



Agence ferroviaire européenne	
 Guide d'application de la STI ENE 	
Conformément au mandat cadre C(2010)2576 final du 29/04/2010	
Référence ERA:	ERA/GUI/07-2011/INT
Version ERA:	2.00
Date:	16 octobre 2014.

Document préparé par:	Agence ferroviaire européenne Rue Marc Lefrancq, 120 BP 20392 F-59307 Valenciennes Cedex France
Type document: de	Guide
Statut document: du	Public

Table des matières

1. CHAMP D'APPLICATION DU PRÉSENT GUIDE	4
1.1. Champ d'application	4
1.2. Contenu du présent guide	4
1.3. Documents de référence.....	4
1.4. Définitions, abréviations et acronymes	4
2. GUIDE D'APPLICATION DE LA STI ENE	5
2.1. Avant-propos	5
2.2. Exigences essentielles	5
2.3. Caractéristiques du sous-système.....	5
2.3.1. Tension et fréquence (point 4.2.3)	6
2.3.2. Paramètres relatifs à la performance du système d'alimentation (point 4.2.4).....	6
2.3.3. Capacité de transport de courant, systèmes en courant continu, trains à l'arrêt (point 4.2.5).....	7
2.3.4. Freinage par récupération (point 4.2.6)	8
2.3.5. Mesures de coordination de la protection électrique (point 4.2.7).....	8
2.3.6. Harmoniques et effets dynamiques pour les systèmes d'alimentation électrique de traction en courant alternatif (point 4.2.8)	9
2.3.7. Géométrie de la ligne aérienne de contact (point 4.2.9)	9
2.3.8. Gabarit du pantographe (point 4.2.10)	10
2.3.9. Effort de contact moyen (point 4.2.11)	11
2.3.10. Comportement dynamique et qualité du captage de courant (point 4.2.12)	12
2.3.11. Espacement des pantographes (point 4.2.13).....	12
2.3.12. Sections de séparation (points 4.2.15 et 4.2.16)	14
2.3.13. Système au sol de collecte des données sur l'énergie (point 4.2.17)	14
2.4. Interfaces	15
2.4.1. Interface avec le sous-système «matériel roulant».....	15
2.4.2. Exploitation et gestion du trafic	18
2.5. Constituants d'interopérabilité (CI).....	18
2.6. Évaluation de la conformité.....	18
2.6.1. Généralités	18
2.6.2. Constituant d'interopérabilité– ligne aérienne de contact	19
2.6.3. Sous-système «énergie»	20
2.6.4. Évaluation des modèles de LAC existants - clarifications.....	21
2.6.5. Évaluation des moyens de protection contre les chocs électriques (4.2.18)	23
2.6.6. Explications supplémentaires du tableau B.1 - Vérification CE du sous-système «énergie».....	24
2.7. Mise en œuvre	24
2.7.1. Généralités	24



2.7.2. Plan de mise en œuvre pour la tension et la fréquence (point 7.2.2).....	24
2.7.3. Plan de mise en œuvre pour la géométrie de la LAC (point 7.2.3)	25
2.7.4. Mise en œuvre du système au sol de collecte des données sur l'énergie (point 7.2.4)	25

1. CHAMP D'APPLICATION DU PRÉSENT GUIDE

1.1. Champ d'application

1.1.1. Le présent document est une annexe au «Guide d'application des STI» Il fournit des informations relatives à l'application de la spécification technique d'interopérabilité pour le «sous-système énergie – Locomotives et matériel roulant destiné au transport de passagers» adoptée par le règlement de la Commission [règlement de la Commission 1301/2014 (UE)] (dénommée ci-après STI ENE).

1.1.2. Le présent guide doit être lu et utilisé uniquement en parallèle avec la STI ENE. Il vise à faciliter son application, mais ne la remplace pas.
Il convient de prendre également en considération la partie générale du «Guide d'application des STI».

1.2. Contenu du présent guide

1.2.1. Le chapitre 2 du présent document présente des extraits du texte original de la STI ENE dans des encadrés colorés, suivis d'un texte explicatif.

1.2.2. Aucune explication n'est fournie pour les points de la STI ENE qui ne nécessitent aucune clarification supplémentaire.

1.2.3. Ces orientations sont strictement volontaires. Elles n'impliquent aucune obligation autre que celles précisées par la STI ENE.

1.3. Documents de référence

Les documents de référence sont indiqués comme notes de bas de page dans le règlement de la Commission et ses annexes (STI ENE) ainsi que dans la partie générale du «Guide d'application des STI».

1.4. Définitions, abréviations et acronymes

Les définitions, abréviations et acronymes sont repris dans l'appendice G de la STI ENE ainsi que dans la partie générale du «Guide d'application des STI».

2. GUIDE D'APPLICATION DE LA STI ENE

2.1. Avant-propos

Le domaine d'application géographique de la STI ENE est l'ensemble du système ferroviaire de l'Union européenne, comme défini à l'article 2 du règlement.

En guise de commentaire général, il convient de souligner que la STI ne devrait pas être considérée comme un manuel de conception. Il ne s'agit pas non plus d'une liste complète d'évaluations qui devraient être réalisées pour démarrer l'exploitation du sous-système. Le processus de mise en service d'installations fixes relève du droit national de la construction et des processus de mise en service qui couvrent tous les éléments, y compris ceux qui n'entrent pas dans le champ d'application de la STI.

Les exigences établies dans la STI ne comprennent que les éléments qui sont importants du point de vue de l'interopérabilité pour la compatibilité du sous-système «énergie» (comme défini dans la directive sur l'interopérabilité) avec un véhicule ferroviaire conforme à la STI.

Sur les lignes existantes, il est prévu que les travaux qui y sont réalisés contribueront à atteindre une mise en conformité totale avec la STI ENE. Ce travail peut être réalisé élément par élément sur une période plus ou moins longue, comme indiqué au point 7.3.2(1).

2.2. Exigences essentielles

Les exigences essentielles portent sur:

- la sécurité;
- la fiabilité et la disponibilité;
- la santé;
- la protection de l'environnement;
- la compatibilité technique;
- l'accessibilité

et sont abordées au chapitre 3 de la STI.

2.3. Caractéristiques du sous-système

Les points suivants font référence aux points respectifs de la STI.

2.3.1. Tension et fréquence (point 4.2.3)

- (1) *La tension et la fréquence du sous-système «énergie» doivent correspondre à l'un des quatre systèmes d'alimentation suivants, conformément au point 7:*
- *courant alternatif 25 kV, 50 Hz;*
 - *courant alternatif 15 kV, 16,7 Hz;*
 - *courant continu 3 kV; ou*
 - *courant continu 1,5 kV.*
- (2) *Les valeurs et les limites de la tension et de la fréquence doivent être conformes à la clause 4 de la norme EN 50163:2004 pour le système sélectionné.*

Le déploiement des systèmes existants d'alimentation électrique de traction et le fait que l'état actuel de la technique repose sur des véhicules compatibles avec plusieurs systèmes de traction font qu'il n'est pas économiquement viable de migrer vers un système unique.

