

Référentiels EPSF

Recommandation

Matériel

Moyen acceptable de conformité

# Captage

## Interaction pantographe / ligne aérienne de contact

**SAM E 903**

Applicable sur RFN

Version n°3

Édition du 22 janvier 2018

Applicable à partir du 1<sup>er</sup> février 2018



## Sommaire

---

Avant-propos .....	5
1. Objet et domaine d'application .....	5
2. Référentiel .....	6
2.1. Textes réglementaires.....	7
2.2. Normes .....	7
2.3. Autres .....	8
3. Abréviations .....	9
4. Définitions .....	10
5. Dispositions techniques et fonctionnelles .....	12
5.1. Introduction .....	12
5.2. Dispositions pour le captage sous caténaire à courant alternatif 25 kV .....	12
5.2.1. Soulèvement du fil de contact au droit des supports .....	12
5.2.2. Butée pour emprunt des LGV .....	12
5.2.3. Amplitude de débattement du pantographe .....	13
5.2.4. Qualité de captage .....	13
5.2.5. Distance de captage vrai .....	13
5.3. Dispositions pour le captage sous caténaire à courant continu 1 500 V .....	13
5.3.1. Soulèvement du fil de contact au droit des supports .....	13
5.3.2. Amplitude de débattement du pantographe .....	13
5.3.3. Qualité de captage .....	14
5.3.4. Distance de captage vrai .....	14
5.4. Dispositions pour le captage sous lignes aériennes de contact seules en courants alternatif 25 kV et continu 1 500 V.....	14
5.4.1. Introduction.....	14
5.4.2. Caractéristiques de la ligne aérienne de contact 25 kV.....	14
5.4.3. Caractéristiques de la ligne aérienne de contact 1 500 V .....	14
5.4.4. Soulèvement du fil de contact au droit des supports.....	14
5.4.5. Amplitude de débattement du pantographe .....	15
5.4.6. Qualité de captage .....	15
5.4.7. Distance de captage vrai .....	15
5.5. Profilé Aérien de Contact (PAC) en courants alternatif et continu.....	15
5.6. Captage à l'arrêt en courant continu 1 500 V .....	15
5.6.1. Sélection des échantillons de bandes carbone .....	15
5.6.2. Conditions de réalisation des essais .....	16
5.6.3. Conservation des échantillons .....	16
5.7. Montée et descente des pantographes .....	16
5.7.1. Temps de montée.....	16
5.7.2. Temps de descente .....	17

5.8.	Force de planage .....	17
5.9.	Bandes de frottement.....	17
5.9.1.	Géométrie.....	17
5.9.2.	Matériau .....	17
5.10.	Profil des archets .....	17
5.10.1.	Contrôle du profil général.....	18
5.10.1.1.	Sous l'effort statique appliqué au centre de l'archet .....	18
5.10.1.2.	Sous l'effort moyen à la vitesse maximale .....	18
5.10.2.	Contrôle sous enfoncement complet.....	19
5.11.	Distances et liaisons équipotentiels inter-pantographes .....	19
6.	Essais et procédures de vérification.....	20
6.1.	Général.....	20
6.2.	Force de contact sous ligne aérienne de contact 25 kV .....	20
6.3.	Force de contact sous ligne aérienne de contact 1 500 V .....	20
6.4.	Conditions de réalisation des essais de captage sous 25 kV .....	21
6.5.	Conditions de réalisation des essais de captage sous 1 500 V .....	22
6.5.1.	Choix du site d'essai.....	22
6.5.2.	Essais avec simulation de température dans la ligne aérienne de contact.....	22
6.5.3.	Essai sans simulation de température dans la ligne aérienne de contact.....	23
6.5.4.	Cas de la caténaire Midi .....	23
6.6.	Surveillance du captage.....	23
7.	Sécurité.....	24
8.	Vérification de conformité.....	25

Annexe 1 – Archets

Annexe 2 – Aperçu de différents types de systèmes de lignes aériennes de contact

## Avant-propos

---

Cette recommandation a valeur de moyen acceptable de conformité (MAC). Conformément aux dispositions de l'article 4.I de l'arrêté du 19 mars 2012 *fixant les objectifs et méthodes des indicateurs de sécurité et la réglementation technique de sécurité et d'interopérabilité applicable sur le réseau ferré national*, l'application 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 à l'article 4. III de l'arrêté susmentionné.

## 1. Objet et domaine d'application

---

Cette recommandation présente les démonstrations liées au captage (interaction entre le pantographe et la ligne aérienne de contact) permettant d'attester que les matériels roulants moteurs équipés d'au moins un pantographe, y compris les trams-trains, satisfont à la réglementation.

Elle reprend notamment les cas spécifiques cités aux paragraphes 7.3.2.11, 7.3.2.14, 7.3.2.15 et 7.3.2.16 de la STI Loc&Pas (Règlement (UE) n° 1302/2014).

Cette nouvelle version fait suite aux travaux de mise à jour des règles techniques nationales, conduits à l'initiative de la Commission européenne et de l'Agence de l'Union européenne pour les chemins de fer. Elle prend en compte les dernières versions des STI et des normes appelées.

Elle constitue un moyen acceptable de conformité vis-à-vis de l'article 49 e) de l'arrêté du 19 mars 2012 :

*« 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 :*

*e) Les caractéristiques des pantographes permettent une alimentation ininterrompue en énergie pour la traction et, le cas échéant, pour le freinage par récupération. Les efforts imposés par les pantographes à la caténaire sont compatibles avec ses caractéristiques géométriques et mécaniques ; »*

## 2. Référentiel

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 la présente SAM qui s'applique.

### 2.1. Textes réglementaires

Lien	Titre
	Règlement (UE) n° 1301/2014 de la Commission du 18 novembre 2014 concernant les spécifications techniques d'interopérabilité relatives au sous-système « énergie » du système ferroviaire de l'Union
	Règlement (UE) n° 1302/2014 de la Commission du 18 novembre 2014 concernant une 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
	Arrêté du 19 mars 2012 fixant les objectifs et méthodes des indicateurs de sécurité et la réglementation technique de sécurité et d'interopérabilité applicable sur le réseau ferré national
	RFN-NG-TR 02 B-01-n°001 - Engins moteurs électriques - Utilisation des pantographes

### 2.2. Normes

Référence	Date	Titre
EN 15273-1 + A1	07/07/2017	Applications ferroviaires – Gabarits Partie 1 : généralités – Règles communes à l'infrastructure et au matériel roulant
EN 15273-2	07/07/2017	Applications ferroviaires – Gabarits Partie 2 : gabarit du matériel roulant
EN 15273-3	24/08/2013	Applications ferroviaires – Gabarits Partie 3 : gabarit des obstacles
EN 50119	01/04/2010	Applications ferroviaires – Installations fixes Lignes aériennes de contact pour la traction électrique
EN 50149	02/02/2013	Applications ferroviaires – Installations fixes – Traction électrique Fils rainurés en cuivre et cuivre allié

