

## II

(Actes non législatifs)

## DÉCISIONS

## DÉCISION DE LA COMMISSION

du 26 avril 2011

**concernant une spécification technique d'interopérabilité relative au sous-système «énergie» du système ferroviaire transeuropéen conventionnel**

[notifiée sous le numéro C(2011) 2740]

(Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE)

(2011/274/UE)

LA COMMISSION EUROPÉENNE,

2008/57/CE. La STI définie à l'annexe porte sur le sous-système «énergie» et vise à satisfaire aux exigences essentielles et à assurer l'interopérabilité du système ferroviaire.

vu le traité sur le fonctionnement de l'Union européenne,

vu la directive 2008/57/CE du Parlement européen et du Conseil du 17 juin 2008 relative à l'interopérabilité du système ferroviaire au sein de la Communauté <sup>(1)</sup>, et notamment son article 6, paragraphe 1,

(4) La STI figurant à l'annexe devrait se référer à la décision 2010/713/UE de la Commission du 9 novembre 2010 relative à des modules pour les procédures concernant l'évaluation de la conformité, l'aptitude à l'emploi et la vérification CE à utiliser dans le cadre des spécifications techniques d'interopérabilité adoptées en vertu de la directive 2008/57/CE du Parlement européen et du Conseil <sup>(3)</sup>.

considérant ce qui suit:

(1) Conformément à l'article 2, point e), et à l'annexe II de la directive 2008/57/CE, le système ferroviaire est subdivisé en sous-systèmes de nature structurelle et fonctionnelle, dont un sous-système «énergie».

(5) Conformément à l'article 17, paragraphe 3, de la directive 2008/57/CE, les États membres sont tenus de communiquer à la Commission et aux autres États membres les procédures d'évaluation de la conformité et de vérification en usage pour les cas spécifiques, ainsi que les organismes chargés d'appliquer ces procédures.

(2) Par sa décision C(2006) 124 final du 9 février 2006, la Commission a conféré un mandat à l'Agence ferroviaire européenne (ci-après «l'Agence») pour développer des spécifications techniques d'interopérabilité (STI) conformément à la directive 2001/16/CE du Parlement européen et du Conseil du 19 mars 2001 relative à l'interopérabilité du système ferroviaire transeuropéen conventionnel <sup>(2)</sup>. En vertu de ce mandat, l'Agence était chargée d'élaborer le projet de STI relative au sous-système «énergie» du système ferroviaire conventionnel.

(6) La STI figurant à l'annexe n'affecte en rien les dispositions des autres STI qui seraient applicables aux sous-systèmes «énergie».

(7) La STI figurant à l'annexe ne devrait pas imposer l'utilisation de technologies ou de solutions techniques spécifiques, excepté lorsque cela est strictement nécessaire pour assurer l'interopérabilité du système ferroviaire au sein de l'Union.

(3) Les spécifications techniques d'interopérabilité (STI) sont des spécifications adoptées conformément à la directive

(8) Conformément à l'article 11, paragraphe 5, de la directive 2008/57/CE, la STI figurant à l'annexe devrait permettre, pour une durée limitée, d'incorporer des constituants d'interopérabilité dans des sous-systèmes sans certification pour autant que certaines conditions soient remplies.

<sup>(1)</sup> JO L 191 du 18.7.2008, p. 1.

<sup>(2)</sup> JO L 110 du 20.4.2001, p. 1.

<sup>(3)</sup> JO L 319 du 4.12.2010, p. 1.

- (9) Pour continuer à encourager l'innovation et prendre en compte l'expérience acquise, la STI en annexe devrait faire l'objet de révisions périodiques.
- (10) Les mesures prévues à la présente décision sont conformes à l'avis du comité institué en vertu de l'article 29, paragraphe 1, de la directive 2008/57/CE,

A ADOPTÉ LA PRÉSENTE DÉCISION:

#### *Article premier*

Une spécification technique d'interopérabilité (STI) relative au sous-système «énergie» du système ferroviaire transeuropéen conventionnel est adoptée par la Commission.

Cette STI figure en annexe de la présente décision.

#### *Article 2*

La présente STI s'applique à toutes les infrastructures nouvelles, réaménagées ou renouvelées du système ferroviaire transeuropéen conventionnel au sens de l'annexe I de la directive 2008/57/CE.

#### *Article 3*

Les procédures d'évaluation de la conformité, de l'aptitude à l'emploi et la vérification CE énoncées au chapitre 6 de la STI en annexe sont fondées sur les modules définis dans la décision 2010/713/UE.

#### *Article 4*

1. Pendant une période transitoire de dix ans, il est permis de délivrer un certificat de vérification CE pour un sous-système contenant des constituants d'interopérabilité n'ayant pas fait l'objet d'une déclaration «CE» de conformité ou d'aptitude à l'emploi, à condition que les dispositions du point 6.3 de l'annexe soient respectées.

2. La production ou le réaménagement/renouvellement du sous-système comprenant les constituants d'interopérabilité non certifiés doivent être achevés au cours de la période de transition, y compris la mise en service.

3. Pendant la période de transition, les États membres veillent à ce que:

- a) les motifs de l'absence de certification du constituant d'interopérabilité soient dûment indiqués dans la procédure de vérification visée au paragraphe 1;

- b) les autorités nationales de sécurité indiquent dans leur rapport annuel visé à l'article 18 de la directive 2004/49/CE du Parlement européen et du Conseil <sup>(1)</sup> les détails des constituants d'interopérabilité non certifiés et les motifs de l'absence de certification, y compris l'application de règles nationales notifiées en vertu de l'article 17 de la directive 2008/57/CE.

4. Au terme de la période de transition, et avec les exceptions autorisées au point 6.3.3 relatif à l'entretien, les constituants d'interopérabilité sont couverts par la déclaration CE requise de conformité et/ou d'aptitude à l'emploi avant d'être incorporés dans le sous-système.

#### *Article 5*

Conformément à l'article 5, paragraphe 3, point f), de la directive 2008/57/CE, la STI figurant à l'annexe définit, au chapitre 7, une stratégie de migration vers un sous-système «énergie» totalement interopérable. Il est nécessaire que cette migration s'effectue dans le respect de l'article 20 de ladite directive, qui indique les principes de l'application de la STI aux projets de renouvellement ou de réaménagement. Les États membres communiquent à la Commission un rapport sur la mise en œuvre de l'article 20 de la directive 2008/57/CE trois ans après l'entrée en vigueur de la présente décision. Ce rapport sera examiné au sein du comité institué par l'article 29 de la directive 2008/57/CE et, s'il y a lieu, la STI figurant à l'annexe sera adaptée.

#### *Article 6*

1. En ce qui concerne les questions classées comme «cas spécifiques» au chapitre 7 de la STI, les conditions à remplir pour la vérification de l'interopérabilité en application de l'article 17, paragraphe 2, de la directive 2008/57/CE sont les règles techniques applicables utilisées dans l'État membre qui autorise la mise en service des sous-systèmes couverts par la présente décision.

2. Chaque État membre notifie aux autres États membres et à la Commission, dans un délai de six mois à compter de la notification de la présente décision:

- a) les règles techniques applicables visées au paragraphe 1;
- b) les procédures d'évaluation de la conformité et de vérification à mettre en œuvre en ce qui concerne l'application des règles techniques mentionnées au paragraphe 1;
- c) les organismes qu'il désigne pour accomplir les procédures d'évaluation de la conformité et de vérification des cas spécifiques mentionnés au paragraphe 1.

<sup>(1)</sup> JO L 164 du 30.4.2004, p. 44.

*Article 7*

La présente décision s'applique à partir du 1<sup>er</sup> juin 2011.

*Article 8*

Les États membres sont destinataires de la présente décision.

Fait à Bruxelles, le 26 avril 2011.