Par conséquent, l'application de courant alternatif 25 kV, 50 Hz; de courant alternatif 15 kV, 16,7 Hz; de courant continu 3 kV ou de courant continu 1,5 kV est autorisée pour de nouveaux sous-systèmes et pour des sous-systèmes réaménagés ou renouvelés, en tenant compte des dispositions stipulées au point 7 de la STI (voir aussi le point 2.7.2 du présent guide).

Les paramètres de tension et de fréquence pour ces systèmes sont standardisés dans la norme EN 50163:2004.

Sur les lignes dont la vitesse est supérieure à 250 km/h, seuls les systèmes en courant alternatif sont autorisés en raison de la demande en puissance élevée des trains (point 7.2.2. Stratégie de migration pour la tension et la fréquence de la STI ENE).

Pour plus d'informations sur la mise en œuvre de cette STI, voir le point 2.7 du présent guide.

2.3.2. Paramètres relatifs à la performance du système d'alimentation (point 4.2.4)

- *Courant maximal du train*

Le sous-système «énergie» doit être conçu de manière à garantir la capacité de l'alimentation électrique à atteindre la performance spécifiée et à autoriser le fonctionnement des trains à une puissance inférieure à 2 MW, sans limitation d'alimentation électrique ou de courant.

Pour éviter des coûts inutiles concernant le matériel roulant, il a été décidé que le sous-système «énergie» devrait autoriser des trains réguliers (une combinaison de véhicules attelés ensemble) jusqu'à 2 MW sans limitations de puissance ou de courant.

La limitation de puissance ou de courant devrait être comprise selon le point 7.3 (Dispositif de limitation de courant ou de puissance) de la norme EN 50388:2012.

Cette limite de puissance se réfère à la puissance maximale absorbée de la LAC pour un train complet.

Les limitations mentionnées au point 7.2. de la norme EN 50388:2012 (Régulation automatique) s'appliquent à tous les trains, quelle que soit la puissance installée.

Une interface avec le sous-système «exploitation et gestion du trafic» (Composition du train et préparation du livret de ligne) a été introduite pour compléter le champ d'application de ce paramètre (voir aussi le point 2.4.2 du présent guide).

Le courant maximal autorisé pour le train est indiqué dans le registre des infrastructures, clause 1.1.1.2.2.2.

- *Tension moyenne utile.*

La tension moyenne utile calculée «au pantographe» doit être conforme à la norme EN 50388:2012, clause 8 (à l'exception de la clause 8.3, qui est remplacée par le point C.1 de l'appendice C).

La simulation doit tenir compte des valeurs du facteur réel de puissance des trains.

Le point C.2 de l'appendice C contient des informations supplémentaires à celles fournies dans la clause 8.2 de la norme EN 50388:2012.

La tension moyenne utile en tant qu'indice de qualité du système d'alimentation électrique est le seul indice proposé dans la norme EN 50388:2012 pour le dimensionnement du système «énergie». Ce paramètre est calculé conformément à la norme EN 50388:2012, clause 8 (Exigences concernant la performance de l'alimentation). En guise de complément, l'appendice C a été ajouté pour fournir de plus amples détails sur la méthode de calcul.

Lors du calcul de la qualité de l'alimentation électrique, il importe de garder à l'esprit l'objectif visé, à savoir avoir un système d'alimentation électrique qui, dans des conditions normales, puisse fournir à chaque train la puissance requise pour pouvoir respecter l'horaire dans des limites de coûts raisonnables.

2.3.3. Capacité de transport de courant, systèmes en courant continu, trains à l'arrêt (point 4.2.5)

La LAC des systèmes en courant continu doit être conçue de manière à supporter une intensité de 300 A (pour un système d'alimentation de 1,5 kV) et de 200 A (pour un système d'alimentation de 3 kV) par pantographe lorsque le train est à l'arrêt.

La capacité de transport de courant à l'arrêt doit être assurée pour la valeur d'essai de l'effort de contact statique défini dans le tableau 4 de la clause 7.2 de la norme EN 50367:2012.

La LAC doit être conçue en tenant compte des limites de température conformément à la norme EN 50119:2009, clause 5.1.2.

L'objectif de cette exigence est d'éviter la surchauffe du point de contact de la bande de frottement/du fil de contact du pantographe lorsque le train est à l'arrêt mais qu'il capte de l'électricité, par exemple pour ses équipements auxiliaires.

Les informations concernant le matériau de bande de frottement utilisé pour les essais doivent figurer dans le fichier technique.

2.3.4. Freinage par récupération (point 4.2.6)

L'alimentation électrique des systèmes en courant alternatif doit être conçue de façon à autoriser l'utilisation du freinage par récupération permettant d'échanger du courant de manière transparente soit avec d'autres trains soit d'une quelconque autre manière.

Les systèmes d'alimentation électrique à courant continu doivent être conçus de manière à permettre l'utilisation du système de freinage par récupération, au minimum par l'échange de courant avec d'autres trains.

Le matériel roulant moderne recourt largement au freinage par récupération, que ce soit pour les systèmes en courant alternatif ou les systèmes à courant continu.

Les technologies actuelles permettent, pendant le freinage par récupération, d'injecter du courant dans le système avec une faible teneur en harmoniques, ce qui réduit l'impact sur la qualité de l'énergie fournie par le fournisseur aux autres consommateurs.

La phrase: «d'une quelconque autre manière» porte sur le renvoi de l'énergie vers le réseau public, sur le stockage ou l'utilisation directe de l'énergie à d'autres fins ou pour d'autres consommateurs.

2.3.5. Mesures de coordination de la protection électrique (point 4.2.7)

La conception de la coordination de la protection électrique du sous-système «énergie» doit satisfaire aux exigences définies dans la norme EN 50388:2012, clause 11.

Pour coordonner la protection, il est nécessaire d'avoir une vue globale de l'ensemble du processus et des interfaces entre les sous-systèmes LOC et MRV et énergie.

Pour cela, la STI ENE se réfère à la clause 11 (Coordination des protections) de la norme EN 50388:2012.

Il est important de noter que, si la clause 11 de la norme EN 50388:2012 décrit toutes les mesures de coordination de la protection électrique, seules les exigences pour les sous-stations sont obligatoires dans la STI ENE.

2.3.6. Harmoniques et effets dynamiques pour les systèmes d'alimentation électrique de traction en courant alternatif (point 4.2.8)

L'interaction entre le système d'alimentation électrique de traction et le matériel roulant peut entraîner des instabilités électriques dans le système.

Afin d'assurer la compatibilité du système électrique, les surtensions générées par les harmoniques doivent être inférieures aux valeurs critiques selon la norme EN 50388:2012, clause 10.4.

Ces phénomènes sont liés aux caractéristiques harmoniques et dynamiques de l'alimentation électrique des installations fixes et du matériel roulant, qui peuvent provoquer des surtensions et d'autres formes d'instabilité dans le système d'alimentation électrique.

Il convient d'accorder une attention particulière à ces phénomènes lors de l'introduction d'un nouvel élément dans un environnement électrique stable [voir EN 50388:2012, clause 10.2 (Procédure d'acceptation des nouveaux éléments)]. La STI souligne la nécessité de réaliser une étude de compatibilité dans de tels cas, afin d'évaluer les conséquences découlant de l'introduction des nouveaux éléments dans le système. L'étude de compatibilité est expliquée en détail dans la norme EN 50388:2012, clause 10 (Harmoniques et effets dynamiques), à laquelle la STI se réfère.

