse des ME120	22
7.2	Exigences pour les voitures	23
7.3	Exigences pour les wagons	24
7.4	Performances de freinage des trains du parc ordinaire	25
7.4.1	Performances de freinage d'arrêt et de ralentissement	25
7.4.2	Cas des isolements de frein entraînant une limitation de vitesse	25
7.4.3	Performances de freinage en forte pente.....	25
7.4.4	Performances de freinage d'immobilisation	27
8	Matériels du parc spécialisé.....	27
8.1	Particularités d'équipements.....	27
8.2	Performances de freinage.....	30
8.2.1	Performances de freinage d'arrêt et de ralentissement	30
8.2.1.1	Matériels à vitesse maximale ≤ 160 km/h	30
8.2.1.2	Matériels à vitesse maximale > 160 km/h	34
8.2.2	Cas des isolements de frein entraînant une limitation de vitesse.....	36
8.2.2.1	En freinage d'arrêt	36
8.2.2.2	En freinage de maintien sur Fortes Pentes.....	36
8.2.3	Performances de freinage en forte pente.....	36
8.2.3.1	Sur la forte pente de référence (Modane)	37
8.2.3.2	Sur la forte pente de Porte-Puymorens/Ax les Thermes.....	37
8.2.3.3	Pour la forte pente de Capvern	38
8.2.4	Exigences concernant l'immobilisation	38
9	Performances de freinage d'immobilisation	38
9.1	Fonction d'immobilisation en ligne	38
9.1.1	Généralités.....	38
9.1.2	Performances.....	38
9.1.2.1	Pendant un temps d'au moins deux heures :	38
9.1.2.2	Au-delà de deux heures :	39
9.2	Fonction Immobilisation en stationnement (frein de parking).....	39
9.2.1	Généralités.....	39
9.2.2	Performances.....	39
10	Exigences de sécurité sur les performances de freinage du matériel roulant.....	40
10.1	Recommandations pour les études de sécurité	41
10.2	Moyens de démonstration	47

ANNEXE 1 Spécifications associées aux essais	48
ANNEXE 2 Performances de freinage des trains du parc ordinaire.....	50
ANNEXE 3 Démonstration de la conformité par étude de sécurité.....	54
ANNEXE 4 Définitions associées aux exigences de sécurité	58

Avant propos

À l'exception de ses annexes 2, 3 et 4 qui sont de simples règles de l'art, cette recommandation constitue un moyen acceptable de conformité. Conformément au point I. de l'article 4 de l'arrêté du 19 mars 2012 modifié, la prise en compte de ses dispositions permet de présumer le respect des exigences réglementaires applicables. Toutefois, ceci ne fait pas obstacle à la mise en œuvre par les entités concernées de solutions différentes de celles proposées par le présent texte comme prévu au point III. de l'article 4 de l'arrêté susmentionné.

1 Objet

Cette recommandation présente les exigences de performances de freinage (arrêt, ralentissement, maintien et immobilisation) auxquelles les matériels roulants doivent satisfaire pour assurer la compatibilité des trains dans la composition desquels ils rentrent avec la signalisation latérale des lignes conventionnelles et des lignes équipées de préannonce du réseau ferré national. Ces exigences de performances s'appliquent pour les demandes d'autorisation de mise en exploitation commerciale (notamment en conception).

Elle présente également les exigences associées aux *garanties des performances* de freinage.

En ce qui concerne les performances de freinage, la STI OPE (2012/757/EU) prévoit au § 4.2.2.6.2 que le gestionnaire de l'infrastructure fournisse des informations concernant les différents parcours : les distances de cantonnement (avertissement, arrêt) avec les marges de sécurité associées, les pentes, les vitesses maximum autorisées, les restrictions d'utilisation de certains types de systèmes de freinage pouvant avoir des conséquences sur l'infrastructure (tels que patins magnétiques, freinage à récupération, freins à courant de Foucault).

En complément le gestionnaire d'infrastructure peut fournir à l'entreprise ferroviaire des informations plus pratiques sur le dimensionnement des performances de freinage permettant d'assurer la sécurité.

Ces requis sont extraits de la STI OPE 2012/757/UE § 4.2.2.6.2 :

Performances de freinage et vitesse maximale autorisée

1) *Le gestionnaire de l'infrastructure doit fournir à l'entreprise ferroviaire les informations concernant toutes les caractéristiques de la voie pour chaque ligne :*

- *distances de signalisation (avertissement, arrêt) intégrant leurs marges de sécurité intrinsèques,*
- *rampes et pentes,*
- *vitesse maximale autorisées et*
- *conditions d'utilisation des systèmes de freinage susceptibles d'avoir un effet sur l'infrastructure, comme les freins magnétiques, les freins par récupération et les freins à courant de Foucault.*

2) *En outre, le gestionnaire de l'infrastructure peut fournir les informations suivantes :*

- *i) pour les trains pouvant atteindre une vitesse maximale supérieure à 200 km/h, profil de décélération et temps de réaction équivalent en palier ;*
- *ii) pour les rames ou les compositions de train fixes ne pouvant pas atteindre une vitesse maximale supérieure à 200 km/h, décélération [comme au point i) ci-dessus] ou pourcentage de masse freinée ;*
- *iii) pour les autres trains (compositions de train variables ne pouvant pas atteindre une vitesse maximale supérieure à 200 km/h) : pourcentage de poids-frein.*

Dans le cas où le gestionnaire de l'infrastructure fournit les informations susmentionnées, elles sont mises à la disposition de toutes les entreprises ferroviaires qui ont l'intention d'exploiter des trains sur son réseau. Les tableaux de freinage déjà utilisés et acceptés pour les lignes existantes à la date d'entrée en vigueur du présent règlement doivent également être mis à disposition.

3) *L'entreprise ferroviaire doit, au stade de la planification, déterminer les capacités de freinage du train et la vitesse maximale correspondante en tenant compte :*

- *des caractéristiques de la voie telles que définies au point 1) ci-dessus ou, si elles sont disponibles, des informations fournies par le gestionnaire de l'infrastructure conformément au point 2) ci-dessus. Si le gestionnaire de l'infrastructure a fourni les informations visées au point 2), l'entreprise ferroviaire doit exprimer les capacités de freinage en utilisant les mêmes informations ; et*
- *les marges liées au matériel roulant découlant de la fiabilité et de la disponibilité du système de freinage.*

En outre, l'entreprise ferroviaire s'assure que, pendant l'exploitation, chaque train atteint au moins les performances de freinage requises. L'entreprise ferroviaire établit et met en œuvre les règles correspondantes, et gère leur application au sein de son système de gestion de la sécurité.

En particulier, l'entreprise ferroviaire doit définir des règles applicables dans le cas où un train ne satisfait pas aux performances de freinage requises en cours d'exploitation. Dans ce cas,

l'entreprise ferroviaire doit informer immédiatement le gestionnaire de l'infrastructure. Le gestionnaire de l'infrastructure peut prendre les mesures qui s'imposent pour réduire l'impact sur l'ensemble du trafic sur son réseau.

La conformité des caractéristiques de freinage des trains aux articles suivants de l'arrêté du 19 mars 2012 peut être assurée (moyen acceptable de conformité) par :

- le respect des performances de freinage des véhicules soumis à autorisation de mise en exploitation commerciale tel que décrit dans le présent document (à l'exception de ses annexes 2, 3 et 4 qui constituent des règles de l'art issues du retour d'expérience). Voir ci-dessous « Domaine d'application » ;
- et la constitution de trains, formés de véhicules répondant aux exigences du présent document, conformément aux dispositions de la recommandation RC A-B 7a n° 1 :

Art. 49. – Sans préjudice du respect d'autres réglementations en vigueur telles que celles prévues en matière environnementale, de santé et de sécurité au travail, ou relatives aux personnes à mobilité réduite, tout matériel roulant respecte les exigences suivantes :

g) Tout train est équipé des dispositifs nécessaires pour permettre le fonctionnement des systèmes de contrôle-commande installés sur les lignes empruntées. Ses performances de freinage, en modes nominal et dégradés spécifiés, sont compatibles avec la signalisation de ces lignes ainsi qu'avec les dispositions du présent arrêté et des autres textes pris en application de l'article 3 du décret du 19 octobre 2006 » ;

« Art. 62. – Le freinage d'un train doit, en tout point de son parcours prévu :

a) Garantir une décélération minimale permettant au conducteur de respecter les prescriptions de ralentissement ou d'arrêt à la suite notamment des indications de la signalisation ou des informations transmises par les agents du service chargé de la gestion des circulations ;

b) Lui permettre de se maintenir à l'arrêt quelle que soit la déclivité. »

« Art. 64. – Chaque entreprise ferroviaire ou personne titulaire de la convention d'exploitation mentionnée à l'article 23 du décret du 19 octobre 2006 susvisé justifie auprès de l'EPSF, par un calcul pouvant s'appuyer notamment sur des analyses et essais, du respect des exigences de freinage en fonction :

a) Des paramètres techniques de l'infrastructure ferroviaire sur le parcours envisagé ou des performances réelles de freinage exigibles sur la section de ligne concernée fixées par la documentation d'exploitation ;

b) Des caractéristiques techniques justifiées des différents véhicules ferroviaires du train ;

c) Des caractéristiques du train dans son ensemble, notamment sa masse et sa vitesse.

2 Domaine d'application

Les dispositions de ce document s'appliquent aux véhicules associés :

- aux trains de voyageurs composés de matériel du parc ordinaire et remorqués par machines électriques ou thermiques,
- aux trains composés de matériel du parc spécialisé : trains automoteurs (autorails avec ou sans remorques, éléments automoteurs électriques ou thermiques, ...) circulant ou non en unité multiple, trains, réversibles ou non, constitués par une locomotive électrique ou thermique et une rame de voitures spécialisée).
- aux trains de messageries et de marchandises remorqués par machines électriques ou thermiques, ainsi qu'aux machines haut-le-pied (HLP), aux trains de machines et aux trains acheminant des machines en véhicule.

Pour la suite de ce document, le terme « véhicule » sera utilisé indifféremment pour les véhicules et pour les éléments automoteurs, sauf mention particulière.

Sont exclus les trains-travaux et trains d'utilisation spéciale.

Les règles de freinage applicables aux trains en exploitation sont à établir par l'EF responsable. Elles sont issues :

- des particularités d'utilisation des véhicules, établies en déclinaison des dispositions du présent document pour le matériel du parc spécialisé ;
- de la Recommandation RC A-B 7a n° 1 pour les trains composés de matériel du parc ordinaire.
- de calculs, tels que mentionnés dans l'article 64 de l'arrêté du 19 mars 2012 modifié.

Pour ce qui concerne les trains composés en véhicules du parc ordinaire, le respect des exigences des véhicules pris isolément (locomotives, voitures ou wagons), ainsi que des recommandations concernant les règles de composition, de freinage (dont le pourcentage de masse freinée) et de vitesse limite définies dans la RC A-B 7a n° 1, donne présomption du respect des performances de freinage nécessaires pour assurer la compatibilité avec la signalisation au sol utilisée sur le réseau ferré national.

Les performances de freinage des trains du parc ordinaire figurent dans ce document à titre d'information pour les compositions définies dans la RC A-B 7a n° 1. Elles sont à considérer notamment pour les études de cas particuliers hors RC A-B 7a n° 1.

3 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, c'est l'édition valable à la date de parution de ce document qui s'applique.

Référentiel (et date)	Titre
1302/2014/EU	Spécification technique d'interopérabilité relative au sous-système « matériel roulant » — « Locomotives et matériel roulant destiné au transport de passagers » du système ferroviaire dans l'Union européenne
1236/2013/EU	Spécification technique d'interopérabilité concernant le sous-système « matériel roulant — wagons pour le fret » du système ferroviaire dans l'Union européenne et modifiant le règlement (UE) n° 321/2013
2015/14/EU	Spécification technique d'interopérabilité concernant les sous-systèmes « Contrôle-commande et signalisation » du système ferroviaire transeuropéen
2012/757/EU	Spécification technique d'interopérabilité relative au sous-système « Exploitation et gestion du trafic » du système ferroviaire de l'Union européenne
402/2013	Méthode de sécurité commune relative à l'évaluation et à l'appréciation des risques et abrogeant le règlement (CE) n° 352/2009
EN 50126 01/01/2000	Applications ferroviaires – Spécification et démonstration de la fiabilité, de la disponibilité, de la maintenabilité et de la sécurité (FDMS) Partie 1 : exigences de base et procédés génériques
EN 14198 01/08/2005	Dispositions concernant le système de freinage des trains tractés par locomotive
EN 13452-1 01/12/2003	Systèmes de freinage des transports publics urbains et suburbains Partie 1 : Recommandation de performances
EN 13452-2 01/12/2003	Systèmes de freinage des transports publics urbains et suburbains Partie 2 : Méthodes d'essai
EN 15663 01/01/2010	Définitions des masses de référence des véhicules – Applications ferroviaires (STI)

Référentiel (et date)	Titre
EN 14531-1 2014	Méthodes de calcul des distances d'arrêt, de ralentissement et d'immobilisation
EN 15734-1 01/03/2011	Systèmes de freinage pour trains à grande vitesse Partie 1 : exigences et définitions
EN 15734-2 01/04/2011	Systèmes de freinage pour trains à grande vitesse Partie 2 : méthodes d'essai
EN 16185-1 14/02/2015	Systèmes de freinage pour trains automoteurs Partie 1 : Exigences et définitions
EN 16185-2 14/02/2015	Systèmes de freinage pour trains automoteurs Partie 2 : méthodes d'essai
EN 15355+A1 01/12/2010	Freinage - Distributeurs de freinage et robinet d'isolement
EN 15877-1 01/08/2012	Inscriptions pour véhicules ferroviaires - Partie 1 : wagons pour le fret
EN 15877-2 22/02/2014	Inscriptions pour véhicules ferroviaire Partie 2 : inscriptions extérieures sur voitures voyageurs, éléments automoteurs, locomotives et engins de travaux
EN 16452 29/08/2015	Freinage – semelles de frein
EN 15595 01/07/2011	Applications ferroviaires - Freinage - Anti-enrayeur (remplace la fiche UIC 541-05)
EN 15611+A1 de 01/12/2010	Application ferroviaire – Freinage – Relais pneumatique
RC A-B 7a n° 1	Règles générales relatives à la composition, à la remorque, au freinage, à la vitesse limite et à la masse des trains
NFF 01-300 01/05/1980	Matériel roulant ferroviaire – Terminologie des véhicules – Matériels moteur et remorqué
DC-AB 0 n° 2	Vocabulaire utilisé dans les textes « sécurité des circulations »
SAM S702	Moyen Acceptable de Conformité : Tachymétrie pour les systèmes de signalisation de classe B
Fiche UIC n° 540 mars 2014	Freins – Freins à air comprimé pour trains de marchandises et trains de voyageurs.
Fiche UIC n° 541-03 août 2015	Prescriptions concernant la construction des différents organes de frein. Robinet de mécanicien
Fiche UIC n° 541-04 octobre 2014	Frein – Prescriptions concernant la construction des différents organes de frein – Appareil de freinage autovariable en fonction de la charge et dispositif de commande automatique de l'appareil « vide-charge »
Fiche UIC n° 541-06 mars 2013	Freins – Prescriptions concernant la construction des différents organes de frein : Frein magnétique

Référentiel (et date)	Titre
Fiche UIC n° 541-1 8 ^{ème} édition mars 2013	Frein – Prescriptions concernant la construction des différents organes de frein
Fiche UIC n° 541-3 juillet 2010	Frein – Frein à disques et leur utilisation – Conditions générales pour l'admission de garnitures de frein
Fiche UIC n° 541-5 février 2006	Freins – Frein électropneumatique (frein EP) – Signa d'alarme à frein inhibable par voie électropneumatique (SAFI)
Fiche UIC n° 541-6 novembre 2010	Frein – Frein électropneumatique (frein EP) et signal d'alarme des voyageurs (SAV) pour les véhicules utilisés dans les compositions avec engins moteurs
Fiche UIC n° 543 février 2014	Freins – Prescriptions relatives à l'équipement du matériel remorqué
Fiche UIC n° 544-1 octobre 2014	Freins – Performance de freinage
Fiche UIC n° 544-2 janvier 1983	Conditions à remplir par le frein dynamique des locomotives et motrices pour pouvoir tenir compte de son effort dans le calcul de la masse freinée
Fiche UIC n° 546 octobre 2014	Frein – Prescriptions concernant la construction des différents organes de frein – Freins à haute puissance pour trains de voyageurs

Pour information :

- La norme EN 15328 (encore en projet actuellement) sera le référentiel en remplacement de la fiche UIC 541- 3.

Abréviation	Signification
AE	Anti-enrayeur
AsBo	Assessment Body (évaluateur de la conformité à la méthode de sécurité commune)
CCC	Commande Centrale de Conduite
CT	Commande Train
DAU	Distance d'arrêt d'urgence
EP	Electropneumatique
GV	Grande vitesse
MSC	Méthode de sécurité commune
PV	Petite vitesse
SAM	Spécification d'autorisation du matériel
SSLF	Sous-système Local de Freinage

4 Terminologie

4.1 Définition des types de matériel

Deux types de matériels sont considérés dans le présent document : le matériel du parc ordinaire et le matériel du parc spécialisé.

Les définitions associées figurent dans le document référencé DC A-B0 n° 2, publié sur le site de l'EPSF.