*Par la Commission*

Siim KALLAS

*Vice-président*

---

## ANNEXE

**DIRECTIVE 2008/57/CE RELATIVE À L'INTEROPÉRABILITÉ DU SYSTÈME FERROVIAIRE AU SEIN DE LA COMMUNAUTÉ**

## SPÉCIFICATION TECHNIQUE D'INTEROPÉRABILITÉ

## Sous-système «énergie» du système ferroviaire conventionnel

	Page
1. INTRODUCTION .....	8
1.1. Champ d'application technique .....	8
1.2. Champ d'application territorial .....	8
1.3. Contenu de la présente STI .....	8
2. DÉFINITION ET CHAMP D'APPLICATION DU SOUS-SYSTÈME .....	8
2.1. Définition du sous-système «énergie» .....	8
2.1.1. Système d'alimentation électrique .....	10
2.1.2. Ligne aérienne de contact et pantographe .....	10
2.2. Interfaces avec les autres sous-systèmes et à l'intérieur du sous-système .....	10
2.2.1. Introduction .....	10
2.2.2. Interfaces concernant l'alimentation électrique .....	10
2.2.3. Interfaces concernant l'équipement de ligne aérienne et les pantographes et leurs interactions .....	11
2.2.4. Interfaces relatives aux sections de séparation de phases et de systèmes .....	11
3. EXIGENCES ESSENTIELLES .....	11
4. CARACTÉRISATION DU SOUS-SYSTÈME .....	13
4.1. Introduction .....	13
4.2. Spécifications fonctionnelles et techniques du sous-système .....	13
4.2.1. Dispositions générales .....	13
4.2.2. Paramètres fondamentaux caractérisant le sous-système «énergie» .....	13
4.2.3. Tension et fréquence .....	14
4.2.4. Paramètres relatifs à la performance du système d'alimentation .....	14
4.2.5. Continuité de l'alimentation électrique en cas de perturbations dans les tunnels .....	14
4.2.6. Capacité de transport de courant, systèmes en courant continu, trains à l'arrêt .....	15
4.2.7. Freinage par récupération .....	15
4.2.8. Mesures de coordination de la protection électrique .....	15
4.2.9. Harmoniques et effets dynamiques pour les systèmes en courant alternatif .....	15
4.2.10. Émissions d'harmoniques vers le fournisseur d'électricité .....	15

	Page
4.2.11. Compatibilité électromagnétique externe .....	15
4.2.12. Protection de l'environnement .....	15
4.2.13. Géométrie de la ligne aérienne de contact .....	15
4.2.14. Gabarit du pantographe .....	16
4.2.15. Effort de contact moyen .....	16
4.2.16. Comportement dynamique et qualité du captage de courant .....	17
4.2.17. Espacement des pantographes .....	18
4.2.18. Matériau du fil de contact .....	18
4.2.19. Sections de séparation de phases .....	18
4.2.20. Sections de séparation de systèmes .....	19
4.2.21. Équipement de mesure de la consommation d'électricité .....	19
4.3. Spécifications fonctionnelles et techniques des interfaces .....	19
4.3.1. Exigences de portée générale .....	19
4.3.2. Locomotives et matériel roulant pour voyageurs .....	19
4.3.3. Infrastructure .....	20
4.3.4. Contrôle-commande et signalisation .....	21
4.3.5. Exploitation et gestion du trafic .....	21
4.3.6. Sécurité dans les tunnels ferroviaires .....	21
4.4. Règles d'exploitation .....	21
4.4.1. Introduction .....	21
4.4.2. Gestion de l'alimentation électrique .....	21
4.4.3. Exécution des travaux .....	22
4.5. Règles de maintenance .....	22
4.6. Qualifications professionnelles .....	22
4.7. Conditions relatives à la santé et à la sécurité .....	22
4.7.1. Introduction .....	22
4.7.2. Moyens de protection des sous-stations et des postes de sectionnement .....	22
4.7.3. Moyens de protection du système de lignes aériennes de contact .....	22
4.7.4. Moyens de protection du circuit de retour du courant .....	23
4.7.5. Autres exigences générales .....	23
4.7.6. Vêtements à haute visibilité .....	23

	Page
4.8. Registre de l'infrastructure et registre européen des types de véhicules autorisés .....	23
4.8.1. Introduction .....	23
4.8.2. Registre de l'infrastructure .....	23
4.8.3. Registre européen des types de véhicules autorisés .....	23
5. CONSTITUANTS D'INTEROPÉRABILITÉ .....	23
5.1. Liste des constituants .....	23
5.2. Performances et spécifications des constituants .....	24
5.2.1. Ligne aérienne de contact .....	24
6. ÉVALUATION DE LA CONFORMITÉ DES CONSTITUANTS D'INTEROPÉRABILITÉ ET VÉRIFICATION «CE» DES SOUS-SYSTÈMES .....	24
6.1. Constituants d'interopérabilité .....	24
6.1.1. Procédures d'évaluation de la conformité .....	24
6.1.2. Application des modules .....	24
6.1.3. Solutions innovantes pour les constituants d'interopérabilité .....	25
6.1.4. Procédure d'évaluation particulière applicable au constituant d'interopérabilité LAC .....	25
6.1.5. Déclaration «CE» de conformité des constituants d'interopérabilité .....	26
6.2. Sous-système «énergie» .....	26
6.2.1. Dispositions générales .....	26
6.2.2. Application des modules .....	26
6.2.3. Solutions innovantes .....	27
6.2.4. Procédures d'évaluation particulières applicables au sous-système .....	27
6.3. Sous-système contenant des constituants d'interopérabilité n'ayant pas fait l'objet d'une déclaration «CE»	28
6.3.1. Conditions .....	28
6.3.2. Documentation .....	28
6.3.3. Maintenance des sous-systèmes certifiés selon la clause 6.3.1 .....	28
7. MISE EN ŒUVRE .....	28
7.1. Généralités .....	28
7.2. Stratégie progressive vers l'interopérabilité .....	28
7.2.1. Introduction .....	28
7.2.2. Stratégie de migration concernant la tension et la fréquence .....	29
7.2.3. Stratégie de migration concernant les pantographes et la géométrie de la LAC .....	29

	Page
7.3. Application de la STI aux lignes nouvelles .....	29
7.4. Application de la STI aux lignes existantes .....	29
7.4.1. Introduction .....	29
7.4.2. Réaménagement/renouvellement de la LAC et/ou de l'alimentation électrique .....	29
7.4.3. Paramètres associés à la maintenance .....	30
7.4.4. Sous-système existant qui ne fait pas l'objet d'un projet de renouvellement ou de réaménagement	30
7.5. Cas spécifiques .....	30
7.5.1. Introduction .....	30
7.5.2. Liste des cas spécifiques .....	30
8. LISTE DES ANNEXES .....	33
ANNEXE A – ÉVALUATION DE CONFORMITÉ DES CONSTITUANTS D'INTEROPÉRABILITÉ .....	34
ANNEXE B – VÉRIFICATION «CE» DU SOUS-SYSTÈME «ÉNERGIE» .....	35
ANNEXE C – REGISTRE DE L'INFRASTRUCTURE, INFORMATIONS SUR LE SOUS-SYSTÈME «ÉNERGIE» .....	37
ANNEXE D – REGISTRE EUROPÉEN DES TYPES AUTORISÉS DE VÉHICULES, INFORMATIONS REQUISES PAR LE SOUS-SYSTÈME «ÉNERGIE» .....	38
ANNEXE E – DÉTERMINATION DU GABARIT CINÉMATIQUE MÉCANIQUE DE PANTOGRAPHE .....	39
ANNEXE F – SOLUTIONS DE SECTION DE SÉPARATION DES PHASES ET DES SYSTÈMES .....	45
ANNEXE G – FACTEUR DE PUISSANCE .....	47
ANNEXE H – PROTECTION ÉLECTRIQUE: DÉCLENCHEMENT DU COUPE-CIRCUIT PRINCIPAL .....	48
ANNEXE I – LISTE DES NORMES MENTIONNÉES EN RÉFÉRENCE .....	49
ANNEXE J – GLOSSAIRE .....	51

## 1. INTRODUCTION

### 1.1. **Champ d'application technique**

La présente STI concerne le sous-système «énergie» du système ferroviaire transeuropéen conventionnel. Le sous-système «énergie» fait partie de la liste des sous-systèmes figurant à l'annexe II de la directive 2008/57/CE.

### 1.2. **Champ d'application territorial**

Le champ d'application territorial de la présente STI est le système ferroviaire transeuropéen conventionnel tel qu'il est décrit à l'annexe I, point 1.1, de la directive 2008/57/CE.

### 1.3. **Contenu de la présente STI**

Conformément à l'article 5, paragraphe 3, de la directive 2008/57/CE, la présente STI:

- a) indique le champ d'application visé (chapitre 2);
- b) précise les exigences essentielles pour le sous-système «énergie» (chapitre 3);
- c) définit les spécifications fonctionnelles et techniques à respecter par le sous-système et ses interfaces vis-à-vis des autres sous-systèmes (chapitre 4);
- d) détermine les constituants d'interopérabilité et les interfaces qui doivent faire l'objet de spécifications européennes, dont les normes européennes, qui sont nécessaires pour réaliser l'interopérabilité du système ferroviaire (chapitre 5);
- e) indique, dans chaque cas envisagé, les procédures qui doivent être utilisées pour évaluer, d'une part, la conformité ou l'aptitude à l'emploi des constituants d'interopérabilité et, d'autre part, la vérification «CE» des sous-systèmes (chapitre 6);
- f) indique la stratégie de mise en œuvre de la STI. Il faut notamment préciser les étapes à franchir pour passer progressivement de la situation existante à la situation finale où le respect de la STI est généralisé (chapitre 7);
- g) indique, pour le personnel concerné, les conditions de qualification professionnelle et de santé et de sécurité au travail requises pour l'exploitation et l'entretien du sous-système concerné ainsi que pour la mise en œuvre de la STI (chapitre 4).

En outre, conformément à l'article 5, paragraphe 5, il peut être prévu des cas spécifiques; ceux-ci sont indiqués au chapitre 7.