Le rôle de l'organisme notifié sur ce point consiste uniquement à vérifier si les critères de la norme EN 50388:2012, clause 10.4 (Méthodologie et critères d'acceptation) sont remplis dans l'étude présentée.

2.3.7. Géométrie de la ligne aérienne de contact (point 4.2.9)

La ligne aérienne de contact doit être conçue pour des pantographes ayant une géométrie d'archet telle que précisée dans la STI LOC et MRV, point 4.2.8.2.9.2, en tenant compte des règles énoncées au point 7.2.3 de la présente STI.

- *Hauteur du fil de contact*

La géométrie de la ligne aérienne de contact est l'interface principale avec le pantographe.

La hauteur du fil de contact est définie dans le tableau 4.2.9.1, y compris la hauteur nominale du fil de contact, la hauteur de conception minimale du fil de contact et la hauteur de conception maximale du fil de contact.

Ces trois valeurs sont liées à la vitesse de conception de la ligne.

De plus amples informations sur les hauteurs de conception minimum et maximum du fil de contact sont fournies dans la norme EN 50119:2009.

Ces valeurs sont reprises dans le registre des infrastructures (clauses 1.1.1.2.2.5 et 1.1.1.2.2.6).

Ces paramètres sont définis de façon à garantir en permanence le respect des valeurs minimales et maximales absolues dans la plage de fonctionnement du pantographe.

La hauteur maximale du fil de contact est incluse pour répondre aux besoins locaux (ex. voies de lavage, ateliers, zones de chargement, etc.), là où les trains se déplacent à faible vitesse, sans aucune exigence en matière de comportement dynamique et de qualité de la performance du captage de courant entre le pantographe et la LAC.

Le gradient du fil de contact et le taux de variation du gradient sont pris en compte pour garantir un comportement dynamique adéquat et une bonne qualité du captage de courant (4.2.12).

Pour le réseau avec un écartement des voies de 1 520 mm, des exigences particulières en termes de hauteur ont été incluses.

- *Débattement latéral maximal*

Le débattement latéral maximal du fil de contact par rapport au milieu de la voie sous l'action d'un vent latéral doit correspondre aux valeurs figurant dans le tableau 4.2.9.2.

Les valeurs doivent être ajustées en tenant compte du mouvement du pantographe et des tolérances de voie conformément à l'appendice D.1.4.

Le débattement latéral maximal autorisé est lié aux profils cibles de la tête de pantographe, tel que définis par la STI LOC et MRV, point 4.2.8.2.9.2.

Les valeurs de débattement latéral sont adaptées en fonction du mouvement du pantographe et des tolérances de voie, en tenant compte de l'appendice D de la STI ENE.

Pour le réseau avec un écartement des voies de 1 520 mm, des valeurs particulières pour le débattement latéral sont définies.

2.3.8. Gabarit du pantographe (point 4.2.10)

Détermination du gabarit cinématique mécanique de pantographe.

Ce point – avec l'appendice D de la STI ENE – est basé sur la série de normes EN 15273 portant sur le calcul détaillé du gabarit pour les infrastructures et les véhicules.

Cette STI utilise les concepts de largeur et de longueur de la tête de pantographe comme défini dans la figure 2.3.7 ci-dessous.

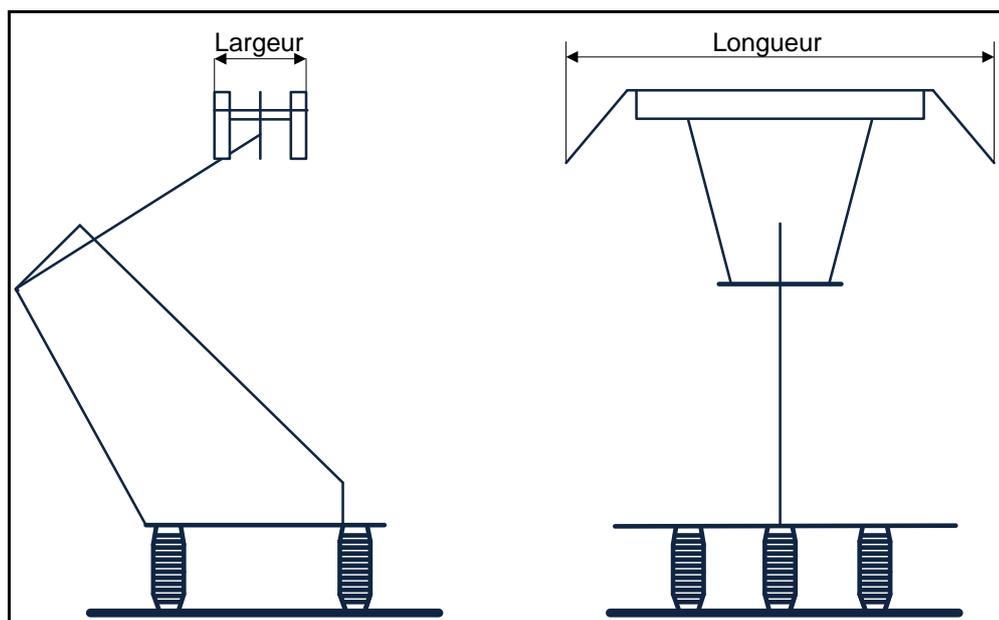


Figure 2.3.7 – Largeur et longueur de la tête de pantographe (selon la fig. 1 EN 50206-1:2010).

On considère que l'appendice D est plus spécifique pour le matériel roulant et les pantographes conformes à la STI.

L'appendice D détermine le profil de référence utilisé pour calculer le gabarit minimal d'infrastructure nécessaire pour le libre passage et le débattement latéral maximal du fil de contact.

Détermination du gabarit statique de pantographe.

L'appendice D contient les exigences relatives au gabarit statique de pantographe pour le réseau avec un écartement des voies de 1 520 mm.

2.3.9. Effort de contact moyen (point 4.2.11)

- (1) *L'effort de contact moyen F_m est la valeur moyenne statistique de l'effort de contact. F_m est formé par les composantes statique, dynamique et aérodynamique de l'effort de contact du pantographe.*
- (2) *Les plages de F_m pour chacun des systèmes d'alimentation électrique sont définies dans le tableau 6 de la norme EN 50367:2012.*
- (3) *Les lignes aériennes de contact doivent être conçues de façon à pouvoir soutenir la limite de conception supérieure de F_m précisée dans le tableau 6 de la norme EN 50367:2012.*
- (4) *Les courbes s'appliquent à des vitesses inférieures ou égales à 320 km/h. Pour des vitesses supérieures à 320 km/h, les procédures énoncées au point 6.1.3 s'appliquent.*

Pour définir les limites d'effort de contact pour la performance d'interaction, une référence à la norme EN 50367:2012 remplace les anciennes courbes et formules [voir STI ENE CR et GV - limites pour la performance d'interaction (effort de contact)].