4.2 Définition des différents types de freinage

4.2.1 Freinage maximal de service

Il est défini par la valeur maximale de la consigne de frein de service utilisé pour le ralentissement et/ou l'arrêt du train. Pour le frein UIC, il s'agit d'une dépression dans la conduite générale comprise entre 1,5 et 2 bars, commandée par le robinet de mécanicien.

Les abréviations utilisées sont cohérentes avec celles définies dans l'EN14531-1.

La modélisation du freinage est réalisée en application des modèles définis dans l'EN14531-1.

Abréviations utilisées (ou notations) issues de l'EN 14531-1 :

- s_{ms} : distance d'arrêt en freinage maximal de service ;
- $a_{e\ ms}$: décélération moyenne en frein établi lors d'un freinage maximal de service.

4.2.2 Freinage d'urgence

Ce freinage, utilisé pour l'arrêt du train est déclenché :

- soit par le bouton poussoir d'urgence ou robinet à disposition du personnel de bord ;
- soit par la position urgence du manipulateur de frein ;
- soit par les automatismes de conduite ;
- soit par la perte d'intégrité du train.

Abréviations utilisées (ou notation) :

- s_u : distance d'arrêt en freinage d'urgence.
- t_e : temps équivalent de marche sur l'erre durant l'établissement du freinage d'urgence comme définie dans l'EN 14531-1.
- a_{eu} : décélération moyenne en frein établi lors d'un freinage d'urgence.

4.2.3 Freinage de maintien

Il est défini par une valeur de consigne du frein de service permettant de maintenir constante la vitesse du train en pente.

4.3 Définitions des états de charges considérés dans ce document

Glossaire : Les conditions de charges de la STI Loc&Pas (1302/2014/EU) définissent celles à retenir pour les performances de freinage, afin de vérifier sa compatibilité avec les exigences de l'Infrastructure.

- **VOM** : Masse de conception en Ordre de Marche ;
- **CN** : masse de conception en charge normale ;
- **CMF** : Charge Maximale de freinage, condition de charge inférieure ou égale à « masse de conception en charge exceptionnelle » ;

- **Desserte banlieue** : Actuellement, seule la desserte de l'Île de France est classée « desserte banlieue ». Il s'agit d'une desserte à forte sollicitation du freinage en raison des arrêts fréquents et de l'état de charge important ;
- **Desserte régionale** : desserte à moins forte sollicitation du freinage et état de charge moins important que la desserte banlieue (ex Caen – Tours) ;
- **Desserte grandes lignes** : desserte réalisée avec des arrêts peu fréquents et état de charge moyen (ex Paris – Marseille).

Nota : ces abréviations prennent des valeurs différentes en fonction des types de matériels roulants concernés.

4.3.1 Matériels voyageurs du parc spécialisé destiné à la desserte banlieue

- **VOM** : Application de la norme EN 15663 (masse de conception) ;
- **CMF** : EN 16185-1 § 3.16 catégorie d).

4.3.2 Matériels voyageurs du parc spécialisé destiné à la desserte régionale

- **VOM** : Application de la norme EN 15663 (masse de conception) ;
- **CMF** : EN 16185-1 § 3.16 catégorie c).

4.3.3 Matériels voyageurs du parc spécialisé à grande vitesse ou longue distance

- **VOM** : Application de la norme EN 15663 (masse de conception) ;
- **CMF** : EN 16185-1 § 3.16 catégorie a) si réservation à bord du train obligatoire, sinon catégorie b).

4.3.4 Matériels voyageurs du parc ordinaire

- **VOM** : Application de la norme EN 15663 (masse de conception) ;
- **CMF** : EN 14198 § 6.3.2 catégorie 160 kg/m² dans la zone debout.

4.3.5 Tram-trains

- **VOM** : Correspond à EL E selon la norme EN 13452-1 ;
- **CN** : Correspond à EL T selon la norme EN 13452-1 ;
- **CME** : Correspond à EL 6 selon la norme EN 13452-1.

Nota : la masse d'un voyageur est de 70 kg. L'écart est dû au dimensionnement du système de frein pour vitesse de 100 km/h (dissipation énergie)

Dans la suite du document, les tramways et par extension les tram-trains, tels qu'ils sont définis dans la norme EN 13452-1, sont assimilables au matériel automoteur (parc spécialisé) à desserte banlieue sauf prescription contraire.

4.3.6 Wagons

- Voir la STI wagon.

4.3.7 Locomotives

- **VOM** : Correspond à la charge de conception en ordre de marche suivant la norme EN 15663.

5 Contraintes de l'Infrastructure

5.1 Caractéristiques du RFN

Les lignes du RFN sont définies par les caractéristiques Infrastructure suivantes :

- distances minimales de signalisation (avertissement, arrêt, préannonce) ;
- pentes maximales à la vitesse maximale de la ligne ;
- vitesses maximales autorisées.

Ces caractéristiques figurent dans le tableau 1.

La colonne « Catégories SAM F005 » est associée aux performances de freinage minimales par type de matériel (définies aux § 7.4 et 8.2.1), compatibles avec les caractéristiques Infrastructure de la ligne considérée.

Tableau 1 : distances minimales d'arrêt pour les différentes catégories de train

Caractéristiques Infrastructure des lignes du RFN				Codes Vitesse / Indices de composition	Catégories SAM F005
Vitesse maximale (km/h)	Distance minimale d'annonce d'arrêt en palier (m)	Distance minimale de préannonce d'arrêt en palier (ralentissement de $V_{max} - 160$) (m)	Pente maximale à V_{max} (mm/m)		
220	1400	1400	5	E32C E30C	AUT220
200	1500	1320	5	V200 (*)	V200-1500
200	1400	1220	5	E20C, E20N	AUT200
				V200	V200-1400
160	1400	Sans objet	8	B16C, T16C, E16C, E16N	AUT160
				V160	AR160 V160 MV160
140	1300	Sans objet	10	T14C, T14N, E14C, E14N	AUT140-1300
				V140	AR140 V140
				ME140	ME140
140	1100	Sans objet	10	E14P	AUT140-1100
140	1000	Sans objet	10	E14Q E12Q	AUT140-1000 AUT120-740

Caractéristiques Infrastructure des lignes du RFN				Codes Vitesse / Indices de composition	Catégories SAM F005
Vitesse maximale (km/h)	Distance minimale d'annonce d'arrêt en palier (m)	Distance minimale de préannonce d'arrêt en palier (ralentissement de $V_{\max} - 160$) (m)	Pente maximale à V_{\max} (mm/m)		
140	900	Sans objet	10	E14R, E14F	AUT140-900
120	1100	Sans objet	10	ME120	ME120
120	1000	Sans objet	13	E12N, T12C	AUT120-1000
				V120	AR120 V120
120	810	Sans objet	13	E14P	AUT140-1100
120	740	Sans objet	13	E14Q E12Q	AUT140-1000 AUT120-740
120	670	Sans objet	13	E14R, E14F	AUT140-900
100	1150	Sans objet	10	MA100	MA100
100	1000	Sans objet	10	ME100, HLP	ME100
100	520	Sans objet	10	E10C	Tram-train
90	1000	Sans objet	10	MA90	MA90
80	850	Sans objet	10	MA80	MA80
70	230	Sans objet	13	E10C	Tram-train

(*) Uniquement sur les lignes dont la distance entre signal d'arrêt et signal d'annonce préannoncé est de 1500 mètres minimum en palier (ou l'équivalent selon les déclivités).

5.2 Conditions de détermination des performances de freinage des trains

Un « train » est défini par une composition opérationnelle d'un ou plusieurs véhicules (voir les STI 1302/2014 et 1236/2013). Cette définition s'applique au parc ordinaire et au parc spécialisé.

Les conditions générales de détermination des performances de freinage des véhicules sont définies dans les STI 1302/2014 et 1236/2013) et enregistrées dans le registre du matériel.

Au cas où ces informations seraient insuffisantes pour répondre à l'article 64 de l'arrêté du 19 mars 2012 modifié, il appartient à l'EF de réaliser les essais, calculs, simulations complémentaires éventuellement nécessaires.

Les conditions complémentaires ci-après ne sont pas modifiables (sauf analyse de sécurité appropriée) et reflètent le niveau de sécurité sur le RFN.

5.2.1 Freinage maximal de service

Les conditions ci-dessous sont celles à retenir pour le matériel roulant en freinage maximal de service, afin de vérifier sa compatibilité avec l'infrastructure.

Le freinage maximal de service doit être calculé dans les conditions suivantes :

- a) La longueur du train à considérer est celle qui correspond à la composition engendrant la distance d'arrêt la plus longue en exploitation normale. En général, il s'agit du train le plus court ou le plus long (Réservé pour les trains du parc ordinaire).
- b) L'état de charge du train à considérer est :
 - pour les trains de voyageurs du parc spécialisé à desserte banlieue ou régionale : charge engendrant la distance d'arrêt la plus longue vis-à-vis de la charge (CMF si pas d'asservissement à la charge) ;
 - pour les trains de voyageurs du parc spécialisé à grande vitesse ou grande distance, et pour les trains du parc ordinaire : CMF ;
 - pour les trains de fret : masse de conception en charge normale ;
- c) Pour les trains composés en véhicules du parc ordinaire, la locomotive est admise dans la catégorie considérée la plus défavorable, utilisable en service vis-à-vis des performances de freinage (pour notamment les trains du parc spécialisé ou les études de cas hors RC A-B 7a n° 1).
- d) Le niveau d'isolement des freins correspond aux isolements prévus de conception pour circuler à la vitesse maximum de la catégorie du train sans restriction de vitesse.
- e) L'adhérence roue/rail à prendre en compte est celle rencontrée assez fréquemment par mauvaises conditions météorologiques (conditions automnales).

L'allongement est déterminé à partir des performances en adhérence dégradée dans l'état de charge défini ci-dessus et dans les conditions suivantes.

Pour les trains entièrement équipés d'anti-enrayeurs, arrosage du rail suivant la définition de la norme EN 15595, à un taux de détergent de 1%.

Pour les trains sans ou partiellement équipés d'anti-enrayeurs conformes à l'EN 15595 :

- Cas des trains composés en véhicules du parc ordinaire de voyageurs à desserte grande ligne et de fret : retenir la performance de freinage établie sur la base de 8% d'adhérence sollicitée sur les deux premiers véhicules.
 - Cas des trains composés en véhicules du parc ordinaire de voyageurs à desserte banlieue ou régionale et des automoteurs équipés de semelles en fonte ou de semelles frittées, avec un taux de sollicitation de l'adhérence à $120 \text{ km/h} \leq 10\%$ (ou à la vitesse maximale pour les matériels dont la vitesse maximale est inférieure à 120 km/h) : retenir les performances sans dégradation de l'adhérence.
 - Cas des trains composés en véhicules du parc ordinaire de voyageurs à desserte banlieue ou régionale et des automoteurs équipés de semelles en matériaux composites, ou avec un freinage assuré uniquement par des disques, et taux de sollicitation de l'adhérence à $120 \text{ km/h} \leq 8\%$ (ou à la vitesse maximale pour les matériels dont la vitesse maximale est inférieure à 120 km/h), alors retenir les performances sans dégradation de l'adhérence.
- f) Les caractéristiques sous humidité des matériaux de frottement sont définies au cours d'essais réalisés selon les prescriptions des fiches UIC 541-3 et EN 16452. Ces caractéristiques devront être prises en compte dans la détermination des performances de freinage d'arrêt.

5.2.2 Freinage d'urgence

Le freinage d'urgence est défini par l'ensemble des critères suivants :

- une distance d'arrêt exploitable la plus courte possible et inférieure ou égale à celle observée en freinage max de service ;

- un niveau de sécurité acceptable évalué suivant les scénarii de défaillance définis dans la STI Loc&Pas 1302/2014 au § 4.2.4.2 complétés avec les objectifs de sécurité fixés par le règlement MSC 402/2013 ;
- une absence de dégradation du système de frein lorsque deux freinages d'urgence sont réalisés (selon les conditions de la STI Loc&Pas 1302/2014 au § 4.2.4.5.4) ;
- un effort maximal utilisable, compatible avec la sollicitation de l'adhérence
- un temps minimal d'établissement de la décélération réalisable par le système de freinage, quelle que soit la configuration initiale (marche sur l'erre, traction). Ce temps doit être compatible avec les réactions longitudinales du train et le confort des voyageurs (jerk moyen inférieur ou égal à 4 m/s^3 sur 200 ms), hors tram-train (pour ce dernier, voir l'EN 13452-1), pendant toute la phase de freinage - mise en place, freinages établis et transitoires. Au moment de l'arrêt, le jerk peut être supérieur à 4 m/s^3 sur 200 ms.

Les conditions ci-dessous sont celles à retenir pour le matériel roulant en freinage d'urgence afin de vérifier sa compatibilité avec l'Infrastructure.

Les conditions du freinage correspondent au cumul des dégradations du système de freinage tolérées en exploitation dans la catégorie de train donnée sans restriction de vitesse réglementaire. Les conditions à prendre en compte pour le calcul sont les suivantes :

- a) La longueur du train à considérer est celle qui correspond à la composition engendrant la distance d'arrêt la plus longue en exploitation normale. En général il s'agit du train le plus court ou le plus long.
- b) L'état de charge du train à considérer est :
 - pour les trains de voyageurs du parc spécialisé à desserte banlieue ou régionale : charge engendrant la distance d'arrêt la plus longue vis-à-vis de la charge (CMF si pas d'asservissement à la charge) ;
 - pour les trains de voyageurs du parc spécialisé à grande vitesse ou grande distance, et pour les trains du parc ordinaire: CMF ;
 - pour les trains de fret : masse de conception en charge normale.
- c) Pour les trains composés en véhicules du parc ordinaire, la locomotive est admise dans la catégorie considérée la plus défavorable, utilisable en service vis-à-vis des performances de freinage (pour notamment les trains du parc spécialisé ou les études de cas hors RC A-B 7a n°1).
- d) Le niveau d'isolement des freins correspond aux isolements prévus de conception pour circuler à la vitesse maximale de la catégorie du train sans restriction de vitesse.
- e) L'adhérence roue/rail à prendre en compte est dite « moyennement » dégradée. Elle peut être rencontrée assez fréquemment par mauvaises conditions météorologiques (conditions automnales).

L'allongement est déterminé à partir des performances en adhérence dégradée dans l'état de charge défini ci-dessus, et dans les conditions suivantes :

- a) Pour les trains entièrement équipés d'anti-enrayeurs :
 - Cas des trains de voyageurs à desserte banlieue ou régionale : arrosage du rail, suivant la définition de la norme EN 15595, à un taux de détergent de 1% et de 4%.
 - Cas des trains de voyageurs à desserte grande ligne et trains de fret : arrosage du rail, suivant la définition de la norme EN 15595, à un taux de détergent de 1%.
- b) Pour les trains sans ou partiellement équipés d'anti-enrayeurs conformes à l'EN 15595 :
 - Cas d'exploitation des rames tractées de voyageurs à desserte grande ligne et de fret : retenir la performance de freinage établie sur la base de 8% d'adhérence sollicitée sur les deux premiers véhicules.
 - Cas d'exploitation des rames tractées de voyageurs à desserte banlieue ou régionale et des automoteurs avec semelles en fonte ou frittée et taux de sollicitation de l'adhérence

à 120 km/h \leq 10% (ou à la vitesse maximale pour les matériels dont la vitesse maximale est inférieure à 120 km/h), retenir les performances sans dégradation de l'adhérence.

- Cas d'exploitation des rames tractées de voyageurs à desserte banlieue ou régionale et des automoteurs avec semelles en matériaux composites, ou freinage assuré uniquement par des disques, et taux de sollicitation de l'adhérence à 120 km/h \leq 8% (ou à la vitesse maximale pour les matériels dont la vitesse maximale est inférieure à 120 km/h), alors retenir les performances sans dégradation de l'adhérence.
- c) Les caractéristiques sous humidité des matériaux de frottement sont définies au cours d'essais réalisés selon les prescriptions des fiches UIC 541-3 et EN 16452. Ces caractéristiques devront être prises en compte dans la détermination des performances de freinage d'arrêt.
- d) Les paramètres suivants sont à considérer dans leur valeur moyenne, à savoir :
- rendement des timoneries (sur la durée de vie du matériel) ;
 - pressions aux cylindres de frein (valeur nominale) ;
 - temps de serrage (moyenne des valeurs mesurées en essais) ;
 - coefficients de frottement des matériaux (moyenne des valeurs mesurées en essais).

Ces paramètres sont à considérer dans leur valeur « moyenne ». La détermination de ces valeurs moyennes devra être documentée.

- e) Pour les paramètres ci-dessous, le système de freinage se trouve dans un état défavorable :
- la caténaire est hors tension ;
 - le diamètre des roues est celui des roues neuves ;
 - pour les matériels asservis à la charge, prise en compte de la variation de l'information pesée. Elle ne doit pas induire d'allongement de distance d'arrêt supérieur à 5%.
- f) Ne sont comptés que les éléments du système de freinage conformes aux points suivants :
- Les éléments de commande locale (distributeurs, anti-enrayeurs...) et les éléments d'assistance à la commande du frein, dont le taux de défaillance est conforme aux objectifs de sécurité de la STI Loc&Pas 1302/2014 et ceux repris au § 10 de cette SAM.
 - Les freins dont la trame de vérification et de signalement de défaut permet de garantir l'atteinte des objectifs de sécurité de la STI Loc&Pas 1302/2014 et ceux repris au § 10 de cette SAM.
 - Le frein EP (assistance au frein UIC) est pris en compte :
 - s'il déclenche le serrage par absence d'énergie électrique ;
 - ou s'il est conforme à la fiche UIC 541-5 (version 9 conducteurs) ;
 - ou version simplifiée (UIC 541-5) avec contrôle périodique spécial assurant son fonctionnement.