Enfin, au chapitre 4, la présente STI énonce également les règles d'exploitation et d'entretien spécifiques du champ d'application indiqué aux paragraphes 1.1 et 1.2 ci-dessus.

## 2. DÉFINITION ET CHAMP D'APPLICATION DU SOUS-SYSTÈME

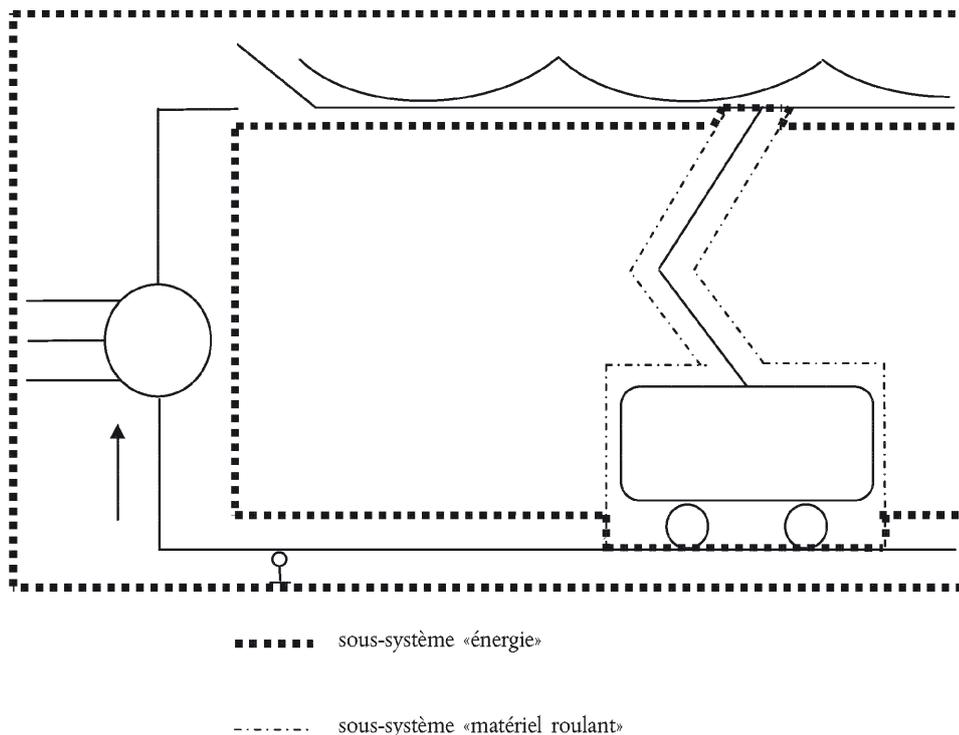
### 2.1. **Définition du sous-système «énergie»**

La STI «énergie» précise les exigences qui sont nécessaires pour assurer l'interopérabilité du système ferroviaire. Elle concerne toutes les installations fixes, à courant continu (CC) ou courant alternatif (CA), qui sont nécessaires à l'alimentation en énergie de traction d'un train, compte tenu des exigences essentielles.

Le sous-système «énergie» comprend aussi la définition et les critères de qualité applicables à l'interaction entre un pantographe et la ligne aérienne de contact. Le troisième rail et le système de frotteur de contact ne constituant pas des systèmes «cibles», la présente STI n'en décrit ni les caractéristiques ni la fonctionnalité.

Figure 1

## Sous-système «énergie»



Le sous-système «énergie» comprend:

- a) les sous-stations: du côté primaire, elles sont connectées au réseau haute tension, la haute tension étant transformée en une tension et/ou convertie en un système d'alimentation électrique adapté aux trains. Du côté secondaire, les sous-stations sont connectées au système de lignes de contact ferroviaires;
- b) les postes de sectionnement: les équipements électriques situés en des points intermédiaires entre les sous-stations d'alimentation, permettant d'alimenter et de mettre en parallèle les lignes de contact et d'assurer la protection, l'isolement et les alimentations auxiliaires;
- c) les sections de séparation: l'équipement requis pour assurer la transition entre des systèmes différents sur le plan électrique ou différentes phases du même système électrique;
- d) le système de lignes de contact: un réseau qui alimente en courant électrique les trains qui circulent sur l'itinéraire et qui le transmet au moyen de dispositifs de captage de courant. Le système de lignes de contact est en outre équipé de sectionneurs à commande manuelle ou à distance qui sont nécessaires pour isoler des sections ou des groupes du système de lignes de contact en fonction des nécessités de l'exploitation. Les lignes d'apport font partie du système de lignes de contact;
- e) le circuit de retour du courant: tous les conducteurs qui forment l'itinéraire prévu de retour du courant de traction et qui sont également utilisés en cas de défaillance. C'est pourquoi, en ce qui concerne cet aspect, le circuit de retour fait partie du sous-système «énergie» et est doté d'une interface avec le sous-système «infrastructure».

De plus, conformément à la directive 2008/57/CE, le sous-système «énergie» comprend:

- f) les parties embarquées du dispositif de mesure de la consommation électrique — permettant de mesurer l'énergie électrique prélevée et restituée (lors du freinage par récupération) à la ligne de contact par le véhicule, en provenance du système de traction électrique externe. L'équipement est intégré dans l'unité de traction, est mis en service avec lui et relève de la STI «locomotives et matériel roulant pour voyageurs» du système ferroviaire conventionnel (STI LOC et MRV).

La directive 2008/57/CE prévoit également que les dispositifs de captage de courant (pantographes) qui transmettent le courant électrique du système de lignes aériennes de contact au véhicule font partie du sous-système «matériel roulant». Ils sont installés et intégrés dans le matériel roulant, sont mis en service avec lui et relèvent de la STI LOC et MRV du système ferroviaire conventionnel.

En revanche, les paramètres relatifs à la qualité du captage de courant sont spécifiés dans la STI «énergie» du système ferroviaire conventionnel.

### 2.1.1. *Système d'alimentation électrique*

Le système d'alimentation électrique doit être conçu de telle façon que chaque train reçoive le courant dont il a besoin. La tension d'alimentation, la puissance absorbée de chaque train et le schéma d'exploitation constituent donc des aspects importants en ce qui concerne les performances.

Comme tout équipement électrique, un train est conçu pour fonctionner correctement à la tension et à la fréquence nominales appliquées à ses bornes, qui sont les pantographes et les roues. Les variations et les limites de ces paramètres doivent être définies afin de garantir la performance attendue des trains.

Les trains modernes à énergie électrique sont souvent équipés d'un système de freinage par récupération qui restitue de l'énergie à la source d'alimentation de manière à réduire la consommation globale. Le système d'alimentation en courant peut donc être conçu pour accepter l'énergie du freinage par récupération.

Des courts-circuits ou d'autres défauts peuvent se produire dans toute alimentation électrique. Celle-ci doit être conçue de façon à ce que les commandes les détectent immédiatement et déclenchent des actions pour éliminer le courant de court-circuit et isoler la partie défectueuse du circuit. Après des incidents de ce genre, le système d'alimentation électrique doit être capable de réalimenter toutes les installations aussi rapidement que possible pour reprendre l'exploitation.

### 2.1.2. *Ligne aérienne de contact et pantographe*

La compatibilité de la géométrie de la ligne aérienne de contact et du pantographe est un aspect important de l'interopérabilité. En ce qui concerne l'interaction géométrique, il est nécessaire de spécifier la hauteur du fil de contact au-dessus des rails, la variation en hauteur du fil de contact, le débattement latéral avec et sans vent, de même que l'effort de contact. La géométrie de l'archet est également cruciale pour assurer une bonne interaction avec la ligne aérienne de contact, compte tenu des oscillations des véhicules.

Les pantographes spécifiés dans la STI LOC et MRV du système ferroviaire conventionnel constituent l'élément au niveau duquel il convient d'agir pour soutenir l'interopérabilité des réseaux européens.

L'interaction entre la ligne aérienne de contact et le pantographe est un aspect très important d'une transmission fiable du courant ne causant pas de perturbations excessives aux installations ferroviaires et à l'environnement. Cette interaction est essentiellement déterminée par:

- a) les effets statiques et aérodynamiques qui sont liés à la nature des bandes de frottement du pantographe, ainsi qu'à la conception du pantographe, à la forme du véhicule sur lequel le ou les pantographes sont montés et à la position du pantographe sur le véhicule;
- b) la compatibilité du matériau des bandes de frottement avec le fil de contact,
- c) les caractéristiques dynamiques de la ligne aérienne de contact et du ou des pantographes pour les trains simples ou à unités multiples;
- d) le nombre de pantographes en service et la distance qui les sépare, étant donné que chaque pantographe peut interférer avec les autres sur une même section de la ligne aérienne de contact.

## 2.2. **Interfaces avec les autres sous-systèmes et à l'intérieur du sous-système**

### 2.2.1. *Introduction*

Afin que les performances visées puissent être réalisées, le sous-système «énergie» présente des interfaces avec d'autres sous-systèmes du système ferroviaire. La liste de ces interfaces figure ci-après.