Les formules de la norme EN 50367:2012 (tableau 6) représentent la limite de conception supérieure de F_m , en suivant la même approche que dans la STI EN CR.

Par conséquent, la LAC devrait être conçue pour accepter un véhicule avec un pantographe exerçant un effort de contact situé dans la plage entre $F_{m,min}$ et $F_{m,max}$, comme indiqué dans la norme EN 50367:2012 (tableau 6).

La STI exige que la ligne aérienne de contact soit conçue de façon à pouvoir soutenir la limite de conception supérieure de F_m précisée dans le tableau 6 de la norme EN 50367:2012. Par conséquent, l'effort de contact moyen exercé pendant la mesure pour l'évaluation de la LAC est $F_{m,max}$ ou supérieur. Cela est nécessaire en raison du fait que F_m ne peut pas être adapté exactement pour la mesure.

2.3.10. Comportement dynamique et qualité du captage de courant (point 4.2.12)

(1) *En fonction de la méthode d'évaluation, la ligne aérienne de contact doit atteindre les valeurs de la performance dynamique et du soulèvement du fil de contact (à la vitesse de conception) figurant dans le tableau 4.2.12.*

Par rapport aux STI précédentes, les exigences en matière de comportement dynamique et de qualité du captage de courant ont été séparées des méthodes d'évaluation.

Pour plus de détails sur l'évaluation, voir le point 2.6 du présent guide.

2.3.11. Espacement des pantographes (point 4.2.13)

La ligne aérienne de contact doit être conçue pour un minimum de deux pantographes fonctionnant de façon contiguë, de manière à ce que l'espacement minimal de ligne de centre à ligne de centre des têtes de pantographes adjacents soit égal ou inférieur aux valeurs figurant dans l'une des colonnes «A», «B» ou «C» choisie dans le tableau 4.2.13.

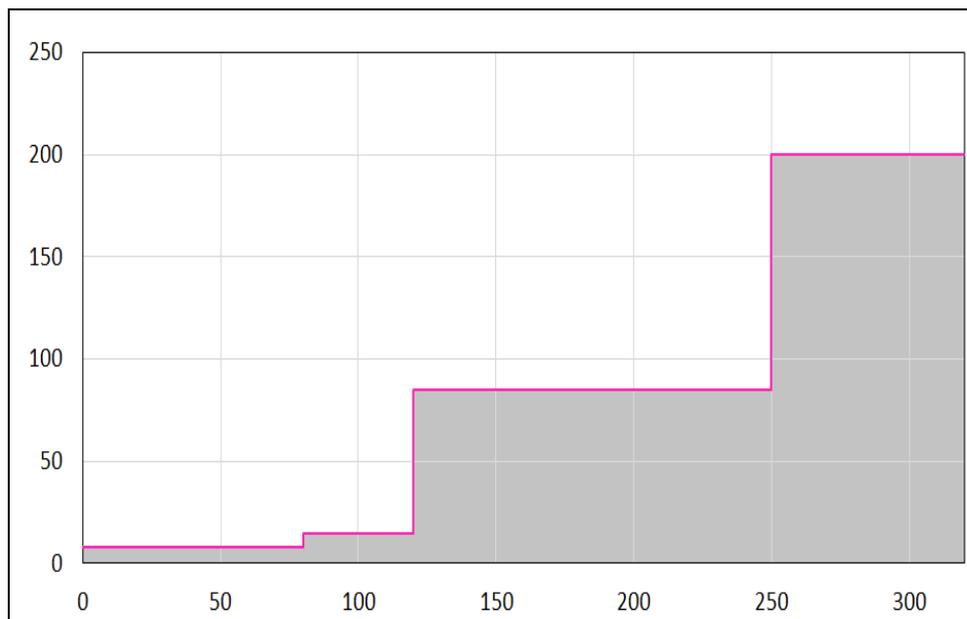
Pour la conception de la LAC, il est important de souligner que le but des valeurs reprises dans le tableau 4.2.13 est:

- d'indiquer que les LAC doivent être conçues pour accepter au moins deux pantographes;
- d'établir une classification des configurations de modèle de LAC (types A, B ou C);
- de définir la distance maximale de ligne de centre à ligne de centre des têtes de pantographes adjacents pour le modèle de LAC;
- d'établir une référence pour spécifier les limites de la LAC dans le registre des infrastructures dont les opérateurs doivent tenir compte avant de mettre un train en

service sur la ligne. Si l'opérateur ne se conforme pas aux valeurs reprises dans le registre des infrastructures, des essais supplémentaires peuvent être réalisés;

- de ne pas établir la distance minimale de ligne de centre à ligne de centre des têtes de pantographes adjacents dans le contexte de l'évaluation du CI ou du sous-système LOC et MRV.

Valeurs de conception pour la LAC de courant alternatif de type B (ordonnée: distance (m), abscisse: vitesse (km/h))



La figure ci-dessus donne un exemple d'une LAC de courant alternatif de type B. Le concepteur de la LAC est libre de déplacer la ligne de séparation plus avant dans la zone grise. Les valeurs réelles sont indiquées dans le registre des infrastructures. Lorsque les valeurs correspondent exactement aux valeurs de type B, la zone blanche donne alors les valeurs autorisées pour les trains.

Tableau 4.2.13 - *Espacement des pantographes pour le modèle de LAC* - définit l'espacement minimal de ligne de centre à ligne de centre de deux pantographes adjacents.

Les colonnes «A», «B» et «C» sont spécifiées comme «une référence» pour définir une spécification minimale de la performance de la ligne aérienne pour le fonctionnement de trains avec deux pantographes maximum. Cette «référence» définit une position évaluable.

L'espacement de conception réel peut être réduit pour permettre le fonctionnement de trains avec des pantographes plus proches à une vitesse plus élevée, ou permettre l'utilisation de trois pantographes ou plus sur un train. Dans de nombreux cas, l'application des valeurs minimales définies par la STI risque d'être insuffisante pour

répondre aux besoins d'opérateurs ferroviaires individuels - le concepteur doit en tenir compte lors de la conception de la ligne aérienne.

Les informations concernant le nombre de pantographes fonctionnant sur un train et les distances entre deux pantographes consécutifs qui peuvent être utilisés sur une certaine ligne à une vitesse donnée sont fixées dans le registre des infrastructures (clause 1.1.1.2.3.3).

2.3.12. Sections de séparation (points 4.2.15 et 4.2.16)

L'objectif principal des sections de séparation est d'éviter le pontage de deux phases/systèmes adjacents par un véhicule qui traverse les sections.

Dans le cas de lignes dont la vitesse $v \geq 250$ km /h, les exigences de la STI EN GV relatives à la conception ont été maintenues. Pour les autres lignes, la STI donne une plus grande liberté pour la conception des sections de séparation.

Des informations détaillées sur la section de séparation spécifique sont fournies dans le registre des infrastructures (clause 1.1.1.2.4).

Les normes EN 50367:2012 et EN 50388:2012 fournissent des informations supplémentaires.

Lorsqu'il est nécessaire de séparer deux sections d'alimentation du même système (le changement de phase se produit sans aucune charge), les règles pour les sections de séparation de phases sont également d'application.