De plus le frein électropneumatique doit avoir un taux de défaillance, vis à vis de la perte de son efficacité, inférieur ou égal à $10^{-5}/h$ compatible avec l'atteinte des objectifs du § 10. Dans le cas contraire, le frein EP n'est pas pris en compte dans la performance de freinage d'urgence.

- Les freins susceptibles d'un isolement automatique (par exemple les freins dynamiques) ne sont pris en compte que si leur isolement est signalé immédiatement au conducteur.

5.3 Cas des fortes pentes

L'aptitude à la circulation en forte pente nécessite le respect des exigences ci-dessous :

Les trains doivent respecter les exigences de freinage de maintien sur pente moyenne, et d'arrêt en freinage d'urgence à tout instant de la circulation (en termes de dissipation d'énergie, de tenue du coefficient de frottement et de non dégradation des roues et des disques).

La chronologie des phases de freinage de maintien et d'urgence étudiée en essais, ainsi que les pentes moyennes et/ou maximales à considérer, seront déterminées de manière à retenir la configuration la plus défavorable du point de vue de la sollicitation énergétique.

Les matériels doivent pouvoir circuler sur les fortes pentes du RFN en fonction de leur exploitation.

Sans indication particulière, les fortes pentes de référence ci-dessous sont à considérer.

La **forte pente de référence** du réseau ferré national (**Modane**) est caractérisée par :

- Pente 1 : une pente moyenne de 25‰ sur 14 km (pente maximale 30‰) ;
- Suivie d'une pente 2 : une pente moyenne de 16‰ sur 11 km (pente maximale 24‰).

Les matériels susceptibles d'emprunter des pentes plus importantes que les pentes de référence ci-dessus doivent faire l'objet d'une étude spécifique.

Toutefois, si le matériel respecte les exigences de freinage de maintien et d'arrêt sur les fortes pentes les plus contraignantes du RFN (Porté-Puymorens / Ax-les-Thermes et Capvern / Tournay), celui-ci est admis à circuler sur l'ensemble des fortes pentes du RFN.

La forte pente sur **Porté-Puymorens / Ax-les-Thermes** est caractérisée par :

- Une pente moyenne de 35‰ sur 25 km (pente maximale 40‰).

La forte pente sur **Capvern / Tournay** est caractérisée par :

- Pente 1 : Une pente moyenne de 32‰ sur 10 km (pente maximale 33‰) ;
- Suivie d'une pente 2 : une pente moyenne de 23‰ sur 1 km (pente maximale de 26‰).

Pour le matériel du parc spécialisé amené à circuler sur des pentes supérieures ou égales à 40‰, il est admis d'ajouter une commande manuelle à disposition du conducteur permettant l'application des patins magnétiques indépendamment du freinage d'urgence (voir également SAM F102 § 5.2 à ce sujet).

Les conditions ci-dessous définissent celles à retenir pour le matériel roulant en freinage de maintien puis d'arrêt sur fortes pentes :

- a) La longueur du train à considérer est celle qui correspond à la composition engendrant la plus forte sollicitation énergétique.
- b) L'état de charge du train à considérer est la charge la plus défavorable entre la Charge Normale avec les isolements prévus de conception pour circuler à la vitesse maximale de la catégorie du train sans restriction de vitesse (correspond à la marge de disponibilité) et la CMF (tous les freins en service).
- c) La vitesse à considérer est donnée, en fonction de la catégorie du train (et de son code vitesse RT pour les automoteurs), au § 7.4.3 pour les trains du parc ordinaire et au § 8.2.3 pour les trains du parc spécialisé.
- d) Les freins susceptibles d'un isolement automatique (par exemple les freins dynamiques) ne sont pris en compte que si leur isolement est signalé immédiatement au conducteur. Le taux de défaillance du non signalement de la perte d'effort d'une unité indépendante du frein dynamique doit être dans ce cas inférieur ou égal à $10^{-7}/h$.

5.4 Utilisation du frein dynamique pour les locomotives

Pour respecter les contraintes d'efforts longitudinaux et de compression dans les trains sur le RFN, les vitesses de variations de l'effort de freinage au frein dynamique, y compris en unité multiple, doivent être :

- limitées à 30 kN par seconde pour l'établissement de l'effort ;
- limitées à 60 kN par seconde pour le retrait de l'effort.

L'effort maximal de retenue (réparti équitablement sur les locomotives si en unité multiple) est limité à 260 kN, selon les compositions admises dans la RC A-B 7a n°1.

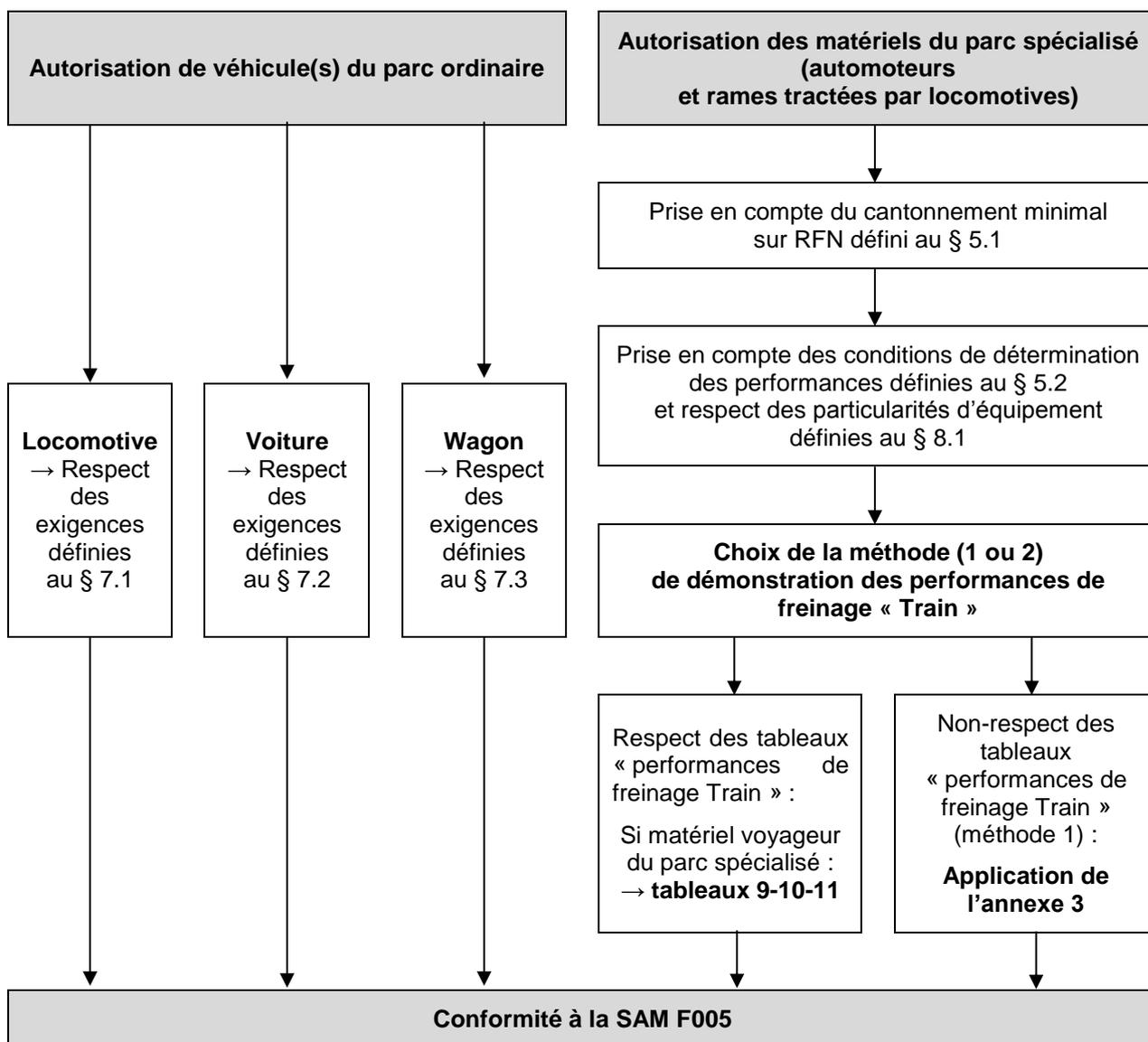
6 Démonstration de la conformité

Les contraintes de l'infrastructure spécifiées dans cette SAM F005 (§ 5) sont invariables et reflètent l'état de l'art appliqué par le gestionnaire d'infrastructure pour la gestion des cantonnements sur le RFN.

Les spécifications qui figurent dans le présent document concernent :

- des exigences à respecter associées au chapitre 5, aux locomotives, aux voitures, aux wagons et aux particularités d'équipements du matériel automoteur,
- et des recommandations sur les performances de freinage d'arrêt pour lesquelles il est toléré de démontrer la conformité autrement, notamment à partir d'une étude de sécurité présentée en Annexe 3.

Le diagramme ci-dessous récapitule le processus de démonstration applicable :



L'annexe 1 définit les spécifications associées aux essais réalisés afin de garantir les performances des trains décrites dans le présent document.

La conformité est établie à l'aide des documents fournis par le demandeur à l'évaluateur, comportant à titre indicatif :

- Les pièces requises par les STI 1302/2014 et 1236/2013 si applicables (voir § 4.2.4.5, § 6.2.3.8 et § 6.2.3.9), complétées des conditions particulières liées au RFN.
- Les notes de calculs et ses hypothèses (mode nominal et modes dégradés), démontrant le respect des requis de cette SAM F005
- Les spécifications d'essais et rapport d'essais

- Une description de l'architecture de freinage, son fonctionnement nominal et les modes dégradés admissibles.
- Les différents types de freinage sollicités (magnétiques ou courant de Foucault par exemple) et les conditions d'application (vitesse, efforts, ...)
- La gestion de l'adhérence (par exemple le sablage)
- Le type de conjugaison entre les différents types de frein
- Les éventuelles restrictions d'utilisation de certains types de frein sur le RFN

Les pièces à transmettre à l'AsBo (Assessment Body) sont :

- Les études de sécurité selon l'annexe 3 (AMDEC, analyse de risque, ...) selon le règlement MSC si les performances de cette SAM F005 ne sont pas respectées.
- Les analyses des événements redoutés identifiés dans cette SAM F005.

7 Matériels du parc ordinaire

Les contraintes issues de l'Infrastructure (§ 5) s'appliquent.

Il en est de même :

- pour les exigences concernant les véhicules du parc ordinaire (locomotives § 7.1, voitures § 7.2 et wagons § 7.3) et les exigences en cas d'isolement de frein § 7.4.2, en raison de la cohérence nécessaire avec la RC A-B 7a n°1 ;
- pour les exigences concernant les fortes pentes (§ 7.4.3), en raison de la cohérence nécessaire avec les Renseignements Techniques.

Le cas de non-respect des performances de freinage d'arrêt des trains pour les études particulières hors RC A-B 7a n°1 (§ 7.4.1), est toléré, sous réserve d'appliquer l'Annexe 3.

Le matériel doit respecter les exigences du frein pneumatique UIC défini dans l'EN 14198 § 5.4 (version 2014 en cours d'enquête).

7.1 Exigences pour les locomotives

Dans le cas d'une rame tractée par locomotive, si la locomotive est amenée à circuler seule, des exigences figurent au § 7.1.2 – Circulations locomotive seule.

7.1.1 Performances de freinage

Tableau 2 : performances minimales de la locomotive en freinage d'urgence

Type de train dans lequel est incorporé la locomotive (vitesse en km/h)	Particularités d'équipement de la locomotive	Performances minimales de la locomotive en freinage d'urgence (3)	Déclivité max à V_{max} (mm/m) (4)
Train de voyageurs à vitesse maximale 200	Frein EP (1), frein dynamique en urgence (2)	DA \leq 1940 m	5
Train de voyageurs à vitesse maximale 160	Frein EP (1)	DA \leq 1250 m	8
Train de fret à vitesse maximale 160	Frein dynamique en urgence (2)	DA \leq 1250 m	8
Train de voyageurs ou de fret à vitesse maximale 140		DA \leq 1140 m	10
Train de voyageurs à vitesse maximale 120		DA \leq 880 m	13
Train de fret à vitesse maximale 120		DA \leq 940 m	10
Train de fret à vitesse maximale 100		DA \leq 855 m	10

(1) frein EP suivant fiche UIC 541-5

(2) suivant EN 14198

(3) DA : distance d'arrêt en freinage d'urgence à partir de la vitesse maximale, de la locomotive en régime P prise isolément, avec tous les freins en service et sur rail sec (obtenue par des essais selon l'annexe F de la fiche UIC 544-1 6^{ème} édition).

(4) L'effort retardateur des freins ne doit pas être affecté par l'accroissement d'énergie en freinage d'arrêt sous l'effet de la pente.

Capacité thermique

Les performances minimales requises en exploitation dans la RC A-B 7a n° 1, doivent être prises en compte dans les conditions de freinage utilisées pour le dimensionnement à la vitesse maximale du frein des locomotives (§ 6.5 EN 14198 version en cours d'enquête : le pourcentage de masse freinée (λ) de la locomotive doit être étudié au regard du pourcentage minimal de masse freinée totale exigé dans la RC A-B 7a n° 1, pour chaque catégorie dans laquelle la locomotive est susceptible d'être incorporée. En particulier, les cas où le λ de la locomotive est supérieur au λ train total doivent être pris en compte.

Les exigences en fortes pentes définies au § 7.4.3 s'appliquent.

7.1.2 Circulations locomotive seule

7.1.2.1 Circulation locomotive seule à la vitesse des ME100

Le matériel moteur HLP (appelé également Haut Le Pied) circulant à la vitesse des ME100 doit respecter les performances suivantes :

- Avec le frein automatique, en freinage d'urgence, en régime P et en conditions humides, la distance d'arrêt en palier et alignement droit doit respecter :
A 100 km/h, $s_u \leq 830$ m (compatible avec la circulation ME100) ;

Les performances avec les conditions humides sont à vérifier par calculs à partir des résultats des essais en freinage d'urgence réalisés à sec en appliquant l'Annexe 1 : « Prise en compte sur les distances d'arrêt de l'adhérence dégradée et de l'humidité / Trains de voyageurs à desserte de grande ligne et trains de Fret » pour les trains dont le nombre d'essieux est inférieur à 20 et sans tenir compte de l'allongement dû à l'adhérence dégradée.

De plus si l'engin est équipé d'un réducteur de vitesse à plusieurs rapports (PV/GV par exemple) la distance d'arrêt doit être obtenue avec le réducteur placé sur la position la plus défavorable vis-à-vis de la performance de freinage.

Les efforts retardateurs associés au temps de serrage, permettant d'obtenir la distance d'arrêt en palier citée dans ce paragraphe, doivent rester valables en pente dans les limites de déclivité de la colonne (3) du tableau A2.1 en Annexe 2, correspondant à la catégorie du train à laquelle est assimilée la circulation HLP (ME100).

- La performance de freinage du frein direct doit respecter :
A 30 km/h, en conditions humides (les mêmes que ci-dessus pour le frein automatique) en palier et alignement droit, **s ≤ 60 m**.
Le frein direct doit également respecter les conditions suivantes associées à son emploi en exploitation :
 - Si le frein direct peut être utilisé en situation d'urgence en locomotive HLP, la performance de freinage du frein direct devra être identique à celle définie ci-dessus pour le freinage d'urgence avec le frein automatique. Cette performance doit être associée à l'étude de l'ER3 décrite au § 10.
 - Si le frein direct est utilisé au même titre qu'un frein de service en locomotive HLP (situation d'urgence exclue), la performance de freinage du frein direct est définie en conditions humides (idem ci-dessus pour le frein automatique) en palier et alignement droit avec à 100 km/h, s ≤ 1000 m (compatible avec la circulation ME100).

7.1.2.2 Circulation locomotive seule à la vitesse des ME120

Le matériel moteur HLP (appelé également Haut Le Pied) circulant à la vitesse des ME120 doit assurer les performances suivantes.

- Le frein automatique doit respecter :
En freinage d'urgence, en régime P, en conditions humides (les mêmes que ci-dessus pour HLP100) à 120 km/h, en palier et alignement droit,
s ≤ 920 m (compatible avec la circulation ME120).
- La performance de freinage du frein direct doit respecter :
A 30 km/h, en conditions humides (les mêmes que ci-dessus HLP100 pour le frein automatique) en palier et alignement droit, s ≤ 60m.
Le frein direct doit également respecter les conditions suivantes associées à son emploi en exploitation :
 - Si le frein direct peut être utilisé en situation d'urgence en locomotive HLP, la performance de freinage du frein direct devra être identique à celle définie à 120 km/h ci-dessus pour le freinage d'urgence avec le frein automatique. Cette performance doit être associée à l'étude de l'ER3 décrite au § 10.
 - Si le frein direct est utilisé au même titre qu'un frein de service en locomotive HLP (situation d'urgence exclue), la performance de freinage du frein direct est définie en conditions humides (idem ci-dessus HLP100 pour le frein automatique) en palier et alignement droit avec à 120 km/h, s ≤ 1100 m (compatible avec la circulation ME120).