EN 50206-1	01/03/2011	Applications ferroviaires – Matériel roulant – Pantographes : caractéristiques et essais – Partie 1 : pantographes pour véhicules grandes lignes
EN 50317	19/01/2013	Applications ferroviaires – Systèmes de captage de courant – Prescriptions et validation des mesures de l'interaction dynamique entre le pantographe et la caténaire
EN 50318	01/12/2002	Applications ferroviaires – Systèmes de captage du courant – Validation des simulations de l'interaction dynamique entre le pantographe et la caténaire
EN 50367	05/07/2013	Applications ferroviaires – Systèmes de captage de courant – Critères techniques d'interaction entre le pantographe et la ligne aérienne de contact (réalisation du libre accès)
EN 50405	05/05/2017	Applications ferroviaires – Systèmes de captage de courant Méthodes d'essais des bandes de frottement en carbone des pantographes

### 2.3. Autres

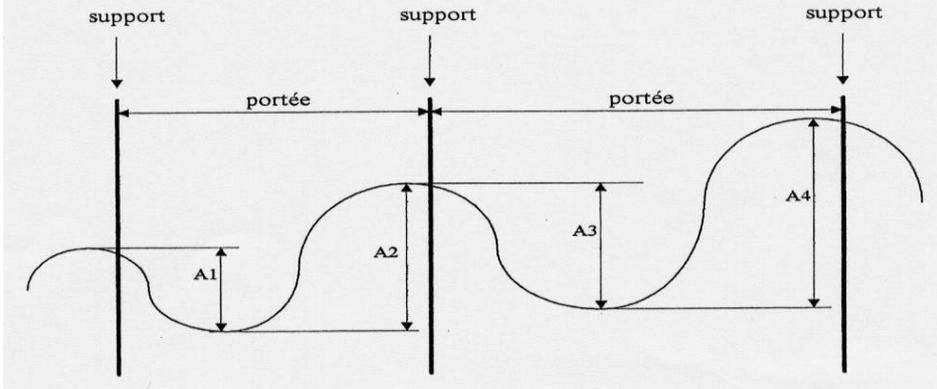
Type	Titre
	SAM X 009 « Reconnaissance des résultats d'essai »

### 3. Abréviations

---

A	AC	Alternative Current (courant alternatif)
	ADD	Automatic Dropping Device
D	DC	Direct Current (courant continu)
	DCV	Distance de captage vrai
E	EF	Entreprise ferroviaire
	ER	Événement redouté
G	GI	Gestionnaire d'infrastructure
H	HT	Haute tension
L	LAC	Ligne aérienne de contact
	LC	Ligne conventionnelle
	LGV	Ligne à grande vitesse
M	MAC	Moyen acceptable de conformité
P	PAC	Profil aérien de contact
R	RFN	Réseau ferré national
S	SAM	Spécification d'autorisation du matériel
	STI	Spécification technique d'interopérabilité

## 4. Définitions

Terme	Définition
Amplitude du débattement du pantographe	<p>Grandeur crête à crête du déplacement vertical de l'archet [STI Loc&amp;Pas (Règlement (UE) n° 1302/2014) voir clause 4.2.8.2.9.1 + STI ENE 1301/2014 voir clause 4.2.9.1]</p>  <p>A1, A2, A3 et A4 : mesure des amplitudes de débattement du pantographe sur deux portées caténaire</p>
Angle de transition $\alpha$	Angle par rapport à l'horizontale passant par le point de tangence entre la partie mobile et la partie fixe d'un archet à bandes indépendantes, selon la norme EN 50367
Caténaire	Système de ligne aérienne de contact constitué de la ligne aérienne de contact, des câbles porteurs, des feeders, des pendules, de toutes pièces intercalées entre ces éléments et des isolateurs séparant les parties sous tension des supports ou les caténaires entre elles.
Caténaire Midi	<p>Caténaire 1 500 V de l'ancien réseau de la Compagnie des chemins de fer du Midi. Les lignes équipées de ce type de caténaire sont précisées au DRR (Document de Référence du Réseau), annexe 6.5 dans la version de 2017, disponible sur le site Internet de SNCF Réseau. La caténaire Midi peut équiper les voies principales et les voies de service.</p> <p>Cette caténaire se caractérise par l'absence de bras de rappel et est inclinée dans les courbes. Elle peut être « régularisée » ou « modernisée ».</p>
Distance de captage vrai	Distance pendant laquelle le courant capté par le pantographe est supérieur à 30% du courant nominal (voir la norme EN 50317 § 3.19 pour la définition du courant nominal)
Ligne aérienne de contact	<p>Ligne de contact placée au-dessus ou à côté de la limite supérieure du gabarit des unités motrices et alimentant des unités motrices en énergie électrique par l'intermédiaire d'organes de captage du courant montés sur le toit (définition de la norme EN 50119).</p> <p>La ligne aérienne de contact (LAC) peut être utilisée au sein d'une caténaire ou seule (voies de service, voies principales n'autorisant que des vitesses relativement réduites). Dans ce dernier cas, elle n'est pas suspendue par câbles porteurs ou pendules ; elle peut être équipée de suspensions delta.</p>

Terme	Définition
Ligne à grande vitesse	Ligne dont la vitesse de circulation commerciale dépasse 220 km/h
Profilé aérien de contact	Rail rigide composé d'un fil de contact en cuivre serti dans une poutre en aluminium
Qualité de captage	La qualité de captage est définie par le pourcentage d'arcs NQ, tel que défini dans la norme EN 50367
Soulèvement du fil de contact	Différence de hauteur du fil de contact, au droit du support, entre sa position dynamique due au passage de l'archet et sa position statique (au repos), mesurée juste avant le passage de l'engin considéré [§ 4.2.12 STI ENE (Règlement (UE) n° 1301/2014)]
Système de ligne aérienne de contact	Système de ligne de contact utilisant une ligne aérienne de contact pour alimenter en courant des unités motrices (définition de la norme EN 50119)
Température et échauffement du fil de contact	Valeur maximale de la température et de l'échauffement dans le(s) fil(s) de contact au droit du point de contact avec les bandes de frottement à l'arrêt (selon norme EN 50367). Cela concerne essentiellement les lignes aériennes de contact à courant continu 1 500 V.

Voir en annexe 2 l'illustration de certaines définitions.

## 5. Dispositions techniques et fonctionnelles

### 5.1. Introduction

Ce chapitre 5 précise les dispositions techniques et fonctionnelles à prendre en compte pour assurer une bonne qualité de captage. Les paragraphes 5.2. à 5.6. détaillent les paramètres à prendre en compte selon le type d'alimentation (tension et type de système de ligne aérienne de contact) ; les paragraphes 5.7. à 5.11. sont à considérer quel que soit le type d'alimentation.