La longueur dans les sections de séparation doit être déterminée en veillant à prendre en compte les chevauchements entre les sections. La longueur totale D sera choisie de telle sorte à s'assurer que le premier pantographe de passage quitte en toute sécurité la première section avant d'entrer dans la deuxième. La définition de D dans les sections de séparation au moyen du calcul statique n'est pas suffisante, étant donné qu'il faut tenir compte de l'influence dynamique.

2.3.13. Système au sol de collecte des données sur l'énergie (point 4.2.17)

(2) *Le système au sol de collecte des données sur l'énergie doit pouvoir recevoir, stocker et exporter les données compilées sur la facturation de l'énergie consommée sans les corrompre.*

L'extension par la nouvelle directive 2011/18/UE (modifiant la directive 2008/57/CE), du sous-système «énergie» pour couvrir également l'équipement au sol du système de mesure de la consommation d'électricité a eu un impact significatif sur la STI ENE (comparée à la STI ENE CR).

Le système de mesure du courant de traction a été divisé en deux parties:

- système au sol de collecte des données sur l'énergie, défini dans la STI ENE,

- système embarqué de mesure de la consommation d'énergie, défini dans la STI LOC et MRV.

Vous trouverez plus de détails sur la stratégie de mise en œuvre au point 2.7.4 du présent guide.

Aucune évaluation du système au sol de collecte des données sur l'énergie ne doit être réalisée par l'organisme notifié dans le cadre de la vérification du sous-système «énergie».

2.4. Interfaces

Les interfaces entre le sous-système «énergie» et les autres sous-systèmes sont abordées au point 4.3 de la STI. Dans cette section, seules les interfaces qui nécessitent de plus amples explications sont développées.

Par rapport aux précédentes STI ENE, la référence à la STI STF a été supprimée car les exigences particulières en rapport avec le sous-système «énergie» dont il faut tenir compte dans les tunnels sont couvertes par la nouvelle STI STF.

2.4.1. Interface avec le sous-système «matériel roulant»

La liste complète des paramètres correspondants entre la STI ENE et la STI LOC & MRV figure dans le tableau 4.3.2. Certains aspects spécifiques sont soulignés dans les points ci-dessous.

2.4.1.1. Matériau du fil de contact/Matériau de la bande de frottement

L'interface entre les sous-systèmes «matériel roulant» et «énergie» et les paramètres connexes dans les deux STI a pris en compte les résultats du projet de recherche (matériau de la bande de frottement CoStrIM) dans le cas de l'acceptation du carbone imprégné de cuivre sur le réseau en courant alternatif. D'autres matériaux, approuvés sur des réseaux spécifiques, sont indiqués dans le registre des infrastructures (clause 1.1.1.2.3.4).

2.4.1.2. Système au sol de collecte des données sur l'énergie/Système embarqué de mesure de l'énergie

Suite à la publication de la directive 2011/18/UE, l'introduction dans le champ d'application du sous-système «énergie» de l'*équipement au sol du système de mesure de la consommation d'électricité* a nécessité un examen plus attentif de l'interface entre le véhicule et le sol dans le cadre de la transmission des données. Au cours de la rédaction de la STI ENE, aucun accord n'a été obtenu concernant cette interface de sorte que *la spécification relative aux protocoles d'interface et au format des données transférées est un point qui reste ouvert* (voir appendice D de la STI LOC et MRV).

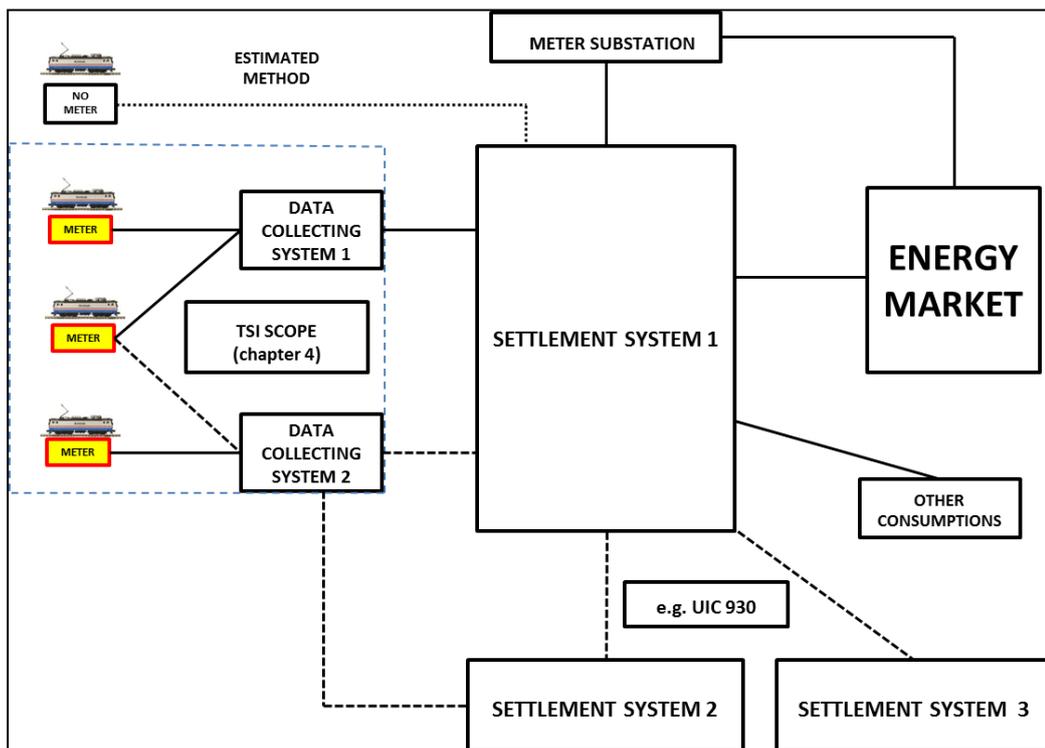
Il est important de faire la différence entre les concepts suivants:

- système de relevé énergétique,
- système de collecte de données

Le système de relevé énergétique est défini comme étant le processus par lequel des données prélevées sur des points mesurés sont attribuées au point spécifique de la chaîne d'approvisionnement énergétique, en combinant des informations tarifaires, ce qui fournit une base pour les paiements liés à la quantité d'énergie, l'utilisation des charges du système associées aux réseaux de transmission et de distribution, ainsi que pour l'accord contractuel commercial intervenant entre les acteurs de la chaîne énergétique (ex. producteurs, gestionnaires du système de transmission/distribution, fournisseurs, clients, etc.).

Le système de collecte de données est un service au sol qui collecte les données compilées sur la facturation de l'énergie à partir d'un système de mesure d'énergie embarqué (EMS).

Le diagramme suivant illustre les principales relations entre les systèmes:



<i>EN</i>	<i>FR</i>
Meter substation	Compteur sous-station
Settlement system 1	Système de relevé 1
ENERGY MARKET	MARCHÉ DE L'ÉNERGIE
Other consumptions	Autres consommations
e.g. UIC 930	ex. UIC 930
Settlement system 2 / 3	Système de relevé 2 / 3
Estimated method	Méthode estimée
No meter	Pas de compteur
Meter	Compteur
Data collecting system 1 / 2	Système de collecte des données 1 / 2
TSI scope (chapter 4)	Champ d'application STI (chapitre 4)

Du point de vue de l'interopérabilité ferroviaire, il faut que chaque système de mesure d'énergie embarqué puisse échanger des données avec n'importe quel système de collecte des données.