De plus si l'engin est équipé d'un réducteur de vitesse à plusieurs rapports (PV/GV par exemple), la distance d'arrêt doit être obtenue avec le réducteur placé sur la position la plus défavorable vis-à-vis de la performance de freinage.

Les efforts retardateurs associés au temps de serrage, permettant d'obtenir la distance d'arrêt en palier citée dans ce paragraphe, doivent rester valables en pente dans les limites de déclivité de la colonne (3) du tableau A2.1 en Annexe 2 correspondant à la catégorie du train à laquelle est assimilée la circulation HLP (ME120).

Les circulations HLP120 sont autorisées sur les lignes ayant fait l'objet d'une vérification, auprès du gestionnaire d'Infrastructure, de la compatibilité des circulations HLP120 avec les délais d'annonce des passages à niveau.

7.2 Exigences pour les voitures

Sont considérées comme voitures : les voitures du parc voyageurs, les fourgons et les fourgons porte-auto.

Tableau 3 : particularités d'équipement pour les voitures

Vitesse maximale	Régime de freinage selon EN 14198	Compléments	Déclivité max à V_{max} (mm/m) (1)
200	Régime losangé frein EP  avec	<ul style="list-style-type: none"> Frein EP selon la fiche UIC 541-5 : <ul style="list-style-type: none"> version 9 conducteurs, ou version simplifiée, avec essai spécial à réaliser en maintenance (selon RC A-B 7a n° 1) AE selon EN 15595 <p>Caractéristiques des voitures incorporables dans les compositions minimales à 4 ou 5 voitures :</p> <ul style="list-style-type: none"> Voitures équipées d'AE essieu/essieu dont le réglage permet le respect des DA pour le train en composition 4 voitures avec la locomotive la plus défavorable, dans les conditions du § 5.2.2 : <ul style="list-style-type: none"> DAU à 200 km/h ≤ 2030m ; DAU à 170 km/h ≤ 1340m. <p>Ces voitures portent le marquage 200+</p>	5
160	Régime losangé frein EP  avec	<ul style="list-style-type: none"> Frein EP selon fiche UIC 541-5 : <ul style="list-style-type: none"> version 9 conducteurs, ou version simplifiée (*) <p>(*) si l'essai spécial à réaliser en maintenance (selon RC A-B 7a n° 1) n'est pas prévu dans le plan de maintenance, le train est considéré sans EP pour l'application des règles de freinage de la RC A-B 7a n° 1.</p>	8
140	Régime P UIC		10
120	Régime P UIC		13

(1) L'effort retardateur des freins ne doit pas être affecté par l'accroissement d'énergie en freinage d'arrêt sous l'effet de la pente

Capacité thermique

Les isolements de freins autorisés en exploitation à la vitesse maximale de la voiture ainsi que son incorporation dans des catégories inférieures, doivent être pris en compte dans les conditions de freinage utilisées pour le dimensionnement du frein des voitures (§ 6.5 de l'EN 14198 version enquête en cours) : le pourcentage de masse freinée (λ) de la voiture doit être étudié au regard du λ exigé dans la RC A-B 7a n° 1, pour chaque catégorie dans laquelle la voiture est susceptible d'être incorporée. En particulier, les cas où le λ de la voiture est supérieur au λ exigé pour le train total, doivent être pris en compte.

Les exigences en fortes pentes définies au § 7.4.3 s'appliquent.

7.3 Exigences pour les wagons

Conformité à la STI wagon requise et à la fiche UIC 541-1.

Tableau 4 : particularités d'équipement pour les wagons

Vitesse maximale	STI wagon	Compléments	Déclivité max à V_{max} (mm/m) (1)
200		Réservé	5
160		Accélérateurs de vidange de conduite, régime R (λ hors AVC $\geq 130\%$)	8
140	Appendice C : § 9 « Système de freinage UIC », Tableau C3, V 120 km/h	Lambda mini 100% à 140 et 100 km/h, pour des charges jusqu'à 18 t/essieu	10
120	Appendice C : § 9 « Système de freinage UIC » Tableau C3, V 120 km/h	Lambda mini 100% à 100 km/h, pour des charges jusqu'à 18 t/essieu	10
100	Appendice C : § 9 « Système de freinage UIC », Tableau C3, V 100 km/h		10

(1) L'effort retardateur des freins ne doit pas être affecté par l'accroissement d'énergie en freinage d'arrêt sous l'effet de la pente.

Capacité thermique

Respecter le § 4.2.4.3.3 et Appendice C - § 14 de la STI Wagon (2013).

Les isolements des freins autorisés en exploitation à la vitesse maximale du wagon ainsi que son incorporation dans des catégories inférieures, doivent être pris en compte dans les conditions de freinage utilisées pour le dimensionnement du frein des voitures (§ 6.5 de l'EN 14198 version enquête en cours) : le pourcentage de masse freinée (λ) du wagon doit être étudié au regard du λ exigé dans la RC A-B 7a n° 1, pour chaque catégorie dans lequel le wagon est susceptible d'être incorporé. En particulier, les cas où le λ du wagon est supérieur au λ exigé pour le train total, doivent être pris en compte.

Les exigences en fortes pentes définies au § 7.4.3 s'appliquent.

7.4 Performances de freinage des trains du parc ordinaire

Le respect des exigences cumulées :

- concernant les véhicules pris isolément (locomotives, voitures, wagons § 7.1 – 7.2 – 7.3) ;
- du frein pneumatique UIC selon l'EN 14198 § 5.4 ;
- et des règles de composition, de freinage (dont pourcentage de masse freinée) et de vitesses limites définies dans la RC A-B 7a n° 1 ;

permet de présumer du respect des exigences de l'arrêté relatives aux performances de freinage (voir la partie « Objet » du présent document).

7.4.1 Performances de freinage d'arrêt et de ralentissement

Au titre de l'exploitation (et donc hors du cadre de l'AMEC) :

Dans le cas d'études de compositions de train reprises dans la RC A-B 7a n° 1, les performances de freinage minimales à la vitesse maximale associées aux différentes catégories de trains sont données à titre d'information en Annexe 2.

La méthode de l'annexe 3 permet de s'affranchir de ces règles de performance.

7.4.2 Cas des isolements de frein entraînant une limitation de vitesse

Au titre de l'exploitation (et donc hors du cadre de l'AMEC) :

- En freinage d'arrêt :
 - En cas d'isolements de frein, la distance d'arrêt augmente et il peut en résulter une diminution de la vitesse autorisée. Pour les compositions respectant la RC A-B 7a n°1, les vitesses limites en cas d'isolement sont déduites du respect des règles d'exploitation décrites dans la RC A-B 7a n° 1.
 - Pour les autres compositions, les performances des tableaux définis en Annexe 2 peuvent être appliqués.
- En freinage de maintien sur fortes pentes :
Réservé

7.4.3 Performances de freinage en forte pente

Les équipements de frein des véhicules entrant dans la composition des trains circulant sur ces lignes à fortes pentes doivent être dimensionnés (aspect thermique) de façon à pouvoir assurer un freinage de maintien suivi d'un freinage d'arrêt d'urgence. Les tableaux ci-dessous précisent les vitesses de circulation pratiquées sur ces lignes et donc auxquelles ces performances devraient être atteintes :

Sur la forte pente de référence (Modane) :

Tableau 5

Catégorie de train	Vitesse limite RT	Vitesse de circulation en pente (pente 1 puis pente 2)
V200 V160 V140 V120	V200 V160 V140 V120	80 km/h puis 95 km/h
MV160	V160	80 km/h puis 95 km/h
ME140 ME120 ME100	ME140 ME120 ME100	60 km/h (*) puis 70 km/h
MA100 MA90 MA80	MA100 MA90 MA80	50 km/h (*) puis 70 km/h 50 km/h (*) puis 60 km/h 40 km/h puis 50 km/h

(*) avec frein dynamique en service. Sans frein dynamique : 40 km/h

Sur la forte pente de Porté-Puymorens / Ax-les-Thermes :

Tableau 6A

Catégorie de train	Vitesse limite RT	Vitesse (Porté-Puymorens / Ax-les-Thermes)
V160 V140 V120	V160 V140 V120	50 km/h
ME140 ME120 ME100	ME140 ME120 ME100	40 km/h (*)
MA100 MA90 MA80	MA100 MA90 MA80	40 km/h (*)

(*) avec frein dynamique en service. Sans frein dynamique : 35 km/h

Sur la forte pente de Capvern :

Tableau 6A

Catégorie de train	Vitesse limite RT	Vitesse (Capvern / Tournay) Pente 1 puis pente 2
V160 V140 V120	V160 V140 V120	100 km/h (*)
ME140 ME120 ME100	ME140 ME120 ME100	50 km/h puis 70 km/h (**)
MA100 MA90 MA80	MA100 MA90 MA80	50 km/h puis 60 km/h (**) 40 km/h puis 50 km/h (**) 40 km/h (**)

(*) 50 km/h puis 80 km/h si le frein dynamique ne fonctionne pas
50 km/h puis 70 km/h si la masse du train est supérieure à 850 t

(**) 35 km/h puis 40 km/h si le frein dynamique ne fonctionne pas

7.4.4 Performances de freinage d'immobilisation

Le chapitre 9 s'applique.

8 Matériels du parc spécialisé

Les contraintes issues de l'Infrastructure (§ 5) et spécifiées dans cette SAM F005 sont invariables et reflètent l'état de l'art appliqué par le gestionnaire d'infrastructure pour la gestion des cantonnements sur le RFN.

Les particularités d'équipement (§ 8.1) et les performances de freinage d'arrêt et de ralentissement (§ 8.2.1) constituent les caractéristiques de référence sur le réseau ferré national ainsi que les recommandations présumant de la compatibilité avec les contraintes de l'Infrastructure.

Le cas de non-respect du chapitre § 8.2.1 implique de respecter le § 5 et de fournir une démonstration de sécurité mentionnée dans les chapitres concernés.

8.1 Particularités d'équipements

Le matériel automoteur doit respecter les exigences définies dans l'EN 16185-1.

Les trains dont les particularités d'équipement sont notées « réservé » doivent faire l'objet d'une analyse de risque au travers des événements redoutés définis dans le tableau 8. Par ailleurs, ces événements redoutés s'appliquent également aux trains ne respectant pas les particularités d'équipement décrites.

Les catégories de trains et les particularités d'équipement de freinage sont reprises dans le tableau 7 ci-après.

Tableau 7 Particularités d'équipements de freinage

Catégorie de trains	Nombre de bogies	Particularités d'équipements
Train à vitesse maximale 220 km/h (AUT 220)	2 à 5	Non admis au titre de la compatibilité avec l'infrastructure.
	6 à 12	Réservé
	13 et plus	FEP + Anti-enrayeur + Dispositif de détection de non rotation d'essieux
Train à vitesse maximale 200 km/h (AUT 200) (AR200)	2 à 3	Non admis au titre de la compatibilité avec l'infrastructure.
	4 à 5	Réservé.
	6 à 7	Patins (électro-) magnétiques recommandés équipant au moins 2 bogies (1). De plus, l'effort délivré par l'ensemble des patins magnétiques doit être supérieur ou égal à l'effort de retenue d'un bogie freiné pneumatiquement. Sinon réservé.
	8 à 12	Si le matériel est freiné disques seuls, il est recommandé d'équiper au moins 2 bogies de patins (électro) magnétiques (1). Sinon réservé.
	13 et plus	FEP + Anti-enrayeur
Train à vitesse maximale 160 km/h (AUT 160) (AR160)	2 à 3	Réservé au titre de la compatibilité avec l'infrastructure.
	4 à 7	Si le matériel est freiné disques seuls, il est recommandé d'équiper 2 bogies au moins de patins (électro) magnétiques (1). Sinon réservé
	8 et plus	FEP
Train à vitesse maximale 140 km/h (AUT 140-1300) (AR140)	2 à 3	Patins (électro) magnétiques recommandés sur 50 % des bogies au minimum. Sinon réservé.
	4 à 7	Si le matériel est freiné disques seuls, il est recommandé d'équiper 2 bogies au moins de patins (électro) magnétiques (1). Sinon réservé.
	8 et plus	Admis

Catégorie de trains	Nombre de bogies	Particularités d'équipements
Train type RER à vitesse maximale 140 km/h (AUT 140-1100) (AUT 140-1000) (AUT 140-900) (AUT 120-740)	2 à 3	Non admis au titre de la compatibilité avec l'infrastructure.
	4 à 5	Réservé
	6 à 7	Quel que soit l'équipement de freinage du matériel (disques et/ou semelles), il est recommandé d'équiper au moins les deux bogies de chaque extrémité de patins magnétiques (soit au moins 4 bogies). Si le matériel est défini pour disposer d'une marge de disponibilité en exploitation, il doit comporter au moins 7 bogies Sinon réservé.
	8 à 12	Il est recommandé d'équiper chaque essieu de semelles assurant un effort de retenue minimal de 10% de son effort de retenue total. Des patins (électro) magnétiques peuvent remplacer les semelles (absence ou insuffisance de l'effort appliqué), dans ce cas il est recommandé d'équiper au moins 2 bogies de patins magnétiques (1) De plus, il est recommandé d'équiper les essieux porteurs d'un freinage combiné : disques + semelles. Si le matériel est défini pour disposer d'une marge de disponibilité en exploitation, il est recommandé de l'équiper de patins (électro) magnétiques. Sinon réservé.
	13 et plus	Admis
Train à vitesse maximale 120 km/h (AUT 120-1000) (AR120)	2 à 3	Si le matériel est freiné disques seuls, il est recommandé d'équiper au moins 50% des bogies de patins (électro) magnétiques (1). Sinon réservé.
	4 à 5	Si le matériel est freiné disques seuls, il est recommandé d'équiper au moins 2 bogies de patins (électro) magnétiques (1).
	6 et plus	Admis
Tram-train		Respect de la norme EN 13452-1 en ce qui concerne les tramways et les véhicules ferroviaires légers.

(1) Si des patins (électro) magnétiques sont à monter, il est recommandé de les installer à chaque extrémité de l'engin, sur au minimum 1 des 2 premiers bogies.

Le nombre de bogies à considérer, correspond au nombre de bogies implémentés sur le train (non pas le nombre de bogies freinés) dans la composition étudiée selon les § 5.2.1 et § 5.2.2.

Exemple

- Matériel ATER, associé à la catégorie SAM F005 : AUT140-1300.
- Composition minimale = 2 bogies

Les particularités déduites du tableau qui s'appliquent à cette composition sont les suivantes :

Catégorie de trains	Nombre de bogies	Particularités d'équipements
(AUT 140-1300)	2 à 3	<p><i>Il est recommandé d'équiper 50% des bogies au minimum de patins (électro) magnétiques</i></p> <p><i>Sinon réservé.</i></p>

Les événements redoutés ER1 et ER2 définis § 10 sont à traiter en cas de non-respect des particularités d'équipement ou de respect selon l'annotation « Réservé ».

8.2 Performances de freinage

8.2.1 Performances de freinage d'arrêt et de ralentissement

Les performances de freinage d'arrêt recommandées et associées aux différentes catégories de trains sont données dans les tableaux 9 et 10. Elles constituent les caractéristiques de référence sur le réseau ferré national ainsi que les recommandations présument de la conformité aux contraintes de l'Infrastructure.

La méthode de l'annexe 3 permet de s'affranchir de ces règles de performance.

8.2.1.1 Matériels à vitesse maximale ≤ 160 km/h

Les prescriptions relatives aux performances en freinage d'urgence déterminées dans les conditions définies en § 5.2.2 et reprises dans le tableau 9, sont :

- La distance d'arrêt moyenne (calculée à partir de l'annexe F de la fiche UIC 544-1 pour les essais réalisés et à partir de a_e pour les notes de calcul) « s_u » en palier à partir de la vitesse initiale V_{max} colonne (1), doit être inférieure ou égale à celle indiquée colonne (2).
- Le temps « t_{eu} » doit être inférieur ou égal à celui indiqué colonne (3), quelle que soit la vitesse initiale (inférieure ou égale à V_{max}).
- La décélération en palier a_{eu} doit être supérieure ou égale à celle indiquée colonne (4), quelle que soit la vitesse initiale (inférieure ou égale à V_{max}).

Les prescriptions relatives aux performances en freinage maximal de service déterminées dans les conditions définies § 5.2.1 sont :

- La distance d'arrêt moyenne (calculée à partir de l'annexe F de la fiche UIC 544-1 pour les essais réalisés et à partir de a_e pour les notes de calcul) « s_{ms} » en palier à partir de la vitesse initiale V_{max} doit être inférieure à celle indiquée colonne (6).
- La décélération en palier en conditions nominales (conditions du § 5.2.3 sauf points d-e-f : tous les freins en service, sur rail sec) $a_{ms_nominal}$, doit être supérieure ou égale à la décélération indiquée colonne (7), quelle que soit la vitesse initiale (inférieure ou égale à V_{max}).

Les prescriptions relatives à la déclivité sont :

- La déclivité de la pente maximale sur laquelle le train peut rouler à la vitesse V_{max} doit respecter la colonne (5) en ce qui concerne le dimensionnement thermique.
- Les paramètres a_e image de l'effort retardateur des freins, et t_e , du matériel considéré ne doivent pas être affectés par l'accroissement d'énergie en freinage de service et d'urgence du fait de l'augmentation de la distance d'arrêt sous l'effet de la pente indiquée dans le tableau ci-après (colonne 5).