Pour les paragraphes 5.2. à 5.6. ci-dessous, les valeurs s'entendent dans les conditions suivantes :

- soulèvements de la ligne aérienne de contact : les valeurs limites sont à respecter en voie courante, en dehors des zones d'aiguillages, équipements tendeurs, ponts-route, etc...
- amplitudes de débattement du pantographe : les valeurs limites sont à respecter en voie courante, en dehors des zones d'aiguillages, équipements tendeurs, ponts-route, etc...
- mesure des arcs : l'engin doit être en situation nominale de fonctionnement, en particulier avoir 100% des blocs moteurs en service.

Contactez le gestionnaire d'infrastructure pour la mesure des efforts décrits ci-dessous.

### 5.2. Dispositions pour le captage sous caténaire à courant alternatif 25 kV

#### 5.2.1. Soulèvement du fil de contact au droit des supports

Le tableau B.5 de la norme EN 50367 est applicable. Il est complété comme suit pour les vitesses supérieures à 220 km/h :

Vitesse (km/h)	FR		
	$v \leq 160$	$160 < v \leq 220$	$> 220$
Soulèvement maximal autorisé du fil de contact au support (mm)	Selon norme (pour mémoire : 80)	Selon norme (pour mémoire : 120)	120

#### 5.2.2. Butée pour emprunt des LGV

Les pantographes 25 kV des engins à grande vitesse dont l'effort moyen de contact dépasse celui défini dans la STI ENE 1301/2014 au § 4.2.11, qui renvoie au tableau 6 de la norme EN 50367 (ligne  $F_{m\max}$  (N) et colonne  $v > 200$  km/h courant alternatif), doivent être équipés d'une butée limitant le développement du pantographe à une hauteur maximale de 5,28 mètres au-dessus du rail.

Cette butée permet d'éviter le passage de la caténaire sous le pantographe par fort vent sur ligne à grande vitesse.

La valeur de hauteur de l'archet par rapport au rail s'entend dans les conditions suivantes : engin en ordre de marche (suspension pneumatique à sa hauteur nominale si l'engin en dispose), muni de roues neuves, de bandes de frottement d'archet neuves, avec leur système de suspension en butée haute.

### 5.2.3. Amplitude de débattement du pantographe

Les amplitudes du déplacement vertical du point de contact sont vérifiées selon la norme EN 50317 (chapitre 8). Les valeurs du tableau ci-dessous ne doivent pas être dépassées.

Vitesse (km/h)	$v \leq 160$	$160 < v \leq 220$	$v > 220$
Amplitude maximale de débattement du pantographe (mm)	150	100	80

### 5.2.4. Qualité de captage

La qualité du captage est évaluée au moyen des taux d'arc. Les taux à respecter sont définis par la norme EN 50367 (tableau 7).

### 5.2.5. Distance de captage vrai

Sur le RFN, il est accepté que les distances de captage vrai (DCV) soient inférieures à celles spécifiées dans la norme EN 50317 § 9.5.

La distance de captage vrai (DCV) devra respecter les valeurs suivantes :

Vitesse (km/h)	$v \leq 220$	$v > 220$
Distance minimale de captage vrai (m)	$\geq 3\ 000$	$\geq 5\ 000$

## 5.3. Dispositions pour le captage sous caténaire à courant continu 1 500 V

Conditions de température : voir § 6.5.

### 5.3.1. Soulèvement du fil de contact au droit des supports

Le tableau B.6 de la norme EN 50367 est applicable (valeur pour mémoire : 80 mm).

### 5.3.2. Amplitude de débattement du pantographe

Les amplitudes du déplacement vertical du point de contact à vérifier selon l'EN 50317 devront respecter les valeurs suivantes :

Vitesse (km/h)	$v \leq 160$	$160 < v \leq 220$
Amplitude maximale de débattement du pantographe (mm)	150	100

### **5.3.3. Qualité de captage**

La qualité du captage est évaluée au moyen des taux d'arc. Les taux à respecter sont définis par la norme EN 50367 (tableau 7).

### **5.3.4. Distance de captage vrai**

Sur le RFN, il est accepté que les distances de captage vrai (DCV) soient inférieures à celles spécifiées dans la norme EN 50317 § 9.5. La distance de captage vrai (DCV) devra être au minimum de 3 000 m.

## **5.4. Dispositions pour le captage sous lignes aériennes de contact seules en courants alternatif 25 kV et continu 1 500 V**

### **5.4.1. Introduction**

Les caractéristiques des lignes aériennes de contact seules (sans câbles porteurs, pendules, etc.) en 25 kV et 1 500 V à considérer sont décrites aux paragraphes 5.4.2 et 5.4.3. Les valeurs de soulèvement, de débattement et de qualité de captage (paragraphes 5.4.4 à 5.4.6) s'entendent pour des lignes aériennes de contact telles que décrites ci-dessous et sont identiques pour les deux tensions d'alimentation.

Pour une ligne aérienne de contact de conception différente, un examen spécifique du gestionnaire d'infrastructure devra être réalisé.

### **5.4.2. Caractéristiques de la ligne aérienne de contact 25 kV**

La validation du captage sous ligne aérienne de contact en 25 kV AC se fait avec une ligne présentant les caractéristiques suivantes :

- fil de contact de 150 mm<sup>2</sup> tendu à 1 800 daN ;
- régularisation en température des fils de contact de -20°C à +50°C ;
- deltas de suspensions égaux à 10 mètres ;
- vitesse maximale d'exploitation : 100 km/h.

### **5.4.3. Caractéristiques de la ligne aérienne de contact 1 500 V**

La validation du captage sous ligne aérienne de contact en 1 500 V DC se fait avec une ligne présentant les caractéristiques suivantes :

- un ou deux fils de contact de 150 mm<sup>2</sup> tendus à 1 500 daN ;
- régularisation en température des fils de contact de -20°C à +50°C ;
- deltas de suspensions égaux à 4 mètres ;
- vitesse maximale d'exploitation : 100 km/h.

### **5.4.4. Soulèvement du fil de contact au droit des supports**

La mesure des soulèvements n'est pas exigée du fait du retour d'expérience ayant montré des valeurs extrêmement faibles.

Si les caractéristiques de la ligne aérienne de contact diffèrent de celles définies ci-dessus, la mesure de soulèvement peut être nécessaire (à convenir entre l'EF et le GI). La valeur limite S0 à respecter est définie dans la norme EN 50119 (§ 5.10.2.).

#### **5.4.5. Amplitude de débattement du pantographe**

L'amplitude de débattement du pantographe ne doit pas dépasser 300 mm.

#### **5.4.6. Qualité de captage**

La qualité du captage est évaluée au moyen des taux d'arc. Les taux à respecter sont définis dans la norme EN 50367 (tableau 7).