### 2.2.2. *Interfaces concernant l'alimentation électrique*

- a) La tension et la fréquence ainsi que leurs plages admissibles sont en interface avec le sous-système «matériel roulant».
- b) La puissance installée des lignes et le facteur de puissance spécifié déterminent les performances du système ferroviaire et sont en interface avec le sous-système «matériel roulant».
- c) Le freinage par récupération réduit la puissance absorbée. Il fait interface avec le sous-système «matériel roulant».

- d) Les installations fixes électriques et les équipements de traction embarqués doivent être protégés contre les courts-circuits. Le déclenchement des disjoncteurs dans les sous-stations et le déclenchement des disjoncteurs embarqués à bord des trains doivent être coordonnés. La protection électrique s'interface avec le sous-système «matériel roulant».
- e) Les perturbations électriques et les émissions d'harmoniques sont en interface avec les sous-systèmes «matériel roulant» et «contrôle-commande et signalisation».
- f) Le circuit de retour du courant a des interfaces avec les sous-systèmes «contrôle-commande et signalisation» et «infrastructure».

#### 2.2.3. Interfaces concernant l'équipement de ligne aérienne et les pantographes et leurs interactions

- a) L'inclinaison du fil de contact et le taux de variation de cette inclinaison méritent une attention particulière afin d'éviter la perte de contact et l'usure excessive. La hauteur et l'inclinaison du fil de contact font interface avec les sous-systèmes «infrastructure» et «matériel roulant».
- b) Les oscillations du véhicule et du pantographe font interface avec le sous-système «infrastructure».
- c) La qualité du captage du courant dépend du nombre de pantographes en service, de leur écartement et d'autres spécificités de l'unité de traction. La disposition des pantographes fait interface avec le sous-système «matériel roulant».

#### 2.2.4. Interfaces relatives aux sections de séparation de phases et de systèmes

- a) Afin de permettre le franchissement sans pontage des transitions entre différents systèmes d'alimentation électrique et différentes sections de séparation de phases, il est nécessaire de préciser le nombre et la disposition des pantographes sur les trains. Cet aspect est en interface avec le sous-système «matériel roulant».
- b) Afin de permettre le franchissement sans pontage des transitions du système d'alimentation électrique et des sections de séparation de phases, il est indispensable de réguler le courant du train. Cet aspect s'interface avec le sous-système «contrôle-commande et signalisation».
- c) Lors du franchissement de sections de séparation des systèmes d'alimentation électrique, il peut être nécessaire d'abaisser le ou les pantographes. Cet aspect s'interface avec le sous-système «contrôle-commande et signalisation».

### 3. EXIGENCES ESSENTIELLES

L'article 4, paragraphe 1, de la directive 2008/57/CE prévoit que le système ferroviaire, ses sous-systèmes et leurs constituants d'interopérabilité doivent satisfaire aux exigences essentielles énoncées en termes généraux à l'annexe III de la directive. Le tableau ci-après récapitule les paramètres fondamentaux de la présente STI et les met en correspondance avec les exigences essentielles énoncées à l'annexe III de la directive.

Clause de la STI	Clause de la STI – Intitulé	Sécurité	Fiabilité et disponibilité	Santé	Protection de l'environnement	Compatibilité techn.
4.2.3	Tension et fréquence	—	—	—	—	1.5 2.2.3
4.2.4	Paramètres relatifs à la performance du système d'alimentation	—	—	—	—	1.5 2.2.3
4.2.5	Continuité de l'alimentation électrique en cas de perturbations dans les tunnels	1.1.1 2.2.1	1.2	—	—	—
4.2.6	Capacité de transport de courant, systèmes en courant continu, trains à l'arrêt	—	—	—	—	1.5 2.2.3
4.2.7	Freinage par récupération	—	—	—	1.4.1 1.4.3	1.5 2.2.3
4.2.8	Mesures de coordination de la protection électrique	2.2.1	—	—	—	1.5

Clause de la STI	Clause de la STI – Intitulé	Sécurité	Fiabilité et disponibilité	Santé	Protection de l'environnement	Compatibilité techn.
4.2.9	Harmoniques et effets dynamiques pour les systèmes en courant alternatif	—	—	—	1.4.1 1.4.3	1.5
4.2.11	Compatibilité électromagnétique externe	—	—	—	1.4.1 1.4.3 2.2.2	1.5
4.2.12	Protection de l'environnement	—	—	—	1.4.1 1.4.3 2.2.2	—
4.2.13	Géométrie de la ligne aérienne de contact	—	—	—	—	1.5 2.2.3
4.2.14	Gabarit du pantographe	—	—	—	—	1.5 2.2.3
4.2.15	Effort de contact moyen	—	—	—	—	1.5 2.2.3
4.2.16	Comportement dynamique et qualité du captage de courant	—	—	—	1.4.1 2.2.2	1.5 2.2.3
4.2.17	Espacement des pantographes	—	—	—	—	1.5 2.2.3
4.2.18	Matériau du fil de contact	—	—	1.3.1 1.3.2	1.4.1	1.5 2.2.3
4.2.19	Sections de séparation de phases	2.2.1	—	—	1.4.1 1.4.3	1.5 2.2.3
4.2.20	Sections de séparation de systèmes	2.2.1	—	—	1.4.1 1.4.3	1.5 2.2.3
4.2.21	Équipement de mesure de la consommation d'électricité	—	—	—	—	1.5
4.4.2	Gestion de l'alimentation électrique	1.1.1 1.1.3 2.2.1	1.2	—	—	—
4.4.3	Exécution des travaux	1.1.1 2.2.1	1.2	—	—	1.5
4.5	Règles de maintenance	1.1.1 2.2.1	1.2	—	—	1.5 2.2.3
4.7.2	Moyens de protection des sous-stations et des postes de sectionnement	1.1.1 1.1.3 2.2.1	—	—	1.4.1 1.4.3 2.2.2	1.5
4.7.3	Moyens de protection du système de lignes aériennes de contact	1.1.1 1.1.3 2.2.1	—	—	1.4.1 1.4.3 2.2.2	1.5
4.7.4	Moyens de protection du circuit de retour du courant	1.1.1 1.1.3 2.2.1	—	—	1.4.1 1.4.3 2.2.2	1.5
4.7.5	Autres exigences générales	1.1.1 1.1.3 2.2.1	—	—	1.4.1 1.4.3 2.2.2	—
4.7.6	Vêtements à haute visibilité	2.2.1	—	—	—	—

#### 4. CARACTÉRISATION DU SOUS-SYSTÈME

##### 4.1. Introduction

Le système ferroviaire auquel s'applique la directive 2008/57/CE, dont le sous-système fait partie, est un système intégré dont il faut vérifier la cohérence. Cette cohérence doit être vérifiée en particulier au niveau des spécifications du sous-système, de ses interfaces vis-à-vis du système dans lequel il s'intègre, ainsi que des règles d'exploitation et de maintenance.

Les spécifications techniques et fonctionnelles du sous-système et de ses interfaces, décrites aux points 4.2 et 4.3, n'imposent pas l'utilisation de technologies ou de solutions techniques spécifiques, excepté lorsqu'elle est strictement nécessaire pour l'interopérabilité du réseau ferroviaire. Cependant, des solutions innovantes pour l'interopérabilité peuvent exiger de nouvelles spécifications et/ou de nouvelles méthodes d'évaluation. Afin de permettre des innovations technologiques, ces spécifications et méthodes d'évaluation doivent être développées selon la procédure décrite aux points 6.1.3 et 6.2.3.

Compte tenu de toutes les exigences essentielles applicables, le sous-système «énergie» est caractérisé par les spécifications définies par les clauses 4.2 à 4.7. Une liste de paramètres présentant de l'intérêt pour le sous-système «énergie» qui doivent être recueillis dans le registre de l'infrastructure figure à l'annexe C de la présente STI.

Les procédures régissant la vérification CE du sous-système «énergie» sont données au point 6.2.4 et au tableau B.1 de l'annexe B de la présente STI.

Pour les cas spécifiques, voir le point 7.5.

Lorsqu'il est fait référence aux normes EN, les variations appelées «dérogations nationales» ou «conditions spéciales nationales» dans la norme EN ne sont pas applicables.

##### 4.2. Spécifications fonctionnelles et techniques du sous-système

###### 4.2.1. Dispositions générales

Les performances à réaliser par le sous-système «énergie» doivent répondre aux performances correspondantes du système ferroviaire en ce qui concerne:

- la vitesse de ligne maximale, le type de train et
- la puissance appelée par les trains au niveau des pantographes.

###### 4.2.2. Paramètres fondamentaux caractérisant le sous-système «énergie»

Les paramètres de base pour le sous-système «énergie» sont les suivants.