La colonne 'Vitesse limite RT' des tableaux 9, 10 et 11 figure à titre d'information. C'est une donnée Infrastructure correspondant à la colonne des Renseignements Techniques considérée par les conducteurs pour déterminer les vitesses limites du matériel applicables sur chaque portion de ligne du RFN.

Lecture des tableaux 9, 10 et 11

- Considérer les caractéristiques de l'automoteur étant donnés son nombre de bogies, sa vitesse maximale et sa catégorie. Le nombre de bogies correspond au nombre de bogies implémentés sur le train (non pas le nombre de bogies freinés) pour la composition étudiée selon les § 5.2.1 et § 5.2.2.
- Prendre en compte le cantonnement minimal des lignes (distance minimale d'annonce et de préannonce) sur lesquelles le matériel est amené à circuler à la vitesse maximale.
- A partir des caractéristiques précédentes, la/les ligne(s) du tableau 9 à respecter, sont définies.

Exemple : Matériel ZTER

- Vitesse maximale de circulation prévue = 200 km/h
- Nombre de bogies en US = 6
- Nombre de bogies en UM = 12 et 18
- Lignes prévues = distance minimale de préannonce de 1400 m

Catégorie SAM F005 à considérer= AUT200-1, code vitesse = E20C

Les tableaux 10 et 11 donnent les recommandations qui s'appliquent au matériel ZTER :

Caractéristiques du matériel			Recommandations
	Nombre de bogies	Vitesse	
AUT200-1	6 (4 à 7)	210-0 200-0 170-0	Application des recommandations du tableau 10 colonnes (2) (3) (4) (5)
	12 18 (8 et plus)	210-0 200-0 170-0	Les recommandations du tableau 10 colonnes (2) (3) (4) (5), s'appliquent.
	6 12 18 (4 et plus)	200-160 160-0	Les recommandations du tableau 11 colonnes (5) (6) (7), s'appliquent.

Tableau 9 Performances de freinage des automoteurs en freinage d'urgence ($V_{\max} \leq 160$ km/h)

Catégorie de train	Code vitesse / Indice de composition	Nombre de bogies	V_{\max} (km/h)	s_u max à V_{\max} en palier (m)	t_{eu} max (s)	a_{eu} min (m/s ²)	Déclivité max à V_{\max} (mm/m)	s_{ms} max à V_{\max} en palier (m)	$A_{e\ ms}$ nominal min (m/s ²)
			(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Train à vitesse maximale 160 km/h (AUT 160) (AR160)	B16C	2 à 3	160	1160	3	0,9	8	1400	0,93
	T16C	4 à 5		1200		0,87			
	E16C	6 à 7		1230		0,85			
	E16N	8 et +		1250		0,83			
	V160								
Train à vitesse maximale 140 km/h (AUT 140- 1300) (AR140)	T14C	2 à 3	140	1080	3	0,74	10	1300	0,93
	T14N	4 à 5		1100		0,72			
	E14C	6 à 7		1140		0,70			
	E14N	8 et +		1160		0,69			
	V140								
Train type RER à vitesse maximale 140 km/h (AUT 140- 1100)	E14P	2 à 3	Non admis						
		4 à 5	140	940	2	0,84	10	1100	0,90
			120	690			13	810	
			60	170			0,89	35	
		6 à 7	140	960	2	0,82	10	1100	0,90
			120	710			13	810	
			60	175			0,87	35	
		8 et +	140	980	2	0,80	10	1100	0,90
			120	720			13	810	
			60	178			0,85	35	

Catégorie de train	Code vitesse / Indice de composition	Nombre de bogies	V_{max} (km/h)	s_u max à V_{max} en palier (m)	t_{eu} max (s)	a_{eu} min (m/s ²)	Déclivité max à V_{max} (mm/m)	s_{ms} max à V_{max} en palier (m)	$A_{e\ ms}$ nominal min (m/s ²)		
			(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)		
Train type RER à vitesse maximale 140 km/h 120 km/h (AUT 140- 1000) (***) (AUT 120- 740)	E14Q E12Q	2 à 3	Non admis								
		4 à 5	140	855	1,5	0,92	10	1000	0,93		
			120	630		0,92	13	740			
		6 à 7	140	880		0,90	10	1000			
			120	650		0,90	13	740			
		8 et +	140	890		0,88	10	1000			
			120	660		0,88	13	740			
		Train type RER à vitesse maximale 140 km/h (AUT 140- 900)	E14R E14F	2 à 3		Non admis					
4 à 5	140			770		1,5	1,03	10		900	1,05
	120			570	13		670				
6 à 7	140			790	1,00		10	900			
	120			580	13		670				
8 et +	140			800	0,98		10	900			
	120			590			13	670			
Train à vitesse maximale 120 km/h (AUT 120- 1000) (AR120)	T12C E12N V120			2 à 3	120		830	3	0,71	13	
		4 à 5	855	0,69							
		6 à 7	880	0,67							
		8 et +	890	0,66							
Tram-train	E10C	2 et +	100-0	300	0,85	1,35 (*)	10	520	1 (**)		
			70-0	130		1,57	13	230	1,21		
		Les performances ci-dessus sont à réaliser en FU 3 défini selon la norme EN 13452-2.									

(*) 1,19 à respecter sur la plage de vitesse de 100 à 70 km/h

(**) 0,86 à respecter sur la plage de vitesse de 100 à 70 km/h

(***) les matériels de la catégorie AUT140-1000 doivent respecter les exigences définies à 140 et 120 km/h.
Les matériels de la catégorie AUT120-740 doivent respecter les exigences définies à 120 km/h uniquement.

8.2.1.2 Matériels à vitesse maximale > 160 km/h

Les prescriptions relatives aux performances en freinage d'urgence déterminées dans les conditions définies en § 5.2.2 et reprises dans le tableau 10, sont :

- La distance d'arrêt moyenne (calculée à partir de l'annexe F de la fiche UIC 544-1 pour les essais réalisés et à partir de a_e pour les notes de calcul) « s_u » en palier (à partir de la vitesse initiale V_{max} colonne (1), doit être inférieure ou égale à celle indiquée colonne (2).
- Le temps « t_{eu} » doit être inférieur ou égal à celui indiqué colonne (3), quelle que soit la vitesse initiale (inférieure ou égale à V_{max}). Cette prescription peut faire l'objet de dérogation dûment argumentée par un dossier.
- La décélération en palier a_{eu} doit être supérieure ou égale à celle indiquée colonne (4), quelle que soit la vitesse initiale (inférieure ou égale à V_{max}).

Les prescriptions relatives au freinage d'urgence colonnes (2) à (5) du tableau 10 ci-après, concernent différents niveaux de vitesse initiale (colonne (1)) :

- Vitesse maximale du train ;
- Vitesse maximale du train + 10 km/h ;
- Vitesse 170 km/h.

Les prescriptions relatives aux performances en freinage maximal de service déterminées dans les conditions définies au § 5.2.1 et décrites dans le tableau 11 ci-après sont les suivantes :

- La distance de ralentissement moyenne « $s_{r,ms}$ » en (calculée à partir de l'annexe F de la fiche UIC 544-1 pour les essais réalisés et à partir de a_e pour les notes de calcul) palier de la vitesse initiale V_{max} à 160 km/h, doit être inférieure à celle indiquée colonne (6).
- La distance d'arrêt moyenne (calculée à partir de l'annexe F de la fiche UIC 544-1 pour les essais réalisés et à partir de a_e pour les notes de calcul) « s_{ms} » en palier à partir de la vitesse initiale V_{max} colonne (1), doit être inférieure ou égale à celle indiquée colonne (6).
- La décélération en palier en conditions nominales (conditions du § 5.2.3 sauf points d-e-f : tous les freins en service, sur rail sec) $a_{ems_nominal}$, doit être supérieure ou égale à la décélération indiquée colonne (7), quelle que soit la vitesse initiale (inférieure ou égale à V_{max}).

Les prescriptions relatives à la déclivité sont :

- La déclivité de la pente maximale sur laquelle le train peut rouler à la vitesse V_{max} doit respecter la colonne (5) en ce qui concerne le dimensionnement thermique.
- Les paramètres a_e , image de l'effort retardateur des freins, et t_e , du matériel considéré ne doivent pas être affectés par l'accroissement d'énergie en freinage de service et en freinage d'urgence du fait de l'augmentation de la distance d'arrêt sous l'effet de la pente indiquée dans le tableau ci-après (colonne 5).

Tableau 10 : Performances de freinage des automoteurs en freinage d'urgence ($V_{max} > 160$ km/h)

Catégorie de train	Code vitesse / Indice de composition	Nombre de bogies	V_{max} (km/h)	s_u max à V_{max} en palier (m)	t_{eu} max (s)	a_{eu} min (m/s ²)	Déclivité max à V_i (mm/m)	Circulation	
			(1)	(2)	(3)	(4)			(5)
Train à vitesse maximale 220 km/h (AUT 220)	E32C E30C	2 à 5	Non admis						Type A
		6 à 12	230-0	2200	3	0,98 (*)	5		
			170-0	1230		0,98			
		13 et +	230-0	2260		0,96 (*)			
170-0	1260		0,96						
Trains à vitesse maximale 200 km/h (AUT 200) (AR200)	E20C E20N V200	2 à 3	Non admis						Type A
		4 à 7	210-0	2080	3	0,86 (**)	5		
			200-0	1860		0,88			
		170-0	1200	1					
8 et +	210-0	2180	0,81 (**)						
	200-0	1940	0,83						
170-0	1250	0,95							

Les chiffres entre parenthèses indiquent le numéro de colonne

(8) type A = ligne avec distance minimale d'annonce des signaux en palier de 1400 m. Matériels également admis sur les lignes avec distance minimale d'annonce des signaux en palier de 1500 m (= type B).

(*) valeur à respecter également sur la plage de vitesse 230-170

(**) valeur à respecter également sur la plage de vitesse 210-170

Tableau 11 : performances des automoteurs en freinage maximal de service

Catégorie de train	Code vitesse / Indice de composition	Nombre de bogies	V (km/h)	Déclivité max à V_{max} (mm/m)	$S_{r\ ms}$ S_{ms} max en palier (m)	$a_{e\ ms}$ nominal min (m/s ²)	Circulation
			(1)	(5)	(6)	(7)	
Automoteur à vitesse maximale 220 km/h (AUT 220)	E32C	2 à 5	Non admis				
		6 et +	220-160	5	1400	1,05	Type A
	160-0		1320		1,05		
Automoteur à vitesse maximale 200 km/h (AUT 200) (AR200)	E20C	2 à 3	Non admis				
		4 et +	220-160	5	1220	0,79	Type A
	160-0		1320		0,98		

(8) type A = ligne avec distance minimale d'annonce des signaux en palier de 1400 m. Matériels également admis sur les lignes avec distance minimale d'annonce des signaux en palier de 1500 m (= type B).

8.2.2 Cas des isolements de frein entraînant une limitation de vitesse

Pour information, les isolements ne sont pas gérés dans les autorisations délivrées.

Les informations suivantes servent à l'établissement des consignes opérationnelles.

8.2.2.1 En freinage d'arrêt

En cas d'isolements de frein, la distance d'arrêt augmente et il peut en résulter une diminution de la vitesse autorisée.

Les vitesses limites autorisées en fonction des isolements sont à mentionner dans la consigne ou instruction opérationnelle utilisée en exploitation.

Ces vitesses limites doivent être calculées dans le respect des distances de cantonnement et des pentes maximales définies dans le chapitre § 5. Elles découlent des informations fournies dans le cadre du dossier technique établi au moment de l'AMEC du véhicule.

8.2.2.2 En freinage de maintien sur Fortes Pentes

Le déclassement en catégorie de train inférieure permettant la circulation sans restriction de vitesse par rapport à celles définies au § 8.2.3 pour les trois fortes pentes de référence, devra être pris en compte dans la consigne ou instruction opérationnelle correspondante. Si besoin, en fonction des isolements, un barème de freinage spécifique à la circulation en Fortes Pentes pourra y être défini.

8.2.3 Performances de freinage en forte pente

Le dimensionnement énergétique des équipements de frein doit permettre un freinage de maintien suivi d'un freinage d'arrêt. Les tableaux ci-dessous précisent les vitesses de circulation habituellement pratiquées sur ces lignes et donc auxquelles ces performances devraient être atteintes,

Si le frein dynamique est utilisé :

- Il doit permettre d'assurer seul 3 freinages de maintien, d'une durée de 12 minutes, séparés d'une phase de 5 minutes sans freinage, en pente de 35 mm/m, en CN et en maintenant constante une vitesse de 75 km/h.
- En cas d'isolement ou de non-fonctionnement du frein dynamique, les vitesses applicables dans les trois fortes pentes ci-dessous doivent être déterminées.

8.2.3.1 Sur la forte pente de référence (Modane)

Tableau 12

Catégorie de train	Code vitesse / Indice de composition	Vitesse de circulation en pente (pente 1 puis pente 2)
AUT220 AUT200	E32C E30C E20C	90 km/h puis 100 km/h
AUT160 AUT140 AUT120	B16C, T16C, E16C T14C, E14C, E14F, T12C	90 km/h puis 100 km/h
AR200 AUT160, AR160 AUT140, AR140 AUT120, AR120	E20N, V200 E16N, V160 E14R, E14Q, E14N, V140, T14N, E14P E12N, V120	80 km/h puis 95 km/h

8.2.3.2 Sur la forte pente de Porte-Puymorens/Ax les Thermes

Tableau 13

Catégorie de train	Code vitesse / Indice de composition	Vitesse (Porté-Puymorens / Ax-les-Thermes)
Aut160 Aut140 Aut120	B16C, T16C, E16C T14C, E14C, E14F, T12C	60 km/h
Aut160, AR160 Aut140, AR140 Aut120, AR120	E16N, V160 E14R, E14Q, E14N, V140, T14N, E14P E12N, V120	50 km/h

8.2.3.3 Sur la forte pente de Capvern

Tableau 14

Catégorie de train	Code vitesse / Indice de composition	Vitesse (Capvern / Tournay) Pente 1 puis pente 2
AUT220 AUT200	E32C E30C E20C	100 km/h
AUT160 AUT140 AUT120	B16C, T16C, E16C T14C, E14C, E14F T12C	100 km/h
AUT160, AR160 AUT140, AR140 AUT120, AR120	E16N, V160 E14R, E14Q, E14N, V140, T14N, E14P E12N, V120	100 km/h

8.2.4 Exigences concernant l'immobilisation

Le chapitre 9 s'applique.

9 Performances de freinage d'immobilisation

Les exigences de performances concernent l'immobilisation en ligne et en stationnement (parking).

Ces fonctions sont chacune réalisées au moyen d'un système englobant une commande, ses sous-systèmes d'exécution associés, et un contrôle. Un système peut réaliser une ou plusieurs fonctions, si les performances et les exigences associées à chaque fonction sont réalisées.

Ces systèmes peuvent être à commande volontaire ou automatique.

9.1 Fonction d'immobilisation en ligne

9.1.1 Généralités

Cette fonction garantit le maintien à l'arrêt pendant une durée déterminée d'un train en ligne après un arrêt de service ou d'urgence. La cabine de conduite est en service. La fonction doit être assurée sans apport d'énergie extérieure au train.

9.1.2 Performances

La fonction doit garantir l'immobilisation du matériel, sans apport d'énergie extérieure au train, production d'air inactive, dans les conditions suivantes :

9.1.2.1 Pendant un temps d'au moins deux heures :

- 1) Sans d'apport de dispositifs extérieurs au système d'immobilisation ;
 - Charge maximale d'exploitation (CME) ;
- 2) Composition la plus courte ;
 - Matériel en limite de disponibilité d'exploitation ;

- Pour les matériels circulant en très forte pente (pente > 60 mm/m), la performance est à garantir en adhérence dégradée, rail savonné (suivant fiche UIC 541-05) ;
- Déclivité maximale rencontrée sur le parcours utilisé par le matériel considéré ;
- Vent défavorable de 100 km/h (annexe nationale EN 1991-1-4) ;
- Roues neuves (pour un frein d'immobilisation intégré à une unité de frein à disque) ;
- Facteur de frottement théorique à prendre en compte dans les calculs : les valeurs doivent être justifiées par essais au banc ou sur train.

9.1.2.2 Au-delà de deux heures :

Pour les matériels circulant en très forte pente (pente > 60 mm/m), les conditions de réalisation de l'immobilisation en ligne définies ci-dessus sont à respecter totalement pendant une durée indéterminée.

Pour les autres matériels, les prescriptions reprises en 2) ci-dessus sont à réaliser sur une durée indéterminée, avec la possibilité d'apport de dispositifs extérieurs (cales anti-dérive, frein d'immobilisation à ressort à commande volontaire, par exemple), et matériel Vide en Ordre de marche (VOM).

9.2 Fonction Immobilisation en stationnement (frein de parking)

9.2.1 Généralités

Cette fonction doit prévenir tout risque de dérive du train lorsque ce dernier est immobilisé pour une durée illimitée, en absence de personnel habilité à sa conduite à son bord (cabine hors service), et sur voie de service.

9.2.2 Performances

La fonction doit garantir l'immobilisation du matériel dans les conditions suivantes :

- unité simple ou véhicule seul ;
- matériel vide en ordre de marche (VOM) ;
- prise en compte d'un bogie avec FI isolé ;
- déclivité de 5 mm/m, ou de 80 mm/m pour les tramways ;
- déclivité maximale rencontrée sur les voies de service ou les zones de garage prolongé ;
- vent défavorable de 100 km/h (annexe nationale EN 1991-1-4) ;
- pendant un temps illimité ;
- roues neuves (pour un frein intégré à une unité de frein à disque) ;
- facteur de frottement théorique à prendre en compte dans les calculs : les valeurs doivent être justifiées par essais au banc ou sur train.