#### **5.4.7. Distance de captage vrai**

Sur le RFN, il est accepté que les distances de captage vrai (DCV) soient inférieures à celles spécifiées dans la norme EN 50317 § 9.5. La distance de captage vrai (DCV) devra être au minimum de 3 000 m (vitesse maximale : 100 km/h).

### **5.5. Profilé Aérien de Contact (PAC) en courants alternatif et continu**

Aucune disposition particulière n'est applicable aujourd'hui aux profilés aériens de contact, en raison du recul insuffisant sur cette technique.

Pour information, quelques tronçons sont équipés de PAC sur les lignes RFN suivantes (liste non nécessairement exhaustive) :

- en 25 kV, ligne du Haut-Bugey et environs de Bellegarde ;
- en 1 500 V, partie centrale du RER C (Champ-de-Mars – Paris Austerlitz).

### **5.6. Captage à l'arrêt en courant continu 1 500 V**

Dans les conditions de fonctionnement les plus sévères (normales ou dégradées, en conditions d'alimentation nominales), la température maximale admissible du fil de contact doit rester inférieure ou égale aux valeurs préconisées par la norme EN 50119 (§ 5.1.2.). Les essais sont à réaliser selon la norme EN 50367.

En complément de la procédure de la norme EN 50367, les vérifications décrites dans les paragraphes 5.6.1. à 5.6.3. sont à mener sur les bandes carbone (sur banc d'essai et conformément à la SAM X 009).

L'ensemble des vérifications décrites ci-dessous sont à mener sur deux lots d'échantillons différents de bandes de contact.

Nota : il est prévu que les dispositions de ce paragraphe soient reprises dans l'annexe A de la norme EN 50367.

#### **5.6.1. Sélection des échantillons de bandes carbone**

Les bandes de carbone utilisées pour les essais doivent répondre aux conditions suivantes :

- les bandes utilisées sont celles présentant le taux d'imprégnation mini pour un lot de fabrication donné ;

- le taux d'imprégnation métallique réel des bandes utilisées doit être précisé par le fournisseur ;
- les bandes neuves utilisées doivent être représentatives du produit final livré (même état de surface qu'en sortie de la chaîne de production).

### 5.6.2. Conditions de réalisation des essais

Les essais sont réalisés dans les conditions suivantes :

- sous un fil de contact neuf rond en cuivre pur de section de 107 mm<sup>2</sup> conforme à la norme EN 50149 ;
- en trois positions de la bande sur le fil de contact : - 300 mm / + 300 mm / centré ;
- sous une force de contact statique prise dans la « plage d'application » du tableau 4 de la norme EN 50367. Cette valeur fixera la valeur minimale de la force de contact statique à utiliser pour l'exploitation ;
- avec un retour à la température ambiante du fil de contact entre deux essais ;

Le cycle de courant utilisé présente les caractéristiques suivantes :

- un seul cycle de courant, dont le profil est représentatif du cas de consommation maximale sur 30 minutes de l'engin moteur sous 1500 V, et pour les températures ambiantes définies ci-dessous est appliqué :
  - en hiver (régime normal ou dégradé de gestion des courants),
  - en été (régime normal ou dégradé de gestion des courants) ;
- le profil de courant est transmis par le constructeur de l'engin moteur ;
- en l'absence de données, une valeur de 300 A par pantographe est appliquée sur 30 mn.

Dans le cas d'utilisation d'un banc simulant les conditions de contact avec une seule bande de frottement, les conditions suivantes seront appliquées pour tenir compte d'éventuels déséquilibres :

- la force de contact statique appliquée en essai doit être divisée par le nombre de bandes équipant l'archet ;
- les valeurs d'intensité (I) du cycle de courant appliqué doivent être divisées par le nombre (n) de bandes équipant l'archet. Les essais sont réalisés à :
  - $(I/n) + 10A$ ,
  - $(I/n) - 10A$  : à effectuer pour l'ensemble des configurations d'essais dans le cas où un ou plusieurs résultats à  $(I/n) + 10 A$  dépassent 100°C.

### 5.6.3. Conservation des échantillons

Les bandes types testées seront conservées par le laboratoire pour une durée minimale de 10 ans.

## 5.7. Montée et descente des pantographes

### 5.7.1. Temps de montée

Le temps de montée du pantographe doit être conforme à la norme EN 50206-1, y compris pour les tram-trains en circulation sur le RFN, sans dépasser la vitesse d'accostage définie ci-dessous (sur le fil de contact).

Valeurs limites proposées à mesurer à l'arrêt ( $v = 0$  km/h) et à  $v_{max}$  du véhicule (ou du domaine d'utilisation s'il est inférieur à la vitesse du véhicule) :

- $V_{accost}$  (cm/s) =  $0,0009 \times v^2$  (km/h) + 60 sous 25 kV ;
- $V_{accost}$  (cm/s) =  $0,002 \times v^2$  (km/h) + 60 sous 1 500 V.

### 5.7.2. Temps de descente

Voir STI Loc&Pas (Règlement (UE) n° 1302/2014) § 4.2.8.2.9.10.

La vérification de l'ADD (Automatic Dropping Device) est à réaliser selon la norme EN 50206-1.

### 5.8. Force de planage

La mesure de l'effort de planage se fait selon le § 6. de la norme EN 50317. En plus des hauteurs spécifiées dans la norme, l'effort doit être vérifié pour une hauteur de ligne aérienne de contact de 4,60 m.

Les pantographes doivent être étudiés et leur implantation sur la toiture définie de façon telle que les efforts aérodynamiques soient compris entre les valeurs minimales et maximales du tableau 6 de la norme EN 50367 (lignes  $F_{m,min}$  et  $F_{m,max}$ ), appelé par la STI ENE (Règlement (UE) n° 1301/2014), quel que soit le sens de marche.

En conséquence, même si le demandeur choisit la qualification du captage par les arcs, la mesure de la force de planage est effectuée.

### 5.9. Bandes de frottement

#### 5.9.1. Géométrie

En 1500 V, la bande de frottement doit avoir une largeur minimale de 50 mm.

En 25 kV la bande de frottement doit avoir une largeur minimale de 35 mm pour un archet muni de 2 bandes ou 50 mm pour un archet monobande.

La raison d'imposition de cette largeur minimale est la réduction du risque de casse des bandes carbone dans les isolateurs de section.

#### 5.9.2. Matériau

Les matériaux des bandes de frottement doivent être conformes au § 6.3. de la norme EN 50367. Voir également l'annexe C de cette norme, ainsi que le cas spécifique France de la STI Loc&Pas (Règlement (UE) n° 1302/2014) au § 7.3.2.15.

L'utilisation d'autres bandes de frottement est soumise à examen du gestionnaire d'infrastructure.

### 5.10. Profil des archets

Conformément à la STI Loc&Pas (Règlement (UE) n° 1302/2014), les profils d'archet STI doivent être utilisés pour circuler sur le réseau ferré national en fonction des cas d'application repris en annexe 1 de la présente SAM.