L'UIC 930 (Échange de données pour la facturation énergétique ferroviaire transfrontalière) a pour objet de définir les processus et les protocoles utilisés pour l'échange des données de consommation énergétique entre les GI. Par conséquent, la conformité avec l'UIC 930 n'est pas requise par la STI ENE.

Les États membres doivent s'assurer de la mise en œuvre, dans un délai de deux ans après la clôture du point ouvert susmentionné, d'un système de relevé au sol capable de recevoir des données de n'importe quel système de collecte des données et de les accepter à des fins de facturation

Point ouvert

Le point ouvert se réfère au protocole de communication train-sol et à la structure et au format des données (ex. XML).

Le règlement STI ENE dispose que ce point ouvert sera clos dans un délai de 2 ans après l'entrée en vigueur dudit règlement.

L'appendice I de la STI LOC et MRV (Points ouverts qui ne se rapportent pas à la compatibilité technique entre le véhicule et le réseau) indique que la série de normes EN 61375 (Réseau embarqué de train - TCN) devrait être utilisée.

La solution spécifiée à l'annexe A de la norme EN 50463-4 2012 (Mesure d'énergie à bord des trains, Partie 4: Communication) (contenant le protocole et le format de données) et définie comme la solution préférée devrait être globalement compatible avec la norme EN 61375.

La série EN 50463:2012 (Mesure d'énergie à bord des trains) est en cours de révision pour définir le format des données et pour garantir une compatibilité totale avec la série EN 61375 (Réseau embarqué de train - TCN).

2.4.2. Exploitation et gestion du trafic

Le sous-système «énergie» comprend des interfaces non seulement avec une unité individuelle (définie dans la STI LOC&MRV) mais aussi avec un train (qui peut être une composition d'unités assemblées par l'entreprise ferroviaire au niveau opérationnel). Dans ce contexte, il existe certains paramètres du sous-système «énergie» (voir point 4.3.5 de la STI ENE) qui ont une interface avec le sous-système «exploitation et gestion du trafic». Ces paramètres, qui ont une incidence sur la conception du sous-système «énergie» et affectent la préparation et le fonctionnement des trains, figurent dans le registre des infrastructures et les documents de l'entreprise ferroviaire (livret de ligne).

2.5. Constituants d'interopérabilité (CI)

LAC en tant que CI

L'expérience confirme l'idée de garder la LAC comme un CI car les avantages sont importants:

- harmonisation des différents «types» de LAC,
- réduction de la prolifération de différentes versions de LAC et de différentes étapes d'évaluation de la même LAC si l'on applique la procédure d'une attestation de contrôle intermédiaire (ISV),
- la LAC peut être proposée comme un «produit» sur le marché,
- allègement du processus d'évaluation du sous-système si l'on utilise une LAC qui a déjà été certifiée.

Ligne aérienne de contact, voir 5.1 (2) (b) de la STI ENE.

En ce qui concerne la définition de la LAC au point 5.1, les lignes d'alimentation et les shunts sont inclus dans la mesure où ils sont influencés par des paramètres définis au point 5.2 de la STI ENE.

2.6. Évaluation de la conformité

2.6.1. Généralités

L'évaluation de la conformité est réalisée à deux niveaux:

- évaluation de la conformité du constituant d'interopérabilité (la LAC), défini au point 6.1 de la STI ENE,
- vérification CE du sous-système «énergie» défini au point 6.2 de la STI ENE.

Les modules définis dans la décision de la Commission 2010/713/UE s'appliquent pour l'évaluation de la conformité du constituant d'interopérabilité LAC et la vérification CE du sous-système «énergie». Le choix entre les modules, pour le CI et le sous-système, est expliqué au chapitre 6 de la STI ENE.

Quand une procédure d'évaluation particulière est requise, la STI ENE la décrit dans des sections spécifiques (la LAC est définie au point 6.1.4 et le sous-système au point 6.2.4).

Certains aspects de la procédure d'évaluation particulière sont expliqués ci-dessous.

2.6.2. Constituant d'interopérabilité– ligne aérienne de contact

Le but de la procédure d'évaluation est de vérifier la conception de la LAC par rapport aux exigences pertinentes exposées au point 5.2.1 de la STI ENE.

Le tableau A.1 décrit les phases d'évaluation de la LAC en tant que CI.

L'évaluation de la LAC en tant que CI est réalisée en deux phases: une revue de la conception, et pour certains paramètres, des essais sont requis conformément à la procédure d'évaluation particulière pour le constituant d'interopérabilité (voir 6.1.4 de la STI ENE).

Une attention particulière devrait être accordée à l'évaluation des conceptions de LAC existantes utilisées avant la publication de cette STI (voir point 2.6.4 du présent guide).

2.6.2.1. Procédure d'évaluation particulière pour le constituant d'interopérabilité – ligne aérienne de contact

2.6.2.1.1. Évaluation du comportement dynamique et de la qualité du captage de courant

Le comportement dynamique et la qualité du captage de courant décrit la relation entre la ligne aérienne de contact et le pantographe afin d'obtenir une bonne qualité de captage de courant et d'éviter une usure ou un endommagement excessif.

Pour plus de clarté, par rapport à la STI ENE CR précédente, ce point a été réorganisé en trois parties:

- Méthodologie (contenant des explications générales)
- Simulation (revue de conception)
- Mesure (essais sur site)

Pour faciliter et accélérer le processus d'évaluation, la STI prévoit la possibilité de réaliser la simulation en utilisant des types de pantographes en cours de certification CI, à condition qu'ils répondent aux autres exigences de la STI LOC et MRV.

L'évaluation de cette exigence est définie au point 6.1.4 de la STI ENE et la performance est confirmée par simulation à chaque combinaison vitesse/espacement des pantographes pour laquelle la ligne aérienne a été conçue. Pour la certification CE de la LAC en tant que CI, un nouvel essai dynamique sur

site doit porter au minimum sur les dispositions de pantographes les moins performantes (espacement/vitesse) résultant de la simulation.

Dans des essais sur site avec plusieurs pantographes, une combinaison des deux pantographes qui ont été utilisés dans la simulation est autorisée.

La procédure visant à évaluer le comportement dynamique et le captage de courant du pantographe en tant que CI ne fait pas partie du champ d'application de la STI ENE mais est définie dans la STI LOC et MRV.

2.6.2.1.2. Évaluation du courant à l'arrêt (systèmes CC)

Pour des systèmes CC, des évaluations supplémentaires doivent être réalisées pour éviter une surchauffe du point de contact à l'arrêt.

La méthodologie est définie à l'annexe A.3 (essais supplémentaires pour systèmes CC) de la norme EN 50367:2012. Pour l'évaluation, il faudrait utiliser la valeur test de l'effort de contact statique fournie dans la norme EN 50367:2012 (tableau 4, point 7.2).