Pour le matériel remorqué, le dimensionnement sera réalisé suivant les prescriptions de la fiche UIC 544-1, 6^{ème} édition, chapitre 8.

Le cas du matériel remorqué par locomotive est à traiter par des règles d'exploitation (RC A-B 8a n° 1 édité par l'ESPF).

10 Exigences de sécurité sur les performances de freinage du matériel roulant

Les exigences de sécurité, reprises dans le tableau ci-après sous forme d'une liste d'événements redoutés, traitent des performances de freinage, des capacités d'immobilisation et des dysfonctionnements des capacités de freinage.

La définition des sous-systèmes au sens de l'utilisation faite dans le tableau ci-après ainsi que la définition de la criticité, sont données en annexe 4 du présent document.

Cette liste est à compléter par :

- **Les événements redoutés résultant d'une analyse préliminaire des risques** basée sur la description fonctionnelle du système proposé, sur le respect des exigences techniques, et sur les particularités éventuelles d'exploitation du matériel roulant (circulation ferroviaire quasi-permanente en forte pente ou déclivité exceptionnelle).
- **Les événements redoutés identifiés dans les normes EN 15734, EN 16185-1 et EN 14198** (prochaine révision).

Nota : Le chiffre indiqué dans la colonne « coupe minimale d'ordre X » des tableaux suivants correspond à la combinaison de pannes autorisées pour l'occurrence de l'événement redouté. Par conséquent, les coupes d'ordre inférieur ne sont pas autorisées.

10.1 Recommandations pour les études de sécurité

Ces événements redoutés permettent de concevoir une architecture de freinage éprouvée et robuste. Ils sont issus du retour d'expérience en matière de sécurité et de fiabilité du système de freinage. Ils aident et orientent les concepteurs vers une architecture éprouvée sur le RFN.

Catégorie	Evénement redouté	Exemples de mode de défaillance	Criticité / Objectif de taux de défaillance	Coupe minimale d'ordre X
Performance de freinage	<p>ER1 (V ≤ 160 km/h)</p> <p>La commande du FU étant actionnée, défaillance provoquant le rallongement de la distance d'arrêt au-delà des valeurs indiquées dans la colonne (4) du tableau A2-1 (véhicules du parc ordinaire) ou du tableau 9 (matériel du parc spécialisé)</p>	Dépassement du cantonnement en freinage d'urgence en conditions dégradées	D3 10 ⁻⁷ / h	1
Performance de freinage	<p>ER2 (V > 160 km/h)</p> <p>La commande du FU étant actionnée, défaillance provoquant :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pour les trains du parc ordinaire : le rallongement de la distance d'arrêt de plus de 12 % des valeurs indiquées dans la colonne (2) du tableau A2-2. - Pour les trains du parc spécialisé : une dégradation de plus de 12% des valeurs de décélération en urgence indiquées dans la colonne (4) du tableau 10 du § 8.2.1.2. 	Dépassement du cantonnement en freinage d'urgence en conditions dégradées	D3 10 ⁻⁷ / h	1
Performance de freinage	<p>ER3</p> <p>(applicable aux locomotives circulant seules)</p> <p>La commande étant réalisée, défaillance du système de freinage provoquant une distance de freinage supérieure à 1250 m sur rail sec en palier pour une circulation à 100 km/h et 1350 m sur rail sec en palier pour une circulation à 120 km/h.</p>	Perte totale d'un bogie	D3 10 ⁻⁷ / h	1

Catégorie	Evénement redouté	Exemples de mode de défaillance	Criticité / Objectif de taux de défaillance	Coupe minimale d'ordre X
Immobilisation	ER4 Lors d'une d'immobilisation de stationnement, défaillance de la fonction entraînant une perte totale (commande et/ou exécution) du frein d'immobilisation.		E4 10 ⁻⁹ / h	2
Dysfonctionnement	ER5 La commande du freinage d'urgence étant actionnée par le conducteur (activation de toutes les commandes à sa disposition), le système de freinage ne provoque aucun effort de freinage (équivalent ER n°1 STI Loc&Pas § 4.2.4.2.2)	Lors d'un déclenchement manuel : - Défaillance CCC et/ou CT (panne double) ; - Défaut d'armement (notamment la non disponibilité de l'énergie de freinage).	E4(1) 10 ⁻⁹ / h	2
Dysfonctionnement	ER7 La commande du freinage d'urgence étant actionnée et mise en œuvre, maintien d'une accélération du train due à un effort résiduel de traction sur le train (équivalent ER n°2 STI Loc&Pas § 4.2.4.2.2).	- Défaut d'asservissement de la coupure traction à l'action du frein ; - Non coupure des lignes de traction entraînant le maintien d'une accélération du train malgré l'effort de retenue appliqué par le système de freinage.	E4 10 ⁻⁹ / h	2
Dysfonctionnement	ER8 Perte d'intégrité du train et non réalisation de la fonction 4 (automaticité).	Rupture d'attelage et non freinage des éléments ;	E4 10 ⁻⁹ / h	2
Dysfonctionnement	ER9 La commande du freinage de service étant actionnée par l'agent de conduite, le système ne provoque aucun freinage.	Défaillance CCC et/ou CT	10 ⁻⁶ / h- Gravité 2	1

¹ En fonction de l'analyse préliminaire des risques, cet événement redouté est à étudier quelle que soit la déclivité, dans la pente maximale d'exploitation du train (circulations en fortes pentes)

Catégorie	Evénement redouté	Exemples de mode de défaillance	Criticité / Objectif de taux de défaillance	Coupe minimale d'ordre X
Immobilisation	<p>ER10</p> <p>Lors d'un freinage d'immobilisation en ligne, défaillance du système entraînant le non-respect des performances de la fonction d'immobilisation en ligne.</p>		<p>D3</p> <p>$10^{-7} / h$</p>	1
Immobilisation	<p>ER11</p> <p>Lors d'un freinage d'immobilisation de stationnement, défaillance de la fonction entraînant le non-respect des performances de la fonction d'immobilisation de stationnement.</p>		<p>D3</p> <p>$10^{-7} / h$</p>	1
Dysfonctionnement	<p>ER13</p> <p>Défaillance d'une quelconque des chaînes de commandes de freinage d'urgence à disposition du conducteur provoquant la non réalisation du freinage d'urgence sur le train.</p>		<p>$\leq 10^{-6} / h$</p> <p>Gravité 2</p>	1

Catégorie	Evénement redouté	Exemples de mode de défaillance	Criticité / Objectif de taux de défaillance	Coupe minimale d'ordre X
Dysfonctionnement	<p style="text-align: center;">ER14</p> <p>La commande du freinage d'urgence étant actionnée, défaillances d'une unité indépendante locale (SSLF) du système de freinage provoquant la non réalisation d'un effort de freinage.</p>	Défaut sur un SSLF	<p>Fonction du taux de contribution (2) du SSLF à la performance de freinage :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Si taux $\geq 50\%$: D3(3) (10^{-7} / h), - Si $50\% > \text{taux} \geq 25\%$: $\leq 10^{-6}$ gravité 2^7 - Si taux $< 25\%$: C2⁷ (10^{-5} / h) 	1
Dysfonctionnement	<p style="text-align: center;">ER15</p> <p>La commande du freinage d'urgence étant actionnée, non suppression au niveau d'une unité indépendante de traction (SSLT), de l'effort de traction présent au moment de cette commande.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Défaut d'asservissement de la traction au freinage (AU), - Non coupure de la traction en local SSLT. 	<p>Fonction du taux de contribution (4) du SSLT par rapport à la performance de freinage du train :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Taux $\geq 50\%$: D3 (10^{-7} / h) - $50\% > \text{taux} \geq 25\%$: $\leq 10^{-6}$ /h gravité 2^7 - Si taux $< 25\%$: $\leq 10^{-5}$ /h – gravité 2^7 	1

² Rapport entre l'effort de freinage fourni par le SSLF et l'effort total de freinage de la rame.

³ La criticité indiquée prévaut pour un défaut non signalé. Si le défaut est signalé et contrôlé en continu afin de mettre le train dans un état préventivement sécuritaire, la criticité peut être réduite. Toutefois cette criticité ne pourra être inférieure aux niveaux requis par l'ER15

⁴ Rapport entre l'effort de Traction fourni par le SSLT et l'effort total de freinage de la rame.

Catégorie	Evénement redouté	Exemples de mode de défaillance	Criticité / Objectif de taux de défaillance	Coupe minimale d'ordre X
Dysfonctionnement	<p style="text-align: center;">ER16</p> <p>La commande du freinage de service étant actionnée, défaillance d'une unité indépendante locale (SSLF) du système de freinage provoquant la non réalisation d'un « effort de freinage » à préciser.</p>	Défaut sur un SSLF	<ul style="list-style-type: none"> - Fonction du taux de contribution (5) du SSLF à la performance de freinage : - Si $\text{taux} \geq 50\%$: $\leq 10^{-6}/h$ Gravité 2 - Si $50\% > \text{taux} \geq 25\%$: $\leq 10^{-5}/h$ Gravité 2 - Si $\text{taux} < 25\%$: $\leq 10^{-4}/h$ Gravité 1 	1
Dysfonctionnement	<p style="text-align: center;">ER17</p> <p>La commande normale, hors frein de secours, du freinage de service étant actionnée, maintien d'un effort résiduel de traction sur une unité indépendante de traction SSLT</p>	Défaut d'asservissement de la traction au freinage (ATF)	<p>Fonction du taux de contribution du SSLT par rapport à la performance de freinage du train :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Si $\text{taux} \geq 50\%$: $\leq 10^{-6}/h$ Gravité 2 - $50\% > \text{taux} \geq 25\%$ $\leq 10^{-5}/h$ Gravité 2(6) 	1

⁵ Rapport entre l'effort de freinage fourni par le SSLF et l'effort total de freinage de la rame

⁶ La criticité indiquée prévaut pour un défaut non signalé. Si le défaut est signalé et contrôlé en continu afin de mettre le train dans un état préventivement sécuritaire, la criticité peut être réduite. Toutefois cette criticité ne pourra être inférieure aux niveaux requis par l'ER15

⁶ La criticité indiquée prévaut pour un défaut non signalé. Si le défaut est signalé et contrôlé en continu afin de mettre le train dans un état préventivement sécuritaire, la criticité peut être réduite. Toutefois cette criticité ne pourra être inférieure aux niveaux requis par l'ER15

Catégorie	Evénement redouté	Exemples de mode de défaillance	Criticité / Objectif de taux de défaillance	Coupe minimale d'ordre X
			- Taux < 25% : $\leq 10^{-4}$ /h Gravité 1 ⁹	
Dysfonctionnement	ER18 Lors d'un desserrage, défaillance d'un SSLF provoquant le maintien du freinage de ce SSLF sans signallement associé en cabine de conduite	Défaut local sur un SSLF	D3 10^{-7} / h	1
Dysfonctionnement	ER20 La commande d'un freinage étant actionnée (d'urgence ou de service) et si l'anti-enrayeur est requis, défaillance de cet anti-enrayeur ne permettant plus la gestion de l'adhérence d'un SSLF risquant de dégrader la performance de freinage.		V. max d'exploitation : - $V \geq 160$ km/h C2 (10^{-5} / h) - $V < 160$ km/h 10^{-4} / h Gravité 1	1
Dysfonctionnement	ER20 Bis Défreinages simultanés des SSLF du train par le système anti-enrayeur dus à une erreur de la vitesse de référence centralisée		D3 10^{-7} / h	1
Dysfonctionnement	ER20 Ter Purge ou palier involontaire sur une voie de commande par le système anti-enrayeur pendant une durée supérieure au temps de déclenchement de la commande perdue risquant de dégrader la performance de freinage.		C2 10^{-6} / h	1
Dysfonctionnement	ER22 Lors d'un essai de frein agent seul, défaillance du système d'EFAS ne permettant pas la détection d'un défaut de continuité et son signallement.	Robinet d'arrêt fermé et non détection par l'EFAS	E4 10^{-9} / h	2

Catégorie	Evénement redouté	Exemples de mode de défaillance	Criticité / Objectif de taux de défaillance	Coupe minimale d'ordre X
Dysfonctionnement	ER23 Lors d'un essai de frein agent seul, signalements par l'EFAS de l'état opérationnel d'au moins un SSLF non opérationnel	Signalement serré d'un bogie non serré au moment de la phase freinage de l'EFAS ou signalement opérationnel de l'anti-enrayeur alors qu'il est en défaut	C2 10 ⁻⁵ / h	1
Dysfonctionnement	ER24 Calcul d'un état sanitaire du train entraînant une surestimation des performances de freinage.		10 ⁻⁷ / h	1

10.2 Moyens de démonstration

Le respect des exigences de sécurité portant sur le système de freinage peut être démontré au moyen d'une étude de sécurité montrant le respect des exigences générales définis par les ER du § 10.1.

Selon l'engin étudié, il convient de vérifier les ER jugés nécessaires pour démontrer le respect des exigences de sécurité.

Dans tous les cas, une étude du retour d'expérience peut être utilisée pour tout ou partie de la démonstration. Pour cela, la conception des systèmes étudiés doit être connue et maîtrisée, les conditions d'utilisation doivent être comparables, et le temps de vie doit être au moins égal au double des objectifs des événements redoutés concernés. Ces objectifs peuvent être démontrés sans application de la méthodologie statistique issue de la norme EN 50126.

ANNEXE 1 : Spécifications associées aux essais

A1.1 Règle de réalisation des essais

EN 16834 : pour la réalisation des essais en freinage d'urgence et freinage maximal de service, sur rail sec, les conditions générales d'essais décrites dans l'annexe F de la fiche UIC 544-1 6^{ème} édition (STI) s'appliquent, notamment la validation selon le critère de l'écart type.

Pour la réalisation des essais en freinage d'urgence et maximal de service en adhérence dégradée (EN 15595 citée dans STI), la valeur moyenne de distance d'arrêt retenue doit être obtenue à partir d'au moins 4 essais validés par niveau de vitesse considéré.

A1.2 Prise en compte sur les distances d'arrêt réalisées en essais en freinage maximal de service, de l'adhérence dégradée et de l'humidité :

Recommandation, objectif est de respecter les distances d'arrêt.

Des essais dynamiques et au banc sont à réaliser :

- Essais dynamiques du train sur rail sec (au moins 4)
- Essais dynamiques du train avec arrosage au taux de détergent de 1 % (au moins 4 essais)
- Essais au banc des matériaux de frottement

La prise en compte de l'allongement de la distance d'arrêt due à l'adhérence dégradée et à l'humidité sera faite avec l'application d'un coefficient A, défini ci-après selon le nombre d'essieux du train. Ce coefficient « A » s'applique sur les distances d'arrêt obtenues à sec.

Le terme d'allongement AE1% correspond à l'allongement moyen, de la distance d'arrêt, obtenu lors des essais dynamiques du train avec arrosage (par exemple 10% correspond à une distance d'arrêt en adhérence dégradée AE1% = 110 % de la distance d'arrêt sur rail sec).

Le terme « allongement humidité » correspond à l'impact sur la distance d'arrêt correspondante à la baisse des coefficients de frottement des matériaux (semelles, disques...). Ce terme est obtenu par calcul à partir des résultats d'essais au banc des différents matériaux équipant le train. Si des améliorations de coefficient de frottement sont constatées au banc, ce terme est à considérer nul.

Exemple : si le % de dégradation constatée est de 15%, cela signifie que l'allongement de la distance d'arrêt sous humidité est de 15 % (l'effort de freinage est égal à 85% de l'effort nominal).

$$A = 1 + \sqrt{(\text{allongement AE1\%})^2 + (\text{allongement humidité})^2}$$

$$\text{Allongement à l'humidité} = \frac{\% \text{ de dégradation constaté}}{\sqrt{\frac{\text{nb d'essieux freinés}}{2}}}$$

A1.3 Prise en compte sur les distances d'arrêt réalisées en essais en freinage d'urgence, de l'adhérence dégradée et de l'humidité

Des essais dynamiques et au banc sont à réaliser :

- Essais dynamiques du train sur rail sec (au moins 4 essais)
- Essais dynamiques du train avec arrosage au taux de détergent de 1 % et/ou 4 % (au moins 4 essais)
- Essais au banc des matériaux de frottement

La prise en compte de l'allongement de la distance d'arrêt due à l'adhérence dégradée et à l'humidité sera faite avec l'application d'un coefficient A, défini ci-après selon le nombre d'essieux du train. Ce coefficient « A » s'applique sur les distances d'arrêt obtenues à sec.

Le terme d'allongement AE1% ou AE4%, correspond à l'allongement moyen de la distance d'arrêt, obtenu lors des essais dynamiques du train avec arrosage correspondant (1% ou 4%). Par exemple 10% correspond à une distance d'arrêt en adhérence dégradée AE1% = 110% de la distance d'arrêt sur rail sec.

Le terme « allongement humidité » correspond à l'impact sur la distance d'arrêt correspondante à la baisse des coefficients de frottement des matériaux (semelles, disques...). Ce terme est obtenu par calcul à partir des résultats d'essais au banc des différents matériaux équipant le train. Si des améliorations de coefficient de frottement sont constatées au banc, ce terme est à considérer nul.