- Alimentation électrique
  - Tension et fréquence (4.2.3)
  - Paramètres relatifs à la performance du système d'alimentation (4.2.4)
  - Continuité de l'alimentation électrique en cas de perturbations dans les tunnels (4.2.5)
  - Capacité de transport de courant, systèmes en courant continu, trains à l'arrêt (4.2.6)
  - Freinage par récupération (4.2.7)
  - Mesures de coordination de la protection électrique (4.2.8)
  - Harmoniques et effets dynamiques pour les systèmes en courant alternatif (4.2.9)
  - Équipement de mesure de la consommation d'électricité (4.2.21)
- Géométrie de la LAC (ligne aérienne de contact) et qualité du captage de courant
  - Géométrie de la ligne aérienne de contact (4.2.13)
  - Gabarit du pantographe (4.2.14)

- Effort de contact moyen (4.2.15)
- Comportement dynamique et qualité du captage de courant (4.2.16)
- Espacement des pantographes (4.2.17)
- Matériau du fil de contact (4.2.18)
- Sections de séparation de phases (4.2.19)
- Sections de séparation de systèmes (4.2.20)

#### 4.2.3. *Tension et fréquence*

Les locomotives et unités de traction ont besoin d'une normalisation des valeurs de tension et de fréquence. Les valeurs et les limites de la tension et de la fréquence aux bornes de la sous-station et au pantographe doivent être conformes à la norme EN50163:2004, clause 4.

Pour des raisons de compatibilité avec les systèmes de production et de distribution électrique et de normalisation de l'équipement de sous-station, le système d'alimentation doit être, à terme, du type CA 25 kV 50 Hz.

Cependant, compte tenu des coûts d'investissement élevés qu'implique la migration d'autres tensions de système vers le système 25 kV et de la possibilité d'utiliser des unités de traction compatibles avec plusieurs systèmes, il est permis d'utiliser les systèmes suivants pour les nouveaux sous-systèmes ou les sous-systèmes réaménagés ou renouvelés:

- courant alternatif 15 kV 16,7 Hz
- courant continu 3 kV
- courant continu 1,5 kV

La tension et la fréquence nominales doivent être indiquées dans le registre de l'infrastructure (voir annexe C).

#### 4.2.4. *Paramètres relatifs à la performance du système d'alimentation*

La conception du sous-système «énergie» est déterminée par la vitesse de ligne compte tenu des services planifiés et de la topographie.

Il convient donc de prendre en considération les paramètres suivants:

- le courant maximal du train,
- le facteur de puissance des trains, et
- la tension utile moyenne.

##### 4.2.4.1. *Courant maximal des trains*

Le gestionnaire de l'infrastructure doit déclarer le courant maximal du train dans le registre de l'infrastructure (voir annexe C).

Le sous-système «énergie» doit être conçu de manière à garantir la capacité de l'alimentation électrique à atteindre la performance spécifiée et à permettre le fonctionnement des trains à une puissance inférieure à 2 MW, sans limitation de courant, comme indiqué à la clause 7.3 de la norme EN50388:2005.

##### 4.2.4.2. *Facteur de puissance des trains*

Le facteur de puissance des trains doit être conforme aux exigences de l'annexe G et de la norme EN50388:2005, clause 6.3.

##### 4.2.4.3. *Tension utile moyenne*

La tension utile moyenne calculée «au pantographe» doit être conforme à la norme EN50388:2005, clauses 8.3 et 8.4, en utilisant les données retenues à la conception pour le facteur de puissance conformément à l'annexe G.

##### 4.2.5. *Continuité de l'alimentation électrique en cas de perturbations dans les tunnels*

L'alimentation électrique et le système de lignes aériennes de contact doivent être conçus de manière à permettre la continuité du service en cas de perturbations dans les tunnels. Cela doit être réalisé en segmentant la ligne aérienne de contact conformément à la clause 4.2.3.1 de la STI «sécurité dans les tunnels ferroviaires».

#### 4.2.6. Capacité de transport de courant, systèmes en courant continu, trains à l'arrêt

La ligne aérienne de contact 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.

Cette capacité doit être atteinte en utilisant une force de contact statique telle que définie dans la clause 7.1 de la norme EN50367:2006.

Lorsque la ligne aérienne de contact est conçue pour soutenir des valeurs supérieures de courant maximum à l'arrêt, le gestionnaire de l'infrastructure doit le préciser dans le registre de l'infrastructure (voir l'annexe C).

La ligne aérienne de contact doit être conçue en tenant compte des limites de température conformément à la norme EN50119:2009, clause 5.1.2.

#### 4.2.7. Freinage par récupération

L'alimentation électrique des systèmes en courant alternatif doit être conçue de façon à autoriser l'utilisation du freinage par récupération comme frein de service 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 comme frein de service, au minimum par l'échange de courant avec d'autres trains.

Les informations relatives à la possibilité d'utiliser le freinage par récupération doivent figurer dans le registre de l'infrastructure (voir l'annexe C).

#### 4.2.8. Mesures de coordination de la protection électrique

La conception de la coordination de la protection électrique du sous-système «énergie» doit être conforme aux exigences détaillées de la norme EN50388:2005, clause 11, à l'exception du tableau 8 qui est remplacé par l'annexe H de la présente STI.

#### 4.2.9. Harmoniques et effets dynamiques pour les systèmes en courant alternatif

Le sous-système «énergie» et le matériel roulant du système ferroviaire conventionnel doivent pouvoir fonctionner ensemble sans problèmes d'interférences, tels que les surtensions et autres phénomènes décrits dans la norme EN50388:2005, clause 10.

#### 4.2.10. Émissions d'harmoniques vers le fournisseur d'électricité

Les émissions d'harmoniques vers le fournisseur d'électricité doivent être gérées par le gestionnaire de l'infrastructure en tenant compte des normes européennes ou nationales et des exigences de la centrale électrique.

Aucune évaluation de conformité n'est nécessaire dans le cadre de la présente STI.

#### 4.2.11. Compatibilité électromagnétique externe

La compatibilité électromagnétique externe n'est pas une caractéristique spécifique du réseau ferroviaire. Les installations d'approvisionnement en énergie doivent être conformes aux exigences essentielles de la directive 2004/108/CE relative à la compatibilité électromagnétique.

Aucune évaluation de conformité n'est nécessaire dans le cadre de la présente STI.

#### 4.2.12. Protection de l'environnement

La protection de l'environnement est régie par d'autres textes législatifs européens relatifs à l'évaluation de l'incidence de certains projets sur l'environnement.

Aucune évaluation de conformité n'est nécessaire dans le cadre de la présente STI.

#### 4.2.13. Géométrie de la ligne aérienne de contact

La ligne aérienne de contact doit être conçue pour être utilisée par des pantographes ayant une géométrie d'archet telle que précisée par la STI LOC et MRV du système ferroviaire conventionnel, clause 4.2.8.2.9.2.

La hauteur du fil de contact, l'inclinaison du fil de contact par rapport à la voie et le débattement latéral du fil de contact sous l'action d'un vent traversier sont tous des facteurs qui régissent l'interopérabilité du réseau ferroviaire.

##### 4.2.13.1. Hauteur du fil de contact

La hauteur nominale du fil de contact doit être comprise entre 5,0 et 5,75 m. En ce qui concerne la relation entre la hauteur du fil de contact et le débattement du pantographe, voir la norme EN50119:2009, figure 1.

La hauteur du fil de contact peut être moindre dans des cas liés au gabarit (comme dans les ponts ou les tunnels). La hauteur minimale du fil de contact doit être calculée conformément à la norme EN50119:2009, clause 5.10.4.

La hauteur du fil de contact dans le cas de passages à niveau, zones de chargement et autres similaires peut être supérieure, sans toutefois excéder 6,2 m.

Compte tenu des tolérances et du soulèvement conformément à la norme EN50119:2009, figure 1, la hauteur maximale du fil de contact ne doit pas excéder 6,5 m.

La hauteur nominale du fil de contact doit être indiquée dans le registre de l'infrastructure (voir annexe C).

#### 4.2.13.2. Variation de la hauteur du fil de contact

La variation de la hauteur du fil de contact doit être conforme aux exigences de la norme EN50119:2009, clause 5.10.3.

L'inclinaison du fil de contact spécifiée dans la clause 5.10.3 de la norme EN50119:2009 peut être exceptionnellement dépassée lorsqu'une série de restrictions en matière de hauteur de la ligne de contact, par exemple au niveau de passages à niveau ou de ponts ou tunnels, empêche de s'y conformer; dans ce cas, seule l'exigence associée à la force maximale de contact doit être respectée au moment d'appliquer les exigences de la clause 4.2.16.

#### 4.2.13.3. Débattement latéral

Le débattement latéral maximal autorisé du fil de contact ordinaire par rapport à l'axe de la voie, telle qu'elle a été conçue, sous l'action d'un vent traversier est indiqué dans le tableau 4.2.13.3.

Tableau 4.2.13.3

#### Débattement latéral maximal

Longueur de pantographe	Débattement latéral maximal
1 600 mm	0,4 m
1 950 mm	0,55 m

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

Dans le cas des voies multi-écartement, l'exigence doit être respectée pour chaque paire de rails (conçue pour fonctionner comme une voie distincte) devant faire l'objet d'une évaluation au regard de la STI.