2.6.3. Sous-système «énergie»

Les principales préoccupations en matière d'évaluation du sous-système «énergie» portent sur l'incorporation de la LAC dans ce sous-système.

En général, le sous-système «énergie» doit contenir une LAC - CI qui possède une déclaration CE de conformité. Dans ce cas, l'évaluation de la conception de la LAC est déjà réalisée et l'évaluation de la LAC dans le sous-système se concentrera sur l'intégration dans le sous-système.

Si le sous-système «énergie» comprend une LAC qui ne possède pas de déclaration CE de conformité (comme spécifié au point 6.3 de la STI ENE), l'évaluation du sous-système «énergie» sera plus fastidieux. Dans ce cas, la LAC doit aussi être évaluée par rapport aux exigences définies dans le tableau B de la STI ENE (indiquées par X²).

2.6.3.1. Procédures d'évaluation particulières pour le sous-système «énergie» - en rapport avec la LAC

Lorsque la LAC a été certifiée en tant que constituant d'interopérabilité, elle peut être utilisée sur des lignes interopérables après l'intégration à un sous-système.

2.6.3.1.1. Évaluation du comportement dynamique et de la qualité du captage de courant (intégration à un sous-système)

Le principal aspect de l'évaluation du comportement dynamique et de la qualité du captage de courant d'une LAC certifiée est l'identification des erreurs de conception et d'installation.

Ces mesures doivent être effectuées avec un constituant d'interopérabilité «pantographe» présentant les caractéristiques d'effort de contact moyen requises par le point 4.2.11 de la présente STI pour la vitesse de conception de la ligne en tenant compte des aspects liés à la vitesse minimale et aux voies d'attente.

La *vitesse minimale* devrait être comprise comme la vitesse d'exploitation d'une voie. Lorsque la vitesse d'exploitation est inférieure à la vitesse de référence du constituant d'interopérabilité LAC (par exemple, en raison de contraintes liées à l'ensemble du système, à la voie et/ou à la signalisation), l'essai doit être effectué à la vitesse d'exploitation maximale de la voie.

La vitesse d'exploitation maximale de la voie est incluse dans le certificat «CE» de vérification émis par l'organisme notifié, dans les conditions de validité du certificat.

Pour des vitesses jusqu'à 120 km/h (systèmes CA) et jusqu'à 160 km/h (systèmes CC), la mesure des efforts de contact ne permet généralement pas d'identifier les erreurs d'installation significatives. Dans ce cas, il convient d'utiliser des méthodes alternatives d'identification des erreurs de construction, comme la mesure de la hauteur, du désaxement et du soulèvement du fil de contact. Cette approche ne peut pas être adoptée pour la procédure de certification CI.

2.6.4. Évaluation des modèles de LAC existants - clarifications

La mise en œuvre de la STI ENE pour les modèles de LAC existants suscite des inquiétudes et des questions en rapport avec le processus d'évaluation, lesquelles peuvent être résumées en trois groupes:

- a) Cadre juridique pour l'application des modèles de LAC existants qui sont déjà utilisés dans le réseau particulier (pour les LAC en tant que CI et pour les LAC non certifiées)

Il convient de préciser qu'au départ, les STI ENE n'imposaient aucune nouvelle exigence et reflétaient généralement l'état actuel de la technique. En ce sens, les LAC existantes en service, étayées par des dossiers d'exploitation et d'entretien complets, devraient répondre à la plupart des exigences de la STI.

Pour les LAC existantes faisant l'objet d'une évaluation de conformité, le processus est réalisé conformément au point 6.1.2 de la STI ENE. Dès lors, pour un CI commercialisé sur le marché européen avant l'entrée en vigueur de cette STI, l'application des modules suivants est prévue: CA – contrôle interne de la fabrication (sans implication de l'organisme notifié) ou CH – conformité sur la base du système de gestion de la qualité complet (avec implication de l'organisme notifié qui vérifie le système de gestion de la qualité d'un candidat).

Pour une LAC non certifiée intégrée dans le sous-système ENE, le processus décrit au point 6.3 de la STI ENE peut être utilisé, mais avec une période de temps limitée.

Cela offre la possibilité d'utiliser la LAC existante – généralement à l'intérieur du réseau donné – avec une expérience confirmée (dossiers d'exploitation et d'entretien).

Cela est particulièrement important pour le réaménagement et le renouvellement de systèmes quand le projet est en développement pendant un certain temps sur la ligne opérationnelle ou l'extension du réseau existant. Dans ce cas, l'expérience acquise dans le cadre du respect des exigences de la STI ENE (chapitre 4) devrait être suffisante pour mettre en service le sous-système. Il incombe au candidat de décider s'il doit aussi vérifier cette LAC par rapport à la ou aux procédures d'évaluation du point 6.1 de la STI ENE.

Même si une LAC-CI peut être proposée sur d'autres «marchés» comme un «produit», il convient de noter qu'il s'agit d'un «produit particulier» qui existe en tant que conception et en tant qu'assemblage réel uniquement lorsqu'il est incorporé dans un sous-système.

Pour couvrir le risque lié à certaines particularités (ex. tunnels, ponts, aménagement, etc.), lorsque la LAC-CI est intégrée dans un nouveau sous-système, le demandeur est libre de décider s'il doit aussi vérifier cette LAC par rapport à la ou aux procédures d'évaluation du point 6.1 de la STI ENE.

- b) Réalisation du processus de certification CI si des outils de simulation, des données pour des simulations, etc. ne sont pas disponibles.

Cette question a été soulevée lorsque la STI ENE CR a été mise en application; elle se réfère uniquement à l'évaluation du paramètre de comportement dynamique et de qualité du captage de courant. Dans la méthodologie détaillée décrite dans la STI ENE CR, l'approche de la STI ENE GV révisée a été suivie en mettant l'accent sur:

- l'utilisation de simulations en vue de réduire le nombre d'essais sur site, et
- des essais de mesure sur site avec le pantographe et la section de la ligne choisis.

Les retours d'information sur la mise en œuvre des STI ont donné lieu à l'expression d'inquiétudes concernant:

- l'accès aux outils de simulation, développés tout particulièrement pour les extensions au réseau GV. Il s'agit souvent de programmes informatiques dédiés, personnalisés et améliorés en permanence sur la base de l'expérience acquise.
- la disponibilité des données – modèles mathématiques de pantographes et de types de LAC (qui peuvent être soumis à des lois en matière de propriété).

Il convient de souligner que ces problèmes sont temporaires et dépendent du nombre limité de CI certifiés disponibles sur le marché. Ce problème sera résolu par une augmentation du nombre de nouveaux produits, par une application plus large des STI et par des mises à jour des bases de données (comme ERADIS).

CENELEC procède également à la révision (nouveau projet de travail en 2014) de la norme existante EN 50318 (Validation des simulations de l'interaction dynamique entre le pantographe et la caténaire) en vue d'incorporer des modèles mathématiques de LAC et de pantographes afin de faciliter le développement et l'application d'outils de simulation.

L'étroite collaboration entre le gestionnaire de l'infrastructure et le fabricant des véhicules (ou entreprises ferroviaires) permettra d'accélérer le processus d'évaluation, au bénéfice des deux parties.