Exemple : si le pourcentage de dégradation constatée est de 15%, cela signifie que l'allongement de la distance d'arrêt sous humidité est de 15 % (l'effort de freinage est égal à 85% de l'effort nominal).

- Trains de voyageurs à desserte de grande ligne et train de fret :

$$A = 1 + \sqrt{\text{Allongement AE1\%}^2 + \text{Allongement humidité}^2}$$

Allongement humidité = % de dégradation constaté

- Trains de voyageurs à desserte banlieue ou régionale :

$$A1 = 1 + \sqrt{\text{Allongement AE4\%}^2 + \text{Allongement humidité}^2}$$

$$A2 = (1 + \text{Allongement AE1\%})(1 + \text{Allongement humidité})$$

$$A = \max(A1; A2)$$

$$\text{Allongement à l'humidité} = \frac{\% \text{ de dégradation constaté}}{\sqrt{\frac{\text{nb d'essieux freinés}}{2}}}$$

ANNEXE 2 Performances de freinage des trains du parc ordinaire

Cette annexe figure au titre des règles de l'art : les données sont fournies à titre d'information de manière à garantir l'exploitabilité du matériel. Cette annexe n'est pas directement prise en compte pour l'obtention d'une autorisation. Le demandeur doit se rapprocher du gestionnaire d'infrastructure pour la validation des performances.

A2.1 Trains à vitesse maximale ≤ 160 km/h

Les prescriptions relatives aux performances en freinage d'urgence déterminées dans les conditions définies au § 5.2.2 et reprises dans le tableau A2.1 ci-après, sont :

- La distance d'arrêt moyenne « s_u » (calculée à partir de l'annexe F de la fiche UIC 544-1 pour les essais réalisés et à partir de a_e pour les notes de calcul) en palier à partir de la vitesse initiale V_{max} colonne (1), doit être inférieure ou égale à celle indiquée colonne (2).

Les prescriptions relatives aux performances en freinage maximal de service déterminées dans les conditions définies au § 5.2.1 sont :

- La distance d'arrêt moyenne « s_{ms} » (calculée à partir de l'annexe F de la fiche UIC 544-1 pour les essais réalisés et à partir de a_e pour les notes de calcul) en palier à partir de la vitesse initiale V_{max} doit être inférieure à celle indiquée colonne (4).

Les prescriptions relatives à la déclivité sont :

- La déclivité de la pente maximale sur laquelle le train peut rouler à la vitesse V_{max} doit respecter la colonne (3). L'accroissement d'énergie en freinage du fait de l'augmentation de la distance d'arrêt sous l'effet de la pente, ne doit pas affecter les paramètres « frein » du train (efforts de freinage, temps de mise en action).

Tableau A2-1

Catégorie de train	Vitesse limite RT (km/h)	Composition	V_{\max} (km/h)	$S_{u \max}$ à V_{\max} en palier (m)	Déclivité max à V_{\max} (mm/m)	$S_{ms \max}$ à V_{\max} en palier (m)
			(1)	(2)	(3)	(4)
V160	V160	4 véhicules ou -	160	Réservé	8	1400
		5 à 6 véhicules		1250		
		7 véhicules jusqu'à 450 m		1270		
		450 m ou +		1300		
V140	V140	2 véhicules ou -	140	Réservé	10	1300
		3 véhicules		1140		
		4 à 6 véhicules		1160		
		7 véhicules jusqu'à 450 m		1180		
		450 m ou +		1200		
V120	V120	2 véhicules ou -	120	Réservé	13	1000
		3 véhicules		880		
		4 à 6 véhicules		890		
		7 véhicules jusqu'à 450 m		910		
		450 m ou +		920		
MV160	V160	4 véhicules ou -	160	Réservé	8	1400
		5 à 6 véhicules		1250		
		7 véhicules jusqu'à 550 m		1270		
		550 m ou +		1300		
ME140	ME140	2 véhicules	140	Réservé	10	1300
		3 véhicules		1140		
		4 à 6 véhicules		1160		
		7 véhicules jusqu'à 550 m		1180		
		550 m ou +		1200		
ME120	ME120	2 véhicules	120	Réservé	10	1100
		3 véhicules		965		
		4 à 6 véhicules		980		
		7 véhicules jusqu'à 550 m		1000		
		550 m ou +		1030		

Catégorie de train	Vitesse limite RT (km/h)	Composition	V_{\max} (km/h)	$S_{u \max}$ à V_{\max} en palier (m)	Déclivité max à V_{\max} (mm/m)	$S_{ms \max}$ à V_{\max} en palier (m)
			(1)	(2)	(3)	(4)
ME100	ME100	2 véhicules	100	855	10	1000
		3 véhicules		880		
		4 à 6 véhicules		890		
		7 véhicules jusqu'à 550 m		910		
		550 m ou +		920		
HLP 120	ME120	1 véhicule	120	Voir § 7.1.2	10	1100
		2 véhicules		940		
		3 véhicules		965		
		4 véhicules		980		
HLP 100	ME100	1 véhicule	100	Voir § 7.1.2	10	1000
		2 véhicules		855		
		3 véhicules		880		
		4 véhicules		890		
MA100	MA100	2 à 6 véhicules	100	1020	10	1150
		7 véhicules jusqu'à 550 m		1040		
		550 m ou +		1060		
MA90	MA90	2 à 6 véhicules	90	900	10	1000
		7 véhicules jusqu'à 550 m		910		
		550 m ou +		950		
MA80	MA80	2 à 6 véhicules	80	760	10	850
		7 véhicules jusqu'à 550 m		770		
		550 m ou +		800		

Les chiffres entre parenthèses indiquent le n° de colonne

Un véhicule = un engin moteur ou une voiture ou un wagon

A2.2 Trains à vitesse maximale > 160 km/h

Les prescriptions relatives aux performances en freinage d'urgence déterminées dans les conditions définies au § 5.2.2 et reprises dans le tableau A2.2 ci-après, sont :

- La distance d'arrêt moyenne (calculée à partir de l'annexe F de la fiche UIC 544-1 pour les essais réalisés et à partir de a_e pour les notes de calcul) « su » en palier à partir de la vitesse initiale V_{\max} colonne (1), doit être inférieure ou égale à celle indiquée colonne (2).

Les prescriptions relatives aux performances en freinage maximal de service déterminées dans les conditions définies au § 5.2.1 et décrites dans le tableau A2.2 ci-après, sont les suivantes :

- La distance de ralentissement moyenne (calculée à partir de l'annexe F de la fiche UIC 544-1 pour les essais réalisés et à partir de a_e pour les notes de calcul) « $s_{r,ms}$ » en palier de la vitesse initiale V_{max} à 160 km/h, doit être inférieure à celle indiquée colonne (4).
- La distance d'arrêt moyenne (calculée à partir de l'annexe F de la fiche UIC 544-1 pour les essais réalisés et à partir de a_e pour les notes de calcul) « s_{ms} » en palier à partir de la vitesse initiale V_{max} colonne (1), doit être inférieure ou égale à celle indiquée colonne (4).

Les prescriptions relatives à la déclivité sont :

- La déclivité de la pente maximale sur laquelle le train peut rouler à la vitesse V_{max} doit respecter la colonne (3). L'accroissement d'énergie en freinage du fait de l'augmentation de la distance d'arrêt sous l'effet de la pente, ne doit pas affecter les paramètres « frein » du train (efforts de freinage, temps de mise en action).

Tableau A2-2

Catégorie de train	Vitesse limite RT	Composition	$V_{init} \rightarrow V_{fin}$ (km/h)	$S_{u\ max}$ en palier	Déclivité max à 200 km/h (mm/m)	$S_{r\ ms}$ S_{ms} max en palier (m)	Circulation
			(1)	(2)	(3)	(4)	
V200	V200	7 véhicules ou +	200 → 0	1940	5		Type A
			170 → 0	1250			
			200 → 160			1220	
			160 → 0	1110		1320	
V200	V200 (*)	5 ou 6 véhicules	200 → 0	2030	5		Type B
			170 → 0	1340			
			200 → 160			1320	
			160 → 0	1190		1400	

Les chiffres entre parenthèses indiquent le n° de colonne.

(5) type A = ligne avec distance minimale d'annonce des signaux en palier de 1400 m ;

type B = ligne avec distance minimale d'annonce des signaux en palier de 1500 m

(*) autorisé uniquement sur les lignes dont la distance entre signal d'arrêt et signal d'annonce préannoncé est de 1500 mètres minimum en palier (ou l'équivalent selon les déclivités)

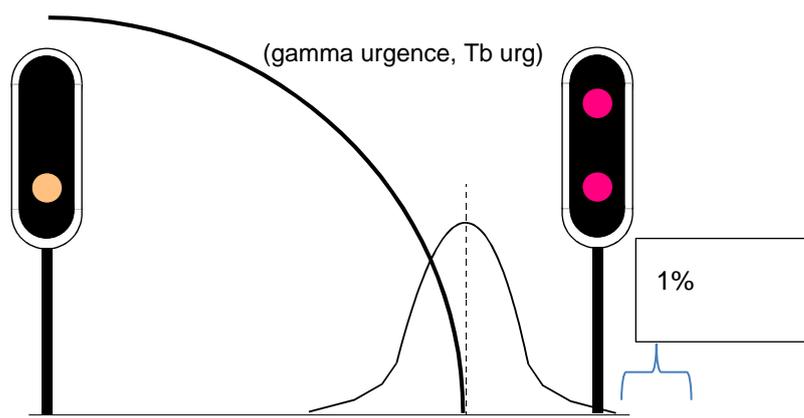
ANNEXE 3 Démonstration de la conformité par étude de sécurité

Cette annexe figure au titre des règles de l'art. Elle n'est pas directement prise en compte pour l'obtention d'une autorisation. Elle peut être utilisée notamment dans le cas où les recommandations de la SAM F005 (sans ses annexes) ne peuvent être satisfaites.

Les dépassements des distances d'arrêts sont tolérés sous réserve des points suivants :

- Les distances d'arrêt supérieures aux distances de cantonnement sont inacceptables.
- Une étude de sécurité doit être réalisée et prendre en compte notamment les critères de limite d'acceptabilité et les dispersions.
- L'acceptabilité de la performance de freinage atteinte par rapport aux cantonnements doit être démontrée.

Dans le cas du non-respect de la distance d'arrêt défini dans la colonne (2) des tableaux des chapitres 8.2.1 pour le matériel du parc spécialisé ou annexe 2 pour le matériel du parc ordinaire, de la SAM F005, il convient de vérifier, compte tenu de la dispersion globale du système de freinage, que la distance d'arrêt du train ne dépasse pas la longueur indiquée dans la colonne (6) de ces mêmes tableaux, pour la catégorie de train étudiée, dans plus de 1% des valeurs.



A3.1 Performances du train

Les hypothèses à prendre en compte vis-à-vis des performances du train sont les suivantes :

- Performance du train moyen vis-à-vis du freinage, c'est-à-dire égale aux performances nominales du matériel, pour une vitesse et une marge de disponibilité du frein données.
- Prise en compte des tolérances tel que défini au chapitre A.3.2.
- Prise en compte des dispersions tel que défini au chapitre A.3.3.

A3.2 Détermination des biais

Les biais caractérisent une dérive d'un ou plusieurs composants du train qui touche l'ensemble du parc d'une manière homogène.

Les biais à retenir pour la présente étude sont :

- biais résultant de la variation de l'information de pesée liée à l'usure des coussins ;
- biais résultant d'une mauvaise adhérence ;
- biais lié à l'humidité ;
- biais lié au diamètre de roues.

A3.2-1 Biais résultant de la variation de l'information de pesée

Ce biais n'est à prendre en compte que pour les matériels ayant leur freinage asservi à la charge. Il découle de l'hypothèse que les suspensions d'un élément et par extension du parc vont toutes se dégrader suivant la même loi de vieillissement.

A3.2-2 Biais lié à l'humidité et résultant d'une mauvaise adhérence

Le biais lié à l'humidité résulte de l'allongement de la distance d'arrêt lié à la diminution de la valeur des coefficients de frottement due à l'humidité.

L'allongement de la distance d'arrêt résultant du fonctionnement de l'anti-enrayeur, consécutif à une mauvaise adhérence, est obtenu suite aux essais dynamiques arrosés à 1% et 4% pour les différentes vitesses cibles.

La prise en compte dans le calcul, de la tolérance liée à l'humidité et à la mauvaise adhérence en freinage d'urgence, est détaillé en annexe 1 § A1.3.

A3.2-3 Biais lié au diamètre des roues

Les calculs et essais sont à réaliser avec des roues neuves, cas le plus péjorant en termes de performance de freinage.

A3.3 Détermination des dispersions

La distance d'arrêt tel que défini par la valeur nominale augmentée des tolérances présentées au chapitre A3.2 peut varier en fonction des dispersions propres aux équipements du système de freinage considéré.

Les dispersions à prendre en compte pour définir la dispersion totale sont :

- Dispersion sur la pression au cylindre de frein ;
- Dispersion sur le rendement des équipements de puissance de freinage ;
- Dispersion sur le temps de serrage ;
- Dispersion due à la variabilité des coefficients de frottement ;
- Dispersion due à l'incertitude sur la vitesse ;
- Dispersion sur l'effort de freinage dynamique ;
- Autres dispersions (sur la distance d'arrêt).

A3.3-1 Dispersion sur la pression au cylindre de frein

Il existe une possibilité qu'entre deux visites, au cours desquelles la maintenance vérifie que la pression au cylindre de frein est bien comprise dans la plage des tolérances définie dans son document de maintenance, celle-ci se trouve en dehors de sa tolérance.

Cette dispersion est à considérer au niveau globale train, est non au niveau de l'unité local de frein.

A3.3-2 Dispersion sur le rendement des équipements de puissance de freinage

La dispersion sur le rendement des équipements de puissance de freinage tient compte de la dégradation mécanique de ces derniers.

Cette dispersion est à considérer au niveau globale train, est non au niveau de l'unité local de frein.

A3.3-3 Dispersion sur le temps de serrage

La dispersion sur le temps de serrage caractérise l'évolution du temps de montée en pression au cylindre de frein dans la plage de tolérance du distributeur.

Dans les cas de matériels à temps de serrage court, la dispersion sur le temps de serrage est négligeable par rapport aux autres grandeurs. Il n'est pas nécessaire de la prendre en compte dans le calcul de dispersion total.

En revanche, pour les trains à temps de serrage long, cette dispersion est non négligeable et il convient de la prendre en considération dans les calculs.

A3.3-4 Dispersion due à la variabilité des coefficients de frottement

La variation du coefficient de frottement doit être prise en compte dans les calculs de dispersion.

La fiche UIC 541-3 admet une variation maximale de la valeur du coefficient de frottement des semelles et des garnitures de $\pm 15\%$.

Dans le cas où une plage de variation plus restrictive est utilisée pour les calculs, il convient de démontrer l'applicabilité de cette tolérance au cas étudié.

A3.3-5 Dispersion due à l'incertitude sur la vitesse

Cette dispersion exprime les erreurs sur la vitesse réelle du train résultant des dérives ou des imprécisions de mesure effectuées par la centrale d'acquisition vitesse. Dans ces conditions cette dernière peut fournir une information qui sous évalue la vitesse réelle du train et augmente par conséquent la distance d'arrêt. Le déclenchement des automatismes de sécurité destinés à provoquer un freinage d'urgence est par ailleurs retardé sur les matériels équipés d'automatismes.

A3.3-6 Dispersion sur l'effort de freinage dynamique

La dispersion sur l'effort du au frein dynamique n'est à prendre en compte que si ce dernier participe à la performance du freinage d'urgence.

Cette dispersion caractérise une surévaluation par la conjugaison de la mesure de l'effort dynamique réalisé ce qui entraîne un effort de retenue total inférieur à l'effort théorique.

Cette dispersion est à considérer au niveau global train, et non au niveau de l'unité locale de frein.

A3.3-7 Autres dispersions sur la distance d'arrêt

Cette dispersion regroupe tous les facteurs propres à la chaîne d'action du frein. Elle prend notamment en compte l'influence sur la performance des effets thermiques sur les matériaux de frottement ainsi que la réponse de l'anti-enrayeur sous adhérence dégradée. Cet indicateur est basé sur les résultats d'essais dynamiques représentatifs des vitesses d'exploitation pratiquées par le matériel.

La dispersion est à calculer pour tous les états de charge et pour toutes les vitesses représentatives.

A3.4 Eléments constitutifs du dossier

Afin de justifier le respect de ce critère par le train étudié, il convient d'apporter un certain nombre de pièces justificatives.

A3.4-1 Justification des tolérances

Les valeurs des tolérances, définies au chapitre A3.2, utilisées pour le calcul de distance d'arrêt sont à justifier par la présentation du calcul et des hypothèses prises en compte.

A3.4-2 Justification des dispersions élémentaires

Les dispersions élémentaires, définies au chapitre A3.3, utilisées pour le calcul de la dispersion globale du train vis-à-vis de la distance d'arrêt sont à justifier de la manière suivante :

- Justification du calcul utilisé pour chaque dispersion élémentaire, y compris l'aspect réglage et maintenance.

- Hypothèses prises en compte pour la détermination de chaque dispersion élémentaire. Par exemple, le nombre d'écart type retenus.

A3.4-3 Justification de la dispersion globale

La dispersion globale résultante des dispersions élémentaires présentées précédemment est à justifier de la manière suivante :

- Explication de la méthode utilisée pour la détermination de la dispersion globale.
- Vérification du respect du critère du 1% des valeurs au-delà du canton.