Les profils de pantographe qui peuvent fonctionner sur l'itinéraire sont indiqués dans le registre de l'infrastructure (voir l'annexe C).

#### 4.2.14. Gabarit du pantographe

Aucun élément du sous-système «énergie» ne doit entrer dans le gabarit cinématique mécanique de pantographe (voir l'annexe E, figure E.2), à l'exception de la ligne de contact et du bras de rappel.

Le gabarit cinématique mécanique de pantographe pour les lignes interopérables est déterminé en utilisant la méthode illustrée à l'annexe E, clause E.2, et les profils des pantographes définis dans la STI LOC et MRV du système ferroviaire conventionnel, clause 4.2.8.2.9.2.

Ce gabarit doit être calculé en utilisant une méthode cinématique avec des valeurs:

- pour les oscillations du pantographe au point de vérification le plus bas –  $e_{pu}$  –, de 0,110 m à une hauteur de 5,0 m ( $h'_u \leq 5,0$  m) et
- pour les oscillations du pantographe au point de vérification le plus élevé –  $e_{po}$  –, de 0,170 m à une hauteur de 6,5 m ( $h'_o = 6,5$  m),

conformément à l'annexe E, clause E.2.1.4, et à d'autres valeurs conformément à l'annexe E, clause E.3.

#### 4.2.15. Effort de contact moyen

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.

L'effort de contact statique est défini dans la norme EN50367:2006, clause 7.1. Les plages de  $F_m$  pour chacun des systèmes d'alimentation électrique sont définies dans le tableau 4.2.15.

Tableau 4.2.15

**Plages de l'effort de contact moyen**

Système d'alimentation	$F_m$ jusqu'à 200 km/h
courant alternatif	$60 \text{ N} < F_m < 0,00047 * v^2 + 90 \text{ N}$
courant continu 3 kV	$90 \text{ N} < F_m < 0,00097 * v^2 + 110 \text{ N}$
courant continu 1,5 kV	$70 \text{ N} < F_m < 0,00097 * v^2 + 140 \text{ N}$

où  $[F_m]$  = effort de contact moyen en N et  $[v]$  = vitesse en km/h.

Conformément à la clause 4.2.16, les lignes aériennes de contact doivent être conçues de façon à soutenir la courbe d'effort limite supérieure donnée dans le tableau 4.2.15.

4.2.16. *Comportement dynamique et qualité du captage de courant*

La ligne aérienne de contact doit être conçue de manière conforme aux exigences en matière de comportement dynamique. Le soulèvement du fil de contact à la vitesse de conception de la ligne doit être conforme aux exigences du tableau 4.2.16.

La qualité du captage a une incidence fondamentale sur la durée de vie d'un fil de contact et doit donc répondre à des paramètres convenus et mesurables.

La conformité aux exigences en matière de comportement dynamique doit être vérifiée par l'évaluation:

- du soulèvement du fil de contact
  - et soit
- de l'effort de contact moyen  $F_m$  et de l'écart type  $\sigma_{\max}$ 
  - soit
- du pourcentage d'amorçage d'arc.

L'entité adjudicatrice doit déclarer la méthode à utiliser pour la vérification. Les valeurs à atteindre par la méthode choisie figurent dans le tableau 4.2.16.

Tableau 4.2.16

**Exigences concernant le comportement dynamique et la qualité du captage de courant**

Exigence	Pour $v > 160$ km/h	Pour $v \leq 160$ km/h
Espace pour le soulèvement du bras de rappel	$2S_0$	
Effort de contact moyen $F_m$	Voir la clause 4.2.15	
Écart type à la vitesse de ligne maximale $\sigma_{\max}$ (N)	$0,3 F_m$	
Pourcentage d'amorçage d'arcs à la vitesse de ligne maximale, NQ (%) (durée minimale d'arc: 5ms)	$\leq 0,1$ pour les systèmes en courant alternatif $\leq 0,2$ pour les systèmes en courant continu	$\leq 0,1$

Pour les définitions, valeurs et méthodes d'essai, voir les normes EN50317:2002 et EN50318:2002.

$S_0$  est la valeur calculée, simulée ou mesurée du soulèvement du fil de contact au droit du bras de rappel, engendré en service normal avec un ou plusieurs pantographes appliquant un effort de contact moyen  $F_m$  à la vitesse maximale autorisée de la ligne. Lorsque le soulèvement du bras de rappel est limité physiquement en raison de la conception de la ligne aérienne de contact, l'espace nécessaire peut être ramené à  $1,5 S_0$  (voir la norme EN50119:2009, clause 5.10.2).

L'effort maximal ( $F_{\max}$ ) sur un itinéraire ouvert se situe généralement dans la plage de  $F_m$  plus trois écarts types  $\sigma_{\max}$ ; des valeurs supérieures peuvent être enregistrées à des endroits particuliers et sont communiquées dans la norme EN50119:2009, tableau 4, clause 5.2.5.2.

Pour les composants rigides tels que les isolateurs de section dans des systèmes de ligne aérienne de contact, l'effort de contact peut augmenter pour atteindre un maximum de 350 N.

#### 4.2.17. *Espacement des pantographes*

La ligne aérienne de contact doit être conçue pour un minimum de deux pantographes fonctionnant de manière contiguë et ayant un espacement minimal de ligne de centre à ligne de centre de la tête de pantographe correspondant à ce qui est défini dans le tableau 4.2.17.

Tableau 4.2.17

#### Espacement des pantographes

Vitesse d'exploitation (km/h)	Distance minimale avec un système en courant alternatif (m)			Distance minimale avec un système en courant continu 3 kV (m)			Distance minimale avec un système en courant continu 1,5 kV (m)		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Type									
160 < v ≤ 200	200	85	35	200	115	35	200	85	35
120 < v ≤ 160	85	85	35	20	20	20	85	35	20
80 < v ≤ 120	20	15	15	20	15	15	35	20	15
v ≤ 80	8	8	8	8	8	8	20	8	8

Le cas échéant, les paramètres suivants doivent être déclarés dans le registre de l'infrastructure (voir l'annexe C):

- le type d'espacement (A, B ou C) pour la ligne aérienne de contact conformément au tableau 4.2.17,
- l'écartement minimal entre pantographes adjacents en dessous de ceux qui sont illustrés dans le tableau 4.2.17,
- le nombre de pantographes supérieur à deux pour lequel la ligne a été conçue.

#### 4.2.18. *Matériau du fil de contact*

La combinaison du matériau de fil de contact et du matériau de bande de frottement a une incidence importante sur l'usure de part et d'autre.

Les matériaux autorisés pour les fils de contact sont le cuivre et un alliage de cuivre (à l'exclusion des alliages cuivre-cadmium). Le fil de contact doit satisfaire aux exigences de la norme EN50149:2001, clauses 4.1, 4.2, et 4.5 à 4.7 (à l'exclusion du tableau 1).

Sur les lignes en courant alternatif, le fil de contact doit être conçu de manière à permettre l'utilisation de bandes de frottement en carbone pur (STI LOC et MRV du système ferroviaire conventionnel, clause 4.2.8.2.9.4.2). Si le gestionnaire de l'infrastructure accepte d'autres matériaux pour la bande de frottement, il faut le mentionner dans le registre de l'infrastructure (voir l'annexe C).

Sur les lignes en courant continu, le fil de contact doit être conçu de manière à accepter l'utilisation de bandes de frottement composées de matériaux répondant à la STI LOC et MRV du système ferroviaire conventionnel, clause 4.2.8.2.9.4.2).

#### 4.2.19. *Sections de séparation de phases*

La conception des sections de séparation de phases doit garantir que les trains peuvent se déplacer d'une section vers une autre section adjacente sans qu'il faille ponter les deux phases. La consommation électrique doit être ramenée à zéro conformément à la norme EN50388:2005, clause 5.1.

Des moyens adéquats (à l'exception de la section de séparation courte telle qu'elle est illustrée à l'annexe F – fig. F.1) doivent être mis à disposition pour permettre à un train à l'arrêt dans la section de séparation de phases de redémarrer. La section neutre doit pouvoir être connectée aux sections adjacentes par des sectionneurs commandés à distance.

La conception des sections de séparation doit normalement adopter des solutions telles que celles qui sont décrites dans la norme EN50367:2006, annexe A.1, ou à l'annexe F de la présente STI. Si une autre solution est proposée, il convient de démontrer que cette solution est au moins aussi fiable.

Les informations concernant la conception des sections de séparation de phases et des dispositions autorisées de pantographe en position soulevée doivent figurer dans le registre de l'infrastructure (voir annexe C).

#### 4.2.20. Sections de séparation de systèmes

##### 4.2.20.1. Généralités

La conception des sections de séparation de systèmes doit garantir que les véhicules peuvent évoluer d'un système d'alimentation électrique vers un autre adjacent sans qu'il faille ponter les deux systèmes. Une séparation de systèmes entre un système en courant alternatif et un système en courant continu nécessite l'adoption de mesures complémentaires dans le circuit de retour, telles qu'elles sont définies dans la norme EN50122-2:1998, clause 6.1.1.