Nota : la conformité à la STI Loc&Pas (Règlement (UE) n° 1302/2014) impose que le matériel conventionnel soit équipé d'au moins un des archets STI et que le matériel grande vitesse soit équipé d'un archet de 1600 mm STI.

Les profils des archets doivent respecter les exigences de la norme EN 50367 § 5.3.2.1. et 5.3.2.2. et les particularités reprises dans les paragraphes suivants pour les archets à bandes indépendantes et à cornes fixes, pour réduire le risque d'accrochage des fils de contact en zone d'aiguillage.

### 5.10.1. Contrôle du profil général

La longueur de la partie conductrice, la hauteur de l'archet et l'angle de transition  $\alpha$  sont évalués selon les critères suivants :

- longueur conductrice ;
- hauteur de l'archet ;
- vérification de l'angle de transition entre la partie mobile et la partie fixe

Ces dimensions doivent être vérifiées par rapport aux profils enveloppes, définis dans le tableau de l'annexe 1 de la présente SAM.

#### 5.10.1.1. Sous l'effort statique appliqué au centre de l'archet

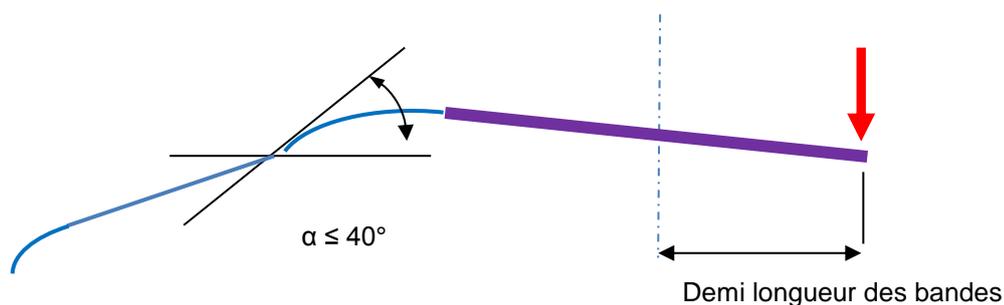
L'angle de transition  $\alpha$  devra aussi être vérifié dans les conditions suivantes :

- avec un effort de 70 N pour les pantographes 25 kV ;
- avec un effort de 90 N pour les pantographes 1 500 V ;
- avec un effort de 70 N pour les pantographes bi tension 25 kV / 1 500 V.

#### 5.10.1.2. Sous l'effort moyen à la vitesse maximale

L'angle de transition  $\alpha$  est vérifié :

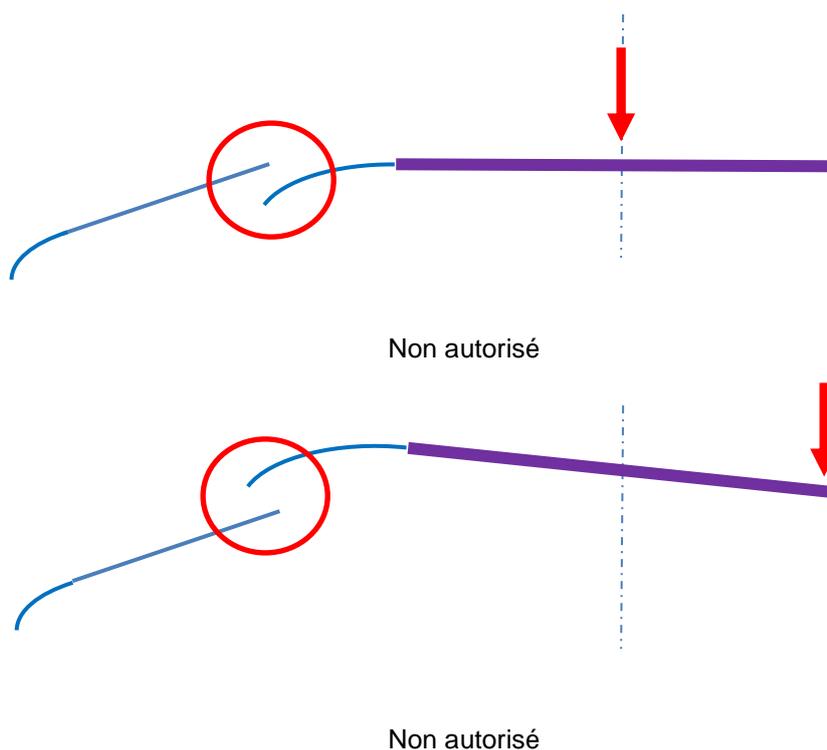
- au centre de l'archet ;
- à chaque extrémité des bandes de frottement dont les longueurs sont définies dans l'EN 50367 § A.2.1, figure A6 et § A.2.2, figure A7.



Position des suspensions sous la force moyenne à vitesse maximale

### 5.10.2. Contrôle sous enfoncement complet

Aucune lacune, accident de forme ou discontinuité ne doit apparaître tout le long du profil de l'archet dans les cas d'enfoncement extrêmes des suspensions d'archet.



### 5.11. Distances et liaisons équipotentielles inter-pantographes

Pour les locomotives polycourants, la distance entre les pantographes 25 kV et 1 500 V susceptibles d'être utilisés simultanément (décollage du train, circulation par temps de givre, ...) doit être supérieure à huit mètres.

Conformément à la norme EN 50367 (chapitre 8.2), la liaison équipotentielle entre deux pantographes en service simultané, sous 25 kV, est interdite.

## 6. Essais et procédures de vérification

---

### 6.1. Général

Les documents suivants sont applicables :

- STI ENE (Règlement (UE) n° 1301/2014) [la mesure de la force de contact moyenne est évaluée conformément à la STI ENE et, si la STI n'est pas applicable, la force moyenne est évaluée à partir de la force de planage (voir § 5.8)] ;
- STI Loc&Pas (Règlement (UE) n° 1302/2014) ;
- EN 50206-1 (tests obligatoires de la norme pour tous les types de pantographe en exploitation sur le RFN, y compris les trams-trains) ;
- EN 50206-2 (pour les seuls tests de la norme spécifiques aux trams-trains tel que le système de manœuvre électrique) ;
- EN 50367 ;
- EN 15273-1 ;
- EN 15273-2 ;
- EN 15273-3 ;
- EN 50317

La première étape pour la qualification du captage consiste à ajuster la force moyenne de contact pour chaque tension d'alimentation, tel que décrit ci-dessous. Ce réglage effectué, les essais permettant la mesure des paramètres spécifiés au chapitre 5 peuvent être conduits.

Pour chaque essai, on notera les paramètres météorologiques suivants, mesurés au niveau de la ligne aérienne de contact :

- vitesse et direction du vent atmosphérique ;
- degré hygrométrique de l'air ambiant ;
- température ambiante.

Une surveillance vidéo du captage tout au long de la campagne d'essais est recommandée.