Freinage Maximal de service : Réserve

ANNEXE 4 Définitions associées aux exigences de sécurité

Cette annexe figure au titre des règles de l'art. Elle n'est pas directement prise en compte pour l'obtention d'une autorisation.

Cette annexe décrit les fonctions du système de freinage de référence de la majorité des matériels circulant sur le RFN. Cette spécification est issue du retour d'expérience en matière de sécurité et de fiabilité du système de freinage. Elle peut aider et orienter les concepteurs vers une architecture éprouvée.

A4.1 Description du système

Pour permettre d'engager l'examen de la conformité vis-à-vis des événements redoutés, le dossier technique d'autorisation remis devra impérativement inclure une description fonctionnelle et organique du système de freinage permettant de faire apparaître les sous-systèmes de freinage, et les liens entre eux ainsi qu'avec les autres systèmes.

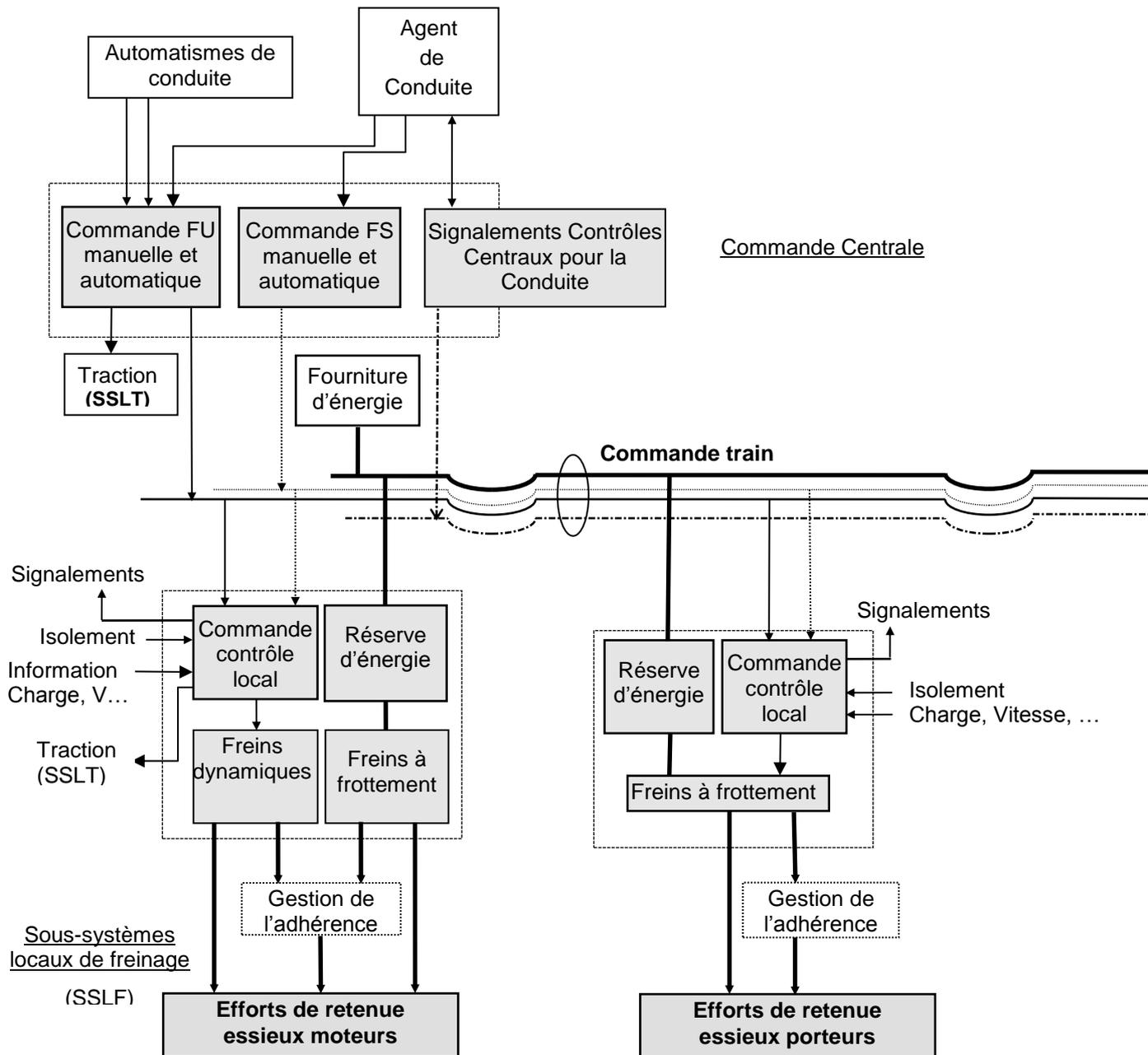
Cette description devra se calquer le plus possible sur l'architecture décrite ci-après.

Le système de freinage, représenté dans son principe par la figure n°A4.1, se divise en plusieurs sous-systèmes :

- La commande centrale de conduite (CCC) du frein de service, d'urgence et d'immobilisation à disposition du conducteur et des automatismes de conduite (Contrôle de vitesse...).
- Les signalements et contrôles centraux pour la conduite (SCC) : les lampes de signalisation d'état (exemple, frein en surcharge), les manomètres éventuels, les écrans de conduite, les signalements de défauts...
- Les autres commandes centrales de freinage (ACC) (non représentés sur fig. A4.1) : ces commandes dans le train peuvent actionner le frein comme **par exemple**
 - des déclencheurs commandés par des surveillances ;
 - des signaux d'alarme à disposition des voyageurs.
- La commande train (CT) dont le rôle est d'acheminer :
 - la commande du freinage d'urgence ;
 - la commande du freinage de service ;
 - éventuellement, la commande du freinage d'immobilisation ;
 - éventuellement, l'énergie de freinage (lorsque celle-ci n'est pas produite sur le véhicule lui-même), et les informations de contrôle et de signalement du système de freinage (non représentées sur fig.1) entre les commandes locales et la commande centrale.
- Des sous-systèmes locaux de freinage (SSLF) en général sous la dépendance de la CT, chargés de réaliser la commande et le contrôle en local et de générer l'effort de retenue. Ils forment la plus petite entité indépendante par véhicule, par bogie ou par essieu.
- Des sous-systèmes locaux de traction en interface avec le système de freinage (SSLT) chargés de réaliser le contrôle et la commande locaux de la traction (exécution exclue). Ils forment la plus petite entité indépendante de commande de la chaîne de traction par véhicule, par bogie ou par essieu.

A4.1-1 Architecture type d'un système de freinage

Figure A4.1



A4.1-2 Principales fonctions du système de freinage

Le système de freinage par principe comprend plusieurs fonctions dont les principales, pour l'étude de sûreté de fonctionnement, sont définies ci-dessous :

- Fonction 1. Réaliser (commander et exécuter) les freinages d'urgence déclenchés par :
 - Le conducteur
 - Les automatismes (tels que le contrôle de vitesse, la répétition des signaux, etc.).

- Fonction 2. Réaliser (commander et exécuter) les freinages de service déclenchés par :
 - Le conducteur en frein automatique, frein dynamique, frein direct ou autre
 - Eventuellement les automatismes.

- Fonction 3. Réaliser les freinages de maintien en forte pente.

- Fonction 4. En cas de perte de l'intégrité au niveau de la commande train (CT) provoquer automatiquement un freinage maximal de service tel que défini dans ce document.

- Fonction 5. En cas d'action du signal d'alarme à freinage inhibable, provoquer un freinage de service.

- Fonction 6. Réaliser l'immobilisation du train :
 - En ligne ;
 - Pour recherche de fuites CG sur les matériels à commande pneumatique ;
 - En stationnement ;
 - Lors de l'essai de frein.

- Fonction 7 : Réaliser un asservissement de coupure de la traction aux freinages de service et d'urgence

Les exigences associées à ces fonctions et à respecter pour tout matériel roulant sont :

- la continuité pour les fonctions 1 à 6 : c'est l'aptitude à transmettre les commandes de freinage jusqu'aux deux extrémités du convoi ;
- l'automatisme : reprise par la fonction 4 ;
- la modérabilité pour les fonctions 2 et 3 ;
- l'inépuisabilité pour les fonctions 1 à 3.

A4.2 Utilisation du système de freinage

Selon les situations d'exploitation du matériel roulant (voir ci-dessous), le système de freinage est utilisé différemment.

A4.2-1 Les phases d'exploitation du train

- mise en service du train ;
- accouplement/désaccouplement ;
- essais des freins ;
- stationnement train en service, conducteur en cabine, sur voie de service ;
- traction ;
- marche sur l'erre ;
- freinage ;
- maintien de vitesse ;
- arrêt en ligne ;
- secours par un autre train ou une autre locomotive ;

- dépannage du train en ligne ;
- mise hors service du train ;
- stationnement du train hors service.
- En UM

Cas particuliers des éléments automoteurs et des automotrices :

- stationnement du train en service sans conducteur sur voie de service.

Cas particuliers des locomotives :

- en véhicule ;
- circulation locomotive seule ;
- en réversibilité ;
- en double traction (deux locomotives, chacune commandées depuis une de leurs cabines) ;
- en pousse.

En fonction de ces situations, le système de freinage peut être dans l'une ou l'autre des phases de fonctionnement définies ci-dessous. Pour chaque phase de fonctionnement, les risques associés font l'objet d'événements redoutés.

A4.2-2 Les phases de fonctionnement du système de freinage

- initialisation (mise en service, remplissage, essai des freins) ;
- marche ;
- freinage de service ;
- freinage d'urgence ;
- desserrage ;
- freinage d'immobilisation.

A4.3 Définitions des niveaux de criticité

Les événements redoutés sont définis par leur classe de gravité, leur classe d'occurrence et leur niveau de criticité.

Les définitions suivantes sont à appliquer si elles ne sont pas précisées dans un cahier des charges. Si des définitions différentes sont envisagées, elles doivent être déclarées de manière à être prise en compte dans les études de Sdf.

Toute nouvelle définition des classes de gravité et d'occurrences doit cependant être homogène pour l'ensemble du train ou du système retenu.

A4.3.1 Profil de mission

Par défaut, en l'absence de données relatives au matériel roulant, la durée de vie estimée du matériel roulant est de 30 ans et les éléments du Tableau A4.1 ci-dessous, sont à adopter comme hypothèse pour les calculs de sûreté de fonctionnement.

Tableau A4.1

Type de matériel roulant	Durée moyenne journalière de l'exploitation = durée de mission (heures)	Nombre de jours de mission par an	Parcours annuel moyen (km)	Vitesse maximale par défaut (km/h)
Train à grande vitesse	8	355	500 000	300
Automoteur banlieue	12	325	100 000	140
Automoteur régional	6	325	150 000	160
Locomotive Voyageurs	8	345	250 000	160
Locomotive Fret	10	340	250 000	140
Locomotive Manœuvre	6	325	20 000	100
Voiture voyageurs	7	355	200 000	160
Wagon	6	150	Selon type d'exploitation	-

A4.3-2 Classes de gravité

Tableau A4.2 : classe de gravité des évènements redoutés

Classes de gravité	Caractérisation (selon EN 50126)	Exemples	Equivalents règlement 402-2013
- 4 - Catastrophique	<ul style="list-style-type: none"> - Des morts et/ou plusieurs personnes gravement blessées et/ou des dommages majeurs pour l'environnement. 	<ul style="list-style-type: none"> - Arrêt impossible, - Déraillement (suite à blocage d'essieu, ou non rotation d'essieu non détectés), - Dérive du train en forte pente. 	Les décès et/ou les blessures graves multiples et/ou les dommages importants à l'environnement résultant d'un accident.
- 3 - Critique (grave)	<ul style="list-style-type: none"> - Un mort et/ou une personne grièvement blessée et/ou des dommages graves pour l'environnement. 	<ul style="list-style-type: none"> - Perte du frein de service pour les trains de fret, - Enrayage de tous les essieux du train lors d'un freinage en condition normale, - Perte d'un SSLF à fort taux de contribution à la performance de freinage train, - Perte de performance débordant les marges de sécurité (distance d'arrêt en urgence supérieure au cantonnement). 	
- 2 - Marginal	<ul style="list-style-type: none"> - Blessures légères et/ou menace grave pour l'environnement - Entraîne le signalement d'un défaut majeur (?) complémentaire. 	<ul style="list-style-type: none"> - Perte d'un SSLF à faible taux de contribution à la performance de freinage train, - Perte de performance incluse dans les marges de sécurité, - Défaut système anti-enrayeur signalé dans un train comportant moins de 10 SSLF ou dans un train apte à une vitesse supérieure à 160 km/h. 	
- 1 - Insignifiant	<ul style="list-style-type: none"> - Eventuellement une personne légèrement blessée - Sans conséquence importante sur les fonctions principales du frein, - Pas ou très faible incidence sur les distances d'arrêt, - Entraîne le signalement d'un défaut mémorisé pour la maintenance. 	<ul style="list-style-type: none"> - Défaut système anti-enrayeur sur des véhicules circulant à $V \leq 160$ dans un train comportant 10 SSLF au moins, - Perte d'une information pesée sur un train de marchandises. 	

A4.3-3 Classes d'occurrence

Dans ce document, les objectifs quantitatifs spécifiés pour un évènement redouté sont exprimés par le taux d'occurrence de cet évènement en occurrences par heure de mission. Ce taux d'occurrence est déterminé par la limite, si elle existe, du quotient de la probabilité conditionnelle pour que l'instant T d'une occurrence de l'évènement redouté soit compris dans un intervalle de temps donné (t, t+Δt) par la durée Δt de l'intervalle

de temps lorsque Δt tend vers zéro, en supposant que l'entité soit disponible au début de l'intervalle de temps, dans les SAM appelé aussi : probabilité d'occurrence par heure de mission. Ce taux d'occurrence est obtenu à partir des taux de défaillance des éléments constitutifs (pannes latentes par heure) du système de freinage et des temps de latence associés dont les défaillances concourent à l'obtention de l'événement redouté.

Ces objectifs quantitatifs sont définis en considérant comme hypothèse les durées de mission reprises dans le Tableau A4.1. Dans l'éventualité d'une durée de mission réelle du matériel roulant en écart notable avec celle prise comme hypothèse au Tableau A4.1, les objectifs quantitatifs des événements redoutés pourront être révisés afin de maintenir constante la probabilité d'occurrence de l'événement redouté indépendante de la durée de mission.

En fonction de l'importance de la probabilité d'occurrence d'un événement redouté, on définit des classes d'occurrence qui seront utilisées dans le paragraphe suivant pour la détermination de la grille de criticité de référence (Tableau A4.4).

Tableau A4.3 : Classe d'occurrence en fonction de la probabilité d'occurrence par heure

Classe	Probabilité d'occurrence par heure de fonctionnement (P)
- A - Fréquent	$P > 10^{-3}$
- B - Occasionnel	$10^{-5} < P \leq 10^{-3}$
- C - Rare	$10^{-7} < P \leq 10^{-5}$
- D - Improbable	$10^{-9} < P \leq 10^{-7}$
- E - Extrêmement improbable	$P \leq 10^{-9}$

A4.3-4 Grille de criticité de référence

Cette grille a été déterminée sur la base de la norme EN 50126.

Tableau A4.4 : criticités de référence

	- A - Fréquent	- B - Occasionnel	- C - Rare	- D - Improbable	- E - Extrêmement improbable
Probabilité d'occurrence par heure	$P > 10^{-3}$	$10^{-5} < P \leq 10^{-3}$	$10^{-7} < P \leq 10^{-5}$	$10^{-9} < P \leq 10^{-7}$	$P \leq 10^{-9}$
- 4 - Catastrophique	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable	Acceptable
- 3 - Critique	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable	Acceptable	Acceptable
- 2 - Marginal	Inacceptable	Inacceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable
- 1 - Insignifiant	Inacceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable

Fiche d'identification

Référentiel	Matériel
Titre	Performances de freinage du matériel roulant sur les lignes équipées de signalisation au sol
Référence	SAM F005
Date d'édition	20/01/2017

Historique des versions			
Numéro de version	Date de version	Date d'application	Objet
1	04/07/2012	04/07/2012	Reprise de l'IN 2761 par l'EPSF.
2	20/01/2017	20/01/2017	Mise en cohérence avec les STI, les normes EN et la recommandation RC A-B 7a n° 1. Intégration des nouveaux codes de composition et mise à jour des performances de freinage. Recentrage sur le périmètre géré dans le cadre des autorisations.

Résumé
Cette recommandation présente les dispositions minimales et nécessaires relatives aux fonctions du matériel roulant intervenant dans les performances de freinage d'arrêt et de ralentissement sur les lignes équipées de signalisation latérale classique du réseau ferré national.

Textes abrogés	Textes interdépendants
SAM F005 version 1 du 04/07/2012	

Entreprises concernées	Toutes les entreprises ferroviaires
Lignes ou réseaux concernés	RFN et réseaux comparables

Pour toute question ou remarque relative à ce texte, veuillez utiliser le formulaire de contact du site Internet de l'EPSF en cliquant sur le logo ci-dessous :



en sélectionnant le sujet « Les documents de l'EPSF » et en indiquant la référence de ce texte dans le message.

Division Règles et Référentiels
Établissement public de sécurité ferroviaire – Direction des Référentiels
60, rue de la Vallée – CS 11758 - 80017 AMIENS Cedex