Deux méthodes permettent de passer d'une section de séparation de systèmes à une autre:

- a) soit avec le pantographe en position soulevée et en contact avec le fil de contact;
- b) soit avec le pantographe en position abaissée et sans contact avec le fil de contact.

Les gestionnaires des infrastructures voisines doivent s'accorder sur a) ou sur b) en fonction des circonstances. La méthode à adopter doit être consignée dans le registre de l'infrastructure (voir annexe C).

##### 4.2.20.2. Pantographes soulevés

Lors du franchissement de sections de séparation de systèmes avec des pantographes en position soulevée et en contact avec le fil de contact, leur conception fonctionnelle est spécifiée de la manière suivante:

- la géométrie des différents éléments de la ligne aérienne de contact doit empêcher que les pantographes court-circuitent ou pontent les deux systèmes électriques,
- des dispositions appropriées doivent être prises dans le sous-système «énergie» afin d'éviter tout pontage des deux systèmes d'alimentation adjacents lorsque le déclenchement du/des disjoncteur(s) embarqué(s) est défaillant,
- la variation dans la hauteur du fil de contact sur l'ensemble de la section de séparation doit être conforme aux exigences arrêtées dans la norme EN50119:2009, clause 5.10.3.

Les dispositions de pantographe qui sont autorisées à traverser la séparation de systèmes avec des pantographes en position soulevée doivent être indiquées dans le registre de l'infrastructure (voir l'annexe C).

##### 4.2.20.3. Pantographes abaissés

Cette option doit être choisie si les conditions ne sont pas réunies pour une exploitation avec les pantographes soulevés.

En cas de franchissement d'une section de séparation de systèmes avec les pantographes abaissés, la section doit être conçue de manière à éviter un pontage par un pantographe soulevé par inadvertance. L'équipement doit être prévu pour déconnecter les deux systèmes d'alimentation électrique au cas où un pantographe reste soulevé, par détection des courts-circuits par exemple.

##### 4.2.21. Équipement de mesure de la consommation d'électricité

Comme le précise la clause 2.1 de la présente STI, les exigences applicables à l'équipement de mesure embarqué de la consommation d'électricité sont définies dans la STI LOC et MRV du système ferroviaire conventionnel.

Si un équipement de mesure de la consommation d'électricité est installé, il doit être compatible avec la STI LOC et MRV du système ferroviaire conventionnel, clause 4.2.8.2.8. Cet équipement peut être utilisé pour assurer la facturation, et les données fournies par lui doivent être acceptées à cette fin dans tous les États membres.

#### 4.3. Spécifications fonctionnelles et techniques des interfaces

##### 4.3.1. Exigences de portée générale

Du point de vue de la compatibilité technique, les interfaces sont énumérées dans l'ordre des sous-systèmes ci-après: matériel roulant, infrastructure, contrôle-commande et signalisation, exploitation et gestion du trafic. Elles comprennent également des indications relatives à la sécurité dans les tunnels ferroviaires (STI «sécurité dans les tunnels ferroviaires»).

##### 4.3.2. Locomotives et matériel roulant pour voyageurs

STI «énergie» du système ferroviaire conventionnel		STI «locomotives et matériel roulant pour voyageurs» du système ferroviaire conventionnel	
Paramètre	Clause	Paramètre	Clause
Tension et fréquence	4.2.3	Fonctionnement dans la plage de tensions et de fréquences	4.2.8.2.2

STI «énergie» du système ferroviaire conventionnel		STI «locomotives et matériel roulant pour voyageurs» du système ferroviaire conventionnel	
Paramètre	Clause	Paramètre	Clause
Courant maximal des trains	4.2.4.1	Courant et puissance max. de la LAC	4.2.8.2.4
Facteur de puissance des trains	4.2.4.2	Facteur de puissance	4.2.8.2.6
Capacité de transport de courant, systèmes en courant continu, trains à l'arrêt	4.2.6	Courant maximal à l'arrêt pour les systèmes en courant continu	4.2.8.2.5
Freinage par récupération	4.2.7	Frein par récupération avec renvoi d'énergie à la LAC	4.2.8.2.3
Mesures de coordination de la protection électrique	4.2.8	Protection électrique du train	4.2.8.2.10
Harmoniques et effets dynamiques pour les systèmes en courant alternatif	4.2.9	Perturbations du système énergétique pour les systèmes en courant alternatif	4.2.8.2.7
Géométrie de la ligne aérienne de contact	4.2.13	Débattement en hauteur du pantographe	4.2.8.2.9.1
		Géométrie de l'archet	4.2.8.2.9.2
Gabarit du pantographe	4.2.14	Géométrie de l'archet	4.2.8.2.9.2
		Gabarit	4.2.3.1
Effort de contact moyen	4.2.15	Effort de contact statique du pantographe	4.2.8.2.9.5
		Effort de contact et comportement dynamique du pantographe	4.2.8.2.9.6
Comportement dynamique et qualité du captage de courant	4.2.16	Effort de contact et comportement dynamique du pantographe	4.2.8.2.9.6
Espacement des pantographes	4.2.17	Disposition des pantographes	4.2.8.2.9.7
Matériau du fil de contact	4.2.18	Matériau de la bande de frottement	4.2.8.2.9.4.2
Sections de séparation: phases/ systèmes	4.2.19	Franchissement des sections de séparation de phases ou de systèmes	4.2.8.2.9.8
	4.2.20		
Équipement de mesure de la consommation d'électricité	4.2.21	Fonction de mesure de la consommation d'énergie	4.2.8.2.8

4.3.3. *Infrastructure*

STI «énergie» du système ferroviaire conventionnel		STI «infrastructure» du système ferroviaire conventionnel		
Paramètre	Clause	Paramètre	Clause	
Gabarit du pantographe	4.2.14	Gabarit	4.2.4.1	
Mesures de protection: — du système de LAC — du circuit de retour du courant	4.7.3	Protection contre les chocs électriques	4.2.11.3	
				4.7.4

#### 4.3.4. *Contrôle-commande et signalisation*

L'interface pour la régulation de la puissance aux sections de séparation des phases et des systèmes se situe entre les sous-systèmes «énergie» et «matériel roulant». Cette régulation est toutefois commandée par le sous-système «contrôle-commande et signalisation» (CCS). Par conséquent, l'interface est détaillée dans la STI CCS et dans la STI LOC et MRV du système ferroviaire conventionnel.

Les courants harmoniques générés par le matériel roulant ayant une incidence sur le sous-système «contrôle-commande et signalisation» par l'intermédiaire du sous-système «énergie», ce thème est traité dans le cadre du sous-système «contrôle-commande et signalisation».

#### 4.3.5. *Exploitation et gestion du trafic*

Le gestionnaire de l'infrastructure est tenu de mettre en place des systèmes pour communiquer avec les entreprises ferroviaires.

STI «énergie» du système ferroviaire conventionnel		STI «exploitation et gestion du trafic» du système ferroviaire conventionnel	
Paramètre	Clause	Paramètre	Clause
Gestion de l'alimentation électrique	4.4.2	Description de la ligne et des équipements au sol pertinents associés aux lignes parcourues	4.2.1.2.2
		Information du conducteur en temps réel	4.2.1.2.3
Exécution des travaux	4.4.3	Éléments modifiés	4.2.1.2.2.2

#### 4.3.6. *Sécurité dans les tunnels ferroviaires*

STI «énergie» du système ferroviaire conventionnel		STI «sécurité dans les tunnels ferroviaires»	
Paramètre	Clause	Paramètre	Clause
Continuité de l'alimentation électrique en cas de perturbations dans les tunnels	4.2.5	Segmentation de la ligne aérienne de contact ou des rails conducteurs de courant	4.2.3.1

### 4.4. **Règles d'exploitation**

#### 4.4.1. *Introduction*

Afin de répondre aux exigences essentielles décrites au chapitre 3, les règles d'exploitation propres au sous-système concerné par la présente STI sont présentées ci-dessous.

#### 4.4.2. *Gestion de l'alimentation électrique*

##### 4.4.2.1. *Gestion de l'alimentation électrique dans les conditions normales d'exploitation*

Dans les conditions normales d'exploitation, le courant maximal admissible du train conformément à la clause 4.2.4.1 ne doit pas dépasser la valeur indiquée dans le registre de l'infrastructure (voir l'annexe C).

##### 4.4.2.2. *Gestion de l'alimentation électrique dans des conditions d'exploitation anormales*

Dans des conditions d'exploitation anormales, le courant maximal admissible du train (voir l'annexe C) peut être inférieur. Le gestionnaire de l'infrastructure doit avertir les entreprises ferroviaires de cette variation.