### 6.2. Force de contact sous ligne aérienne de contact 25 kV

Le tableau 6 de la norme EN 50367 est utilisé pour l'ajustement du niveau de force de contact moyen ( $F_{m \max}$  ;  $F_{m \min}$ ).

La force moyenne minimale de contact devra permettre de satisfaire aux critères de qualité du captage définis au chapitre 4 pour le pantographe montrant les performances les plus critiques.

### 6.3. Force de contact sous ligne aérienne de contact 1 500 V

Ce paragraphe précise le cas spécifique France § 7.3.2.16 de la STI Loc&Pas (Règlement (UE) n° 1302/2014).

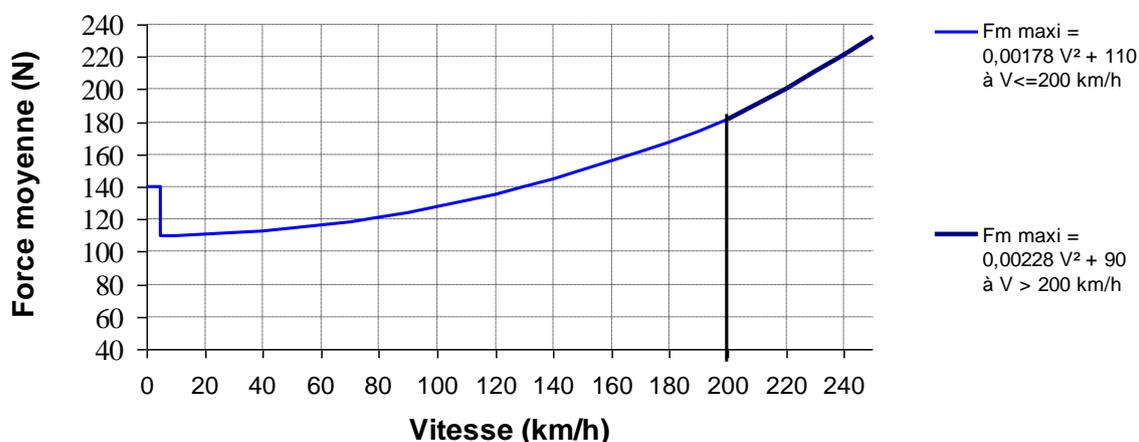
Pour la compatibilité technique avec le réseau existant, les unités électriques destinées à être exploitées sur des lignes en 1 500 V courant continu doivent être validées en tenant compte d'un effort de contact moyen compris dans la fourchette suivante :

- $v \leq 200$  km/h :  $70 \text{ N} < F_m \leq 0,00178 \times v^2 + 110 \text{ N}$  ;
- $v > 200$  km/h :  $70 \text{ N} < F_m \leq 0,00228 \times v^2 + 90 \text{ N}$ .

Avec des bandes de frottement en carbone, une force de contact statique de 140 N peut être admise à l'arrêt, mais celle-ci ne devra pas excéder 110 N pour une vitesse supérieure à 8 km/h.

Avec des bandes de frottement métalliques, la force de contact statique n'excédera pas 90 N.

### Force moyenne sous 1,5 kV



Courbes de force moyenne pour tout type de bande de frottement (cas spécifique France)

La courbe mini est conforme au tableau B.6 de la norme EN 50367.

#### 6.4. Conditions de réalisation des essais de captage sous 25 kV

Pour la compatibilité technique avec le réseau existant, les unités électriques destinées à être exploitées sur des lignes en 25 kV courant alternatif doivent, outre l'exigence de la clause 4.2.8.2.9.6. de la STI Loc&Pas (Règlement (UE) n°1302/2014), être validées en tenant compte des types de systèmes de lignes de aériennes de contact spécifiques.

La procédure d'évaluation de la conformité [essai conformément à la clause 6.2.3.20. de la STI Loc&Pas (Règlement (UE) n° 1302/2014)] doit tenir compte des différents cas d'exploitation suivants :

Vitesse d'exploitation (km/h)	Type de systèmes de ligne aérienne de contact	Caténaire LC 850/1150 avec Y de 10 m (type 85)	Caténaire LC 1200/1200 avec Y de 12 m (type 82)	Caténaire LGV 1400/2000	Caténaire LGV 1400/2600 STI
$v \leq 160$		X			
$160 < v \leq 220$		X	X		
$220 < v \leq 320$ *		X		X	X

La mesure du soulèvement du (des) fil(s) de contact dans les deux sens de circulation, pour chacune des voies, se fait au droit du bras de rappel de quatre supports successifs de mesure ou toute autre système de mesure suivant la norme EN 50317. La reconnaissance des résultats est réalisée selon la SAM X 009.

Les mesures doivent être réalisées sur des portées de longueur minimale de 54 m en alignement.

L'ensemble des paramètres du chapitre 4 applicables au cas de l'alimentation en courant alternatif doivent être vérifiés.

## 6.5. Conditions de réalisation des essais de captage sous 1 500 V

### 6.5.1. Choix du site d'essai

Le choix du site d'essai dépend de la configuration du (ou des) véhicule(s) à essayer :

- Si le train comporte deux pantographes espacés de moins de soixante-cinq mètres, en considérant toutes les combinaisons de distance, ou si le train a trois pantographes ou davantage, l'essai doit être réalisé avec simulation d'une température dans la ligne aérienne de contact. Le seul site d'essai permettant cette simulation est le site I&P TE, et plus précisément la zone d'essai de Nouan-le-Fuzelier (au sud d'Orléans).
- Si le train comporte un seul pantographe ou deux pantographes espacés de plus de soixante-cinq mètres, il n'est pas nécessaire de simuler une température dans la ligne aérienne de contact. D'autres sites d'essai peuvent être envisagés. Dans ce cas, la ligne aérienne de contact doit être de type Normal Cuivre, avec deux fils de contact de section 107 mm<sup>2</sup>.

La mesure du soulèvement du (des) fil(s) de contact dans les deux sens de circulation, pour chacune des voies, se fait au droit du bras de rappel de quatre supports successifs de mesure ou toute autre système de mesure suivant la norme EN 50317. La reconnaissance des résultats est réalisée selon la SAM X 009.

Les mesures doivent être réalisées sur des portées de longueur minimale de 54 m en alignement.

### 6.5.2. Essais avec simulation de température dans la ligne aérienne de contact

Il est nécessaire de réaliser au minimum deux allers et retours à la vitesse d'exploitation maximale de la ligne, dans les conditions suivantes :

- Pour un engin dont la vitesse maximale est inférieure ou égale à 200 km/h, les tensions et les flèches doivent être représentatives de fils de contacts régularisés, dans la plage +2,5 / +37,5°C .
- Pour un engin dont la vitesse maximale est supérieure à 200 km/h, les tensions et les flèches doivent être représentatives de fils de contacts régularisés, dans la plage +2,5 / +47,5°C.