Dans le cas de conceptions de LAC existantes en service depuis au moins 20 ans, pour faciliter l'évaluation du sous-système «énergie» et pour ouvrir le marché, une disposition a été introduite dans la STI qui permettra de limiter l'évaluation à la seule mesure.

- c) Nécessité de réaliser des essais dynamiques dans le cas de l'intégration au sous-système de types de LAC pour des vitesses appliquées sur le réseau conventionnel.

La question a été abordée au point ci-dessus (voir 2.6.3). Comme souligné dans la STI, le but principal de ces essais est d'identifier des erreurs de conception et d'installation, en tenant compte du fait que la LAC a été entièrement contrôlée dans le cadre du processus de certification CI.

Conformément à cette approche, en tirant profit de l'expérience acquise et dans le but de réduire le nombre d'essais (et les coûts afférents) pour des vitesses spécifiées dans la STI (voir point 6.2.4.5 (5) de la STI ENE), la mesure de l'effort de contact dynamique est considérée comme inutile pour l'identification d'erreurs d'installation significatives. Dans ce cas, des mesures statiques sont considérées comme suffisantes.

2.6.5. Évaluation des moyens de protection contre les chocs électriques (4.2.18)

L'organisme notifié devrait évaluer les étapes de la phase de production indiquées dans le tableau B.1 uniquement si aucun autre organisme indépendant ne l'a fait.

Un «organisme indépendant» désigne dans ce contexte toute entité d'évaluation (organisme ou personne) qui est compétente en vertu du droit national (comme le droit de la construction ou la législation ferroviaire) pour réaliser une évaluation des moyens de protection contre les chocs électriques

Cet organisme indépendant peut être, ou non, une organisation agissant également comme un organisme notifié ou un organisme désigné au sens de la directive sur l'interopérabilité 2008/57 CE.

Pour éviter une répétition inutile de ces essais, le candidat à la vérification CE en vertu de la STI ENE devrait informer l'organisme notifié de l'existence de ces essais et fournir les certificats et la documentation technique afférents.

L'organisme notifié devrait inclure des preuves des contrôles réalisés par l'organisme indépendant dans le fichier technique et les indiquer dans le certificat CE.

2.6.6. Explications supplémentaires du tableau B.1 - Vérification CE du sous-système «énergie»

Pour une interprétation correcte du tableau B.1, en ce qui concerne les paramètres suivants, l'indication «s.o.» devrait être comprise comme le fait que l'évaluation n'est généralement pas effectuée par un organisme notifié, sauf dans les situations décrites ci-après:

- Géométrie de la ligne aérienne de contact (4.2.9), dans la colonne Assemblage (avant mise en service), lorsqu'une méthode d'évaluation alternative est utilisée comme prévu au point 6.2.4.5. [Évaluation du comportement dynamique et de la qualité du captage de courant (intégration à un sous-système)] de la STI, et
- Comportement dynamique et qualité du captage de courant (4.2.12), dans la colonne Validation en vraie grandeur, lorsque la validation dans la phase «Assemblage avant mise en service» n'est pas possible, par exemple pour les raisons suivantes: limitation opérationnelle de la vitesse maximale ou nécessité de charge pour la stabilité de la voie.

2.7. Mise en œuvre

2.7.1. Généralités

Dans le sous-système «énergie», les deux facteurs les plus importants pour assurer la liberté d'accès sont les suivants:

- le système d'alimentation électrique;
- la ligne aérienne de contact qui permet le passage des pantographes de référence.

«L'équipement au sol du système de mesure de la consommation d'électricité» étant intégré dans le sous-système «énergie», une attention particulière devrait être accordée à sa mise en œuvre.

2.7.2. Plan de mise en œuvre pour la tension et la fréquence (point 7.2.2)

La question du système d'alimentation doit être examinée de manière flexible, en tenant compte de la situation locale et des autres sous-systèmes, tels que le système de contrôle-commande et signalisation (CCS) ou l'infrastructure, ainsi que des progrès

réalisés dans les technologies de véhicules compatibles avec plusieurs systèmes d'alimentation.

La décision relative au système d'alimentation doit être prise au niveau de l'État membre, étant donné qu'elle implique non seulement des engagements dans le secteur ferroviaire, mais aussi d'autres engagements, y compris les investissements nécessaires dans le système (de transmission et de distribution) d'énergie, le développement régional et les accords internationaux.

Dans le cas de lignes à grande vitesse – pour de nouvelles lignes dont la vitesse est supérieure à 250 km/h, le choix est limité aux systèmes CA, en tenant compte de la demande en puissance et de la réduction des pertes dans les installations fixes.

2.7.3. Plan de mise en œuvre pour la géométrie de la LAC (point 7.2.3)

La stratégie en matière de géométrie de la LAC pour l'État membre devrait inclure l'ensemble du réseau pour l'État membre, en tenant compte du réseau en tant que système avec des zones et des corridors pouvant nécessiter différentes stratégies. Les stratégies pour les zones avoisinantes et les corridors devront aussi être prises en compte.

Le plan de mise en œuvre définit les règles suivantes:

- (a) Les nouvelles lignes d'une vitesse supérieure à 250 km/h doivent accepter les deux pantographes indiqués aux points 4.2.8.2.9.2.1 (1 600 mm) et 4.2.8.2.9.2.2 (1 950 mm) de la STI LOC et MRV. Si cela n'est pas possible, la LAC doit être conçue pour pouvoir être utilisée au moins par le pantographe de 1 600 mm.
- (b) Les lignes réaménagées ou renouvelées d'une vitesse égale ou supérieure à 250 km/h doivent au moins accepter le pantographe de 1 600 mm.
- (c) Autres cas: la LAC doit être conçue pour pouvoir être utilisée par au moins l'un de ces deux pantographes: pantographe de 1 600 mm ou pantographe 1 950 mm.

Pour des systèmes à l'écartement de voie autre que 1 435 mm: la LAC doit être conçue pour pouvoir être utilisée par au moins l'un des pantographes suivants:

- pantographe de 1 600 mm
- pantographe de 1 950 mm
- pantographe de 2 000/2 260 mm (spécifié dans la STI LOC et MRV point 4.2.8.2.9.2.3).

2.7.4. Mise en œuvre du système au sol de collecte des données sur l'énergie (point 7.2.4)

Le processus de mise en œuvre du système au sol de collecte des données sur l'énergie est complexe et implique des acteurs ne faisant pas partie du secteur ferroviaire. Il devrait être réalisé en étroite collaboration avec les régulateurs du marché de l'énergie et du marché ferroviaire. Il convient de souligner que le processus porte non seulement sur l'adaptation de solutions techniques, mais qu'il peut aussi influencer le cadre juridique national actuel en rapport avec la mise en œuvre des directives sur le marché de l'énergie, des directives ferroviaires et d'autres lois nationales (comme le droit fiscal). Il est également important de définir le rôle et les responsabilités des entités ferroviaires (gestionnaires d'infrastructures, entreprises ferroviaires) sur le marché de l'énergie. La STI impose un délai serré pour cette tâche, à savoir dans un délai de 2 ans après la clôture du point ouvert mentionné au point 4.2.17.