La température ambiante doit être supérieure ou égale à +5°C.

Exceptionnellement, dans les cas où la température ambiante est comprise entre 0 et 5°C, les résultats de mesures obtenus sont soumis à avis d'expert.

Si la température est inférieure à 0°C, les résultats de mesures ne seront pas validés.

La procédure d'évaluation de la conformité [essai conformément à la clause 6.2.3.20. de la STI Loc&Pas (Règlement (UE) n° 1302/2014)] doit tenir compte des conditions environnementales suivantes :

- Situation estivale : température comprise entre +40°C et +50°C dans le fil de contact (température simulée en ligne ou réel avec une température ambiante  $\geq 35^{\circ}\text{C}$ ).
- Situation hivernale : température de 0°C (ambiante ou simulée en ligne)

L'ensemble des paramètres du chapitre 5 applicables au cas de l'alimentation en courant continu doivent être vérifiés.

### **6.5.3. Essai sans simulation de température dans la ligne aérienne de contact**

Il est nécessaire de réaliser au minimum deux allers et retours à la vitesse d'exploitation maximale de la ligne.

La procédure d'évaluation de la conformité [essai conformément à la clause 6.2.3.20. de la STI Loc&Pas (Règlement (UE) n° 1302/2014)] doit tenir compte des conditions environnementales au moment de l'essai.

L'ensemble des paramètres du chapitre 5 applicables au cas de l'alimentation en courant continu doivent être vérifiés.

### **6.5.4. Cas de la caténaire Midi**

La vérification du soulèvement sous caténaire Midi est nécessaire dans le cas d'un train comportant deux pantographes espacés de moins de soixante-cinq mètres, en considérant toutes les combinaisons de distances, ou si le train a trois pantographes ou davantage.

Cette vérification consiste à réaliser au minimum deux allers-retours à la vitesse maximale d'exploitation de la ligne dans la configuration la plus critique, en termes de soulèvements, tel qu'identifiée lors des essais de qualification du captage.

L'ensemble des paramètres du chapitre 5 applicables au cas de l'alimentation en courant continu doivent être vérifiés.

## **6.6. Surveillance du captage**

Il est recommandé de maintenir la surveillance vidéo jusqu'à la fin de la campagne d'essais de captage.

La levée de surveillance interviendra en fonction des conditions suivantes :

- respect des critères d'autorisation ;
- kilométrage parcouru sous chaque tension. Il convient que l'engin moteur ait parcouru un minimum de 3 000 km sous chaque tension sur des lignes variées et représentatives du RFN jusqu'à la vitesse maximale de circulation :
  - passage de points particuliers sur le RFN : isolateur de section, voie de service, aiguillage, section de séparation,
  - incidents rencontrés lors de la phase de surveillance.

La levée de surveillance se fera par avis d'un expert indépendant.

Lors d'essais en survitesse, un avis d'expert donnera les conditions de circulations vis-à-vis du captage.

## 7. Sécurité

Le tableau ci-dessous présente quelques évènements redoutés de sécurité en lien avec le système de captage (avec conséquences catastrophique ou critique) qui sont à analyser. Cette liste n'est pas exhaustive et doit être complétée par une analyse de risque ou une analyse dysfonctionnelle.

Événement redouté	Objectifs
Chute d'équipement : il s'agit de l'analyse de la défaillance mécanique	Qualitatif (code de pratique)
Engagement du gabarit dynamique : collision avec obstacles fixes appartenant à la ligne (infrastructure, etc.) sur engagement de gabarit.	Qualitatif (code de pratique)
Projection d'éléments mécaniques : projection d'éléments mécaniques (en rotation ou non, catapultage, etc.).	Qualitatif (code de pratique)
Réinjection intempestive de haute-tension : par exemple, injection du 25 kV dans le circuit 1 500 V due à une défaillance du système de détection de tension de ligne ou des protections d'alimentation HT, injection du 1 500 V continu dans le circuit 25 kV alternatif due à une défaillance du système de détection de tension de ligne ou des protections d'alimentation HT, persistance de la tension émise par le matériel roulant après un arrêt d'alimentation due à une non détection de la perte de tension de ligne. Cet événement redouté est à l'origine des accidents génériques suivants : électrisation par décharge intempestive, départ de feu	Quantitatif ( $<1.10^{-9}/h$ )
Électrisation des voyageurs : l'étude de cet événement redouté consiste à analyser les risques d'électrisation dus aux scénarii suivants : circulation de courant dans le matériel roulant, établissement d'une différence de potentiel entre deux éléments conducteurs accessibles par une personne ou une chaîne de personnes (que ce soit sur une voiture ou entre deux voitures consécutives), établissement d'une différence de potentiel entre un train et un équipement d'installation fixe.	Qualitatif (code de pratique)
Électrisation du personnel (maintenance ou conducteur) : l'étude de cet événement redouté consiste à analyser les défaillances du matériel roulant aboutissant au réveil intempestif du train en maintenance, à une électrisation lors des opérations de maintenance, à une signalisation intempestive d'absence de haute tension ou au défaut d'isolation des sources. Seul l'aspect activités de maintenance est concerné.	Qualitatif (code de pratique / maintenance)

## 8. Vérification de conformité

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

Exigence	Point à vérifier	Documentation
<p align="center"><b>1</b></p> <p align="center"><b>Compatibilité avec l'infrastructure</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Respect du gabarit selon EN 15273.</li> <li>- Profil de l'archet.</li> <li>- Longueur et section des bandes de frottement.</li> <li>- Nature des matériaux des bandes de frottement.</li> <li>- Respect des critères techniques d'admission :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- en statique (captage à l'arrêt sous tension continue),</li> <li>- en dynamique (soulèvements, forces, arcs..).</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Note de calcul.</li> <li>- Documentation technique pantographe (plans côtés de l'archet, analyse du profil, plans côtés des bandes, ...).</li> <li>- Fiche matière des matériaux de frottement.</li> <li>- Rapport d'essai de captage à l'arrêt.</li> <li>- Rapport de simulation de captage en ligne (si réalisée).</li> <li>- Rapport de simulation de captage en ligne.</li> </ul>
<p align="center"><b>2</b></p> <p align="center"><b>Compatibilité avec l'alimentation électrique</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intensité nominale et maximale en traction.</li> <li>- Intensité nominale et maximale à l'arrêt.</li> <li>- Distances d'isolement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bilan des courants aux pantographes, en modes normal et dégradé, en hiver et en été.</li> <li>- Plan coté du pantographe dans son environnement de toiture.</li> </ul>
<p align="center"><b>3</b></p> <p align="center"><b>Compatibilité avec la gestion des circulations</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vitesse maximale de circulation.</li> <li>- Nombre et position des pantographes en service.</li> <li>- Franchissement des sections de séparation de phases et de tensions.</li> <li>- Temps de montée et descente.</li> <li>- Caractéristiques et performances de l'ADD.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Document technique de l'engin décrivant l'activation des pantographes par le conducteur et leur disposition sur le train.</li> <li>- Diagramme engins avec la position des pantographes.</li> <li>- Rapport d'essais ou de simulation de captage en ligne.</li> <li>- Rapport d'essais de type selon EN 50206.</li> </ul>
<p align="center"><b>4</b></p> <p align="center"><b>Exigences concernant le fonctionnement et les équipements de captage</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Respect des performances EN 50206.</li> <li>- Force statique.</li> <li>- Force de planage à la vitesse maximale de circulation.</li> <li>- Dispositif de limitation du développement (butée LGV).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rapport d'essais ou de simulation EN 50206.</li> <li>- Rapport d'essais ou de simulation de captage en ligne.</li> <li>- Documentation technique pantographe (plans côtés, ...).</li> <li>- Notice de maintenance du pantographe.</li> </ul>

Exigence	Point à vérifier	Documentation
<p style="text-align: center;"><b>5</b></p> <p><b>Exigences de sécurité du système de captage</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vérification des probabilités et de la gravité des défaillances au regard des événements redoutés.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Étude de sécurité.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>6</b></p> <p><b>Exigences relatives à l'environnement</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Composition des poussières dues à l'usure des matériaux de frottement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Notice Fiche matière des matériaux de frottement.</li> </ul>

## ANNEXE 1

### Archets

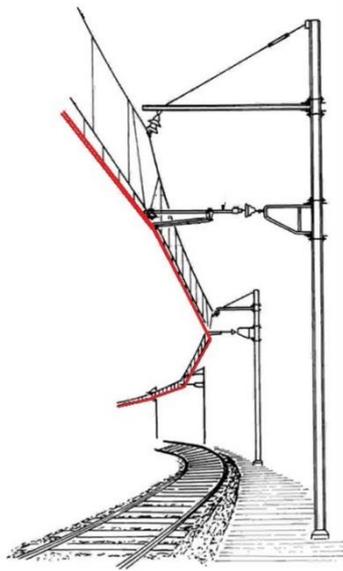
Pour mémoire, les profils d'archets utilisés sur le RFN sont repris dans l'annexe B de la norme EN 50367. Leur cas d'utilisation sont repris dans le tableau ci-dessous :

Largeur et profil des archets	Référence	25 kV (lignes conventionnelles et grande vitesse)	1 500 V (hors caténaire Midi)	1 500 V (caténaire Midi)
1 450 mm UIC	EN 50367 B.1	OUI	NON	NON
1 600 mm UIC	EN 50367 B.3	OUI	OUI	NON
1 600 mm STI	EN 50367 A 2.1	OUI	OUI	NON
1 950 mm STI	EN 50367 A 2.2	NON	OUI	OUI
1 950 mm UIC	EN 50367 B.2 et B.4	NON	OUI	OUI

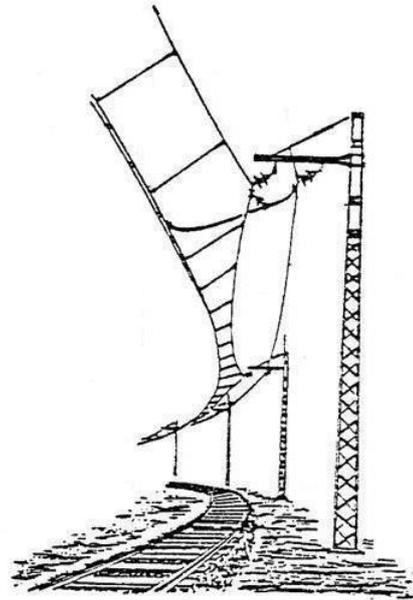
## ANNEXE 2

### Aperçu de différents types de systèmes de lignes aériennes de contact

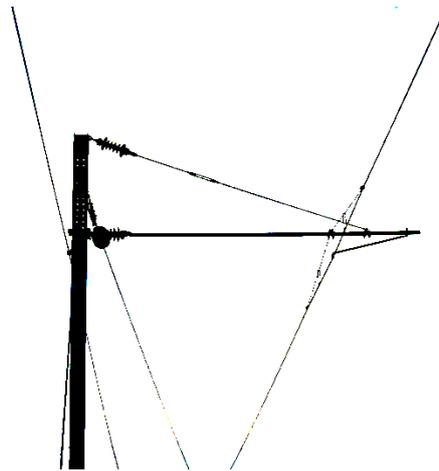
Cette annexe a pour but d'expliciter certaines définitions du chapitre 4 au moyen de schémas. Ceux-ci n'ont qu'une valeur informative et ne se substituent pas à la documentation du gestionnaire d'infrastructure.



Exemple de caténaire 1 500 V  
(ligne aérienne de contact en rouge)



Caténaire Midi



Ligne aérienne de contact (seule) 25 kV

## Historique des versions

Numéro de version	Date de version	Date d'application	Objet
1	16/11/2007	16/11/2007	Reprise de l'IN 2781 par l'EPSF
2	04/12/2013	04/12/2013	Mise à jour générale
3	22/01/2018	01/02/2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Renumérotation de certains chapitres</li> <li>- Mise à jour des références des STI et de la terminologie</li> <li>- Modification de la définition de LAC au § 3.</li> <li>- Mise à jour des § 5.2.1., 5.2.3. et 5.3.2.</li> <li>- Précisions aux § 5.2.4. et 5.3.3.</li> <li>- Précision sur compléments EN 50367 aux § 5. et 6.2.</li> <li>- Reformulation du § 5.4. sur les LAC</li> <li>- Précision sur la vitesse d'accostage au § 5.7.1.</li> <li>- Précision sur le temps de descente au § 5.7.2.</li> <li>- Précision apportée aux § 5.9., 5.10. et 6.5.</li> <li>- Reformulation du cas spécifique au § 6.3.</li> <li>- Modification du § 6.5.</li> <li>- Nouveaux § 6.4., 6.6. et 8</li> <li>- Nouvelle annexe 2</li> <li>- Suppression de l'annexe 3</li> </ul>

## FICHE D'IDENTIFICATION

<b>Référentiel</b>	Matériel
<b>Référence</b>	SAM E 903
<b>Version</b>	3
<b>Titre</b>	Captage – Interaction pantographe / ligne aérienne de contact
<b>Type</b>	Recommandation

### Résumé

Cette recommandation présente les démonstrations liées au captage (interaction entre le pantographe et la ligne aérienne de contact) permettant d'attester que les matériels roulants moteurs équipés d'au moins un pantographe, y compris les trams-trains, satisfont à la réglementation.

<b>Textes abrogés</b>	<b>Textes interdépendants</b>
SAM E903 version 2	

<b>Entreprises concernées</b>	Exploitants ferroviaires
<b>Lignes ou réseaux concernés</b>	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