##### 4.4.2.3. *Gestion de l'alimentation électrique en cas de danger*

Des procédures doivent être mises en œuvre par le gestionnaire de l'infrastructure afin de gérer correctement l'alimentation électrique en cas d'urgence. Les entreprises ferroviaires exploitant la ligne et les entreprises travaillant sur la ligne doivent être averties des mesures temporaires, de leur localisation géographique, de leur nature et des moyens de signalisation. La responsabilité de la mise à la terre doit être définie dans le plan d'urgence qui doit être rédigé par le gestionnaire de l'infrastructure. L'évaluation de conformité doit être effectuée en vérifiant l'existence des canaux de communication, des instructions, des procédures et des dispositifs à utiliser en cas d'urgence.

#### 4.4.3. *Exécution des travaux*

Dans certaines situations impliquant des travaux programmés à l'avance, il peut s'avérer nécessaire de déroger temporairement aux spécifications du sous-système «énergie» et de ses constituants d'interopérabilité définis aux chapitres 4 et 5 de la STI. En pareil cas, le gestionnaire de l'infrastructure doit définir les conditions d'exploitation exceptionnelles appropriées qui sont nécessaires pour garantir la sécurité.

Les dispositions générales suivantes sont applicables:

- les conditions d'exploitation exceptionnelles non conformes aux STI doivent être temporaires et programmées,
- les entreprises ferroviaires exploitant la ligne et les entreprises travaillant sur la ligne doivent être averties de ces mesures temporaires, de leur localisation géographique, de leur nature et des moyens de signalisation.

#### 4.5. **Règles de maintenance**

Le respect des caractéristiques spécifiées du système d'alimentation électrique (y compris les sous-stations et les postes de sectionnement) et de la ligne aérienne de contact doit être assuré pendant toute leur durée de vie.

Un plan de maintenance doit être élaboré de façon à ce que les caractéristiques spécifiées du sous-système «énergie» qui sont nécessaires pour assurer l'interopérabilité soient respectées dans les limites définies. Le plan de maintenance doit contenir notamment la description des compétences professionnelles du personnel et de l'équipement de protection et de sécurité individuel qui doit être utilisé par le personnel.

Les procédures de maintenance ne doivent pas dégrader les dispositions de sécurité telles que la continuité du circuit de retour du courant, la limitation des surtensions ou la détection des courts-circuits.

#### 4.6. **Qualifications professionnelles**

Le gestionnaire de l'infrastructure est responsable des qualifications et compétences professionnelles du personnel qui exploite et contrôle le sous-système «énergie». Il doit veiller à ce que les processus d'évaluation des compétences soient dûment documentés. Les exigences en matière de compétences pour la maintenance du sous-système «énergie» doivent être détaillées dans le plan de maintenance (voir la clause 4.5).

#### 4.7. **Conditions relatives à la santé et à la sécurité**

##### 4.7.1. *Introduction*

Les conditions relatives à la santé et à la sécurité du personnel requis pour l'exploitation et la maintenance du sous-système «énergie» et pour la mise en œuvre de la STI sont décrites dans les clauses ci-après.

##### 4.7.2. *Moyens de protection des sous-stations et des postes de sectionnement*

La sécurité électrique des systèmes d'alimentation électrique de traction doit être assurée en concevant et en mettant à l'épreuve ces installations conformément à la norme EN50122-1:1997, clauses 8 (à l'exclusion de la référence à la norme EN50179) et 9.1. L'accès aux sous-stations et aux postes de sectionnement doit être interdit au public.

La mise à la terre des sous-stations et des postes de sectionnement doit être intégrée dans le dispositif général de mise à la terre le long de la ligne.

Pour chaque installation, il convient de démontrer, par un examen de la conception, que les circuits de retour du courant et les conducteurs de mise à la terre sont appropriés. Il convient de démontrer que les moyens de protection du potentiel ferroviaire, notamment contre les chocs électriques, ont été mis en œuvre tels qu'ils ont été élaborés.

##### 4.7.3. *Moyens de protection du système de lignes aériennes de contact*

La sécurité électrique du système de lignes aériennes de contact et la protection contre les chocs électriques doivent être assurées par la mise en conformité avec les normes EN50119:2009, clause 4.3, et EN50122-1:1997, clauses 4.1, 4.2, 5.1, 5.2 et 7 (à l'exclusion des exigences relatives aux connexions pour les circuits de voie).

Les moyens de mise à la terre du système de lignes aériennes de contact doivent être intégrés dans le dispositif général de mise à la terre le long de la ligne.

Pour chaque installation, il convient de démontrer, par un examen de la conception, que les conducteurs de mise à la terre sont appropriés. Il convient de démontrer que les moyens de protection du potentiel ferroviaire, notamment contre les chocs électriques, ont été mis en œuvre tels qu'ils ont été élaborés.

#### 4.7.4. *Moyens de protection du circuit de retour du courant*

La sécurité électrique et la fonctionnalité du circuit de retour du courant doivent être assurées en concevant ces installations conformément à la norme EN50122-1:1997, clauses 7 et 9.2 à 9.6 (à l'exclusion de la référence à la norme EN50179).

Pour chaque installation, il convient de démontrer, par un examen de la conception, que les circuits de retour du courant sont appropriés. Il convient de démontrer également que les moyens de protection du potentiel ferroviaire, notamment contre les chocs électriques, ont été mis en œuvre tels qu'ils ont été élaborés.

#### 4.7.5. *Autres exigences générales*

Outre les clauses 4.7.2 à 4.7.4 et les exigences définies dans le plan de maintenance (voir clause 4.5), des précautions doivent être prises pour garantir la santé et la sécurité des personnels de maintenance et d'exploitation, conformément à la réglementation européenne et aux réglementations nationales qui sont compatibles avec la législation européenne.

#### 4.7.6. *Vêtements à haute visibilité*

Le personnel intervenant dans la maintenance du sous-système «énergie», lorsqu'il travaille sur la voie ou à proximité, doit porter des vêtements réfléchissants munis de la marque «CE» [et donc conformes aux dispositions de la directive 89/686/CEE du Conseil du 21 décembre 1989 concernant le rapprochement des législations des États membres relatives aux équipements de protection individuelle <sup>(1)</sup>].

### 4.8. **Registre de l'infrastructure et registre européen des types de véhicules autorisés**

#### 4.8.1. *Introduction*

Conformément aux articles 33 et 35 de la directive 2008/57/CE, chaque STI doit indiquer avec précision quelles informations doivent figurer dans le registre européen des types de véhicules autorisés et dans le registre de l'infrastructure.

#### 4.8.2. *Registre de l'infrastructure*

L'annexe C de la présente STI indique quelles sont les informations relatives au sous-système «énergie» qui doivent figurer dans le registre de l'infrastructure. Dans tous les cas, lorsque le sous-système «énergie» est mis, en partie ou dans sa totalité, en conformité avec la présente STI, une inscription doit être faite dans le registre de l'infrastructure, comme indiqué à l'annexe C et dans la clause correspondante des chapitres 4 et 7.5 (cas spécifiques).

#### 4.8.3. *Registre européen des types de véhicules autorisés*

L'annexe D de la présente STI indique quelles sont les informations relatives au sous-système «énergie» qui doivent figurer dans le registre des types de véhicules autorisés.

### 5. **CONSTITUANTS D'INTEROPÉRABILITÉ**

#### 5.1. **Liste des constituants**

Les constituants d'interopérabilité sont couverts par les dispositions correspondantes de la directive 2008/57/CE. Ceux qui concernent le sous-système «énergie» sont énumérés ci-dessous.

**Ligne aérienne de contact:** Le constituant d'interopérabilité «ligne aérienne de contact» comporte les composants énumérés ci-dessous qui doivent être installés dans le sous-système «énergie», ainsi que les règles de conception et de configuration qui leur sont associées.

Les composants d'une ligne aérienne de contact sont un assemblage de fils suspendus au-dessus de la ligne ferroviaire pour alimenter en électricité les trains électriques, ainsi que les équipements associés, les isolateurs en ligne et autres dispositifs, y compris les lignes d'alimentation et les shunts. La ligne aérienne de contact est placée au-dessus de la limite supérieure du gabarit des véhicules et alimente les véhicules en énergie électrique par l'intermédiaire de pantographes.

Les composants de soutien tels que les cantilevers, les pylônes et les fondations, les câbles de retour de courant, les lignes d'alimentation auto-transformatrices, les commutateurs et autres isolateurs ne font pas partie du constituant d'interopérabilité «ligne aérienne de contact». Ils sont couverts par les exigences du sous-système pour ce qui concerne l'interopérabilité.

<sup>(1)</sup> JO L 399 du 30.12.1989, p. 18.

L'évaluation de la conformité doit couvrir les phases et les caractéristiques indiquées dans la clause 6.1.3 et accompagnées d'une croix («X») dans le tableau A.1 de l'annexe A de la présente STI.

## 5.2. Performances et spécifications des constituants

### 5.2.1. Ligne aérienne de contact

#### 5.2.1.1. Géométrie de la LAC

La conception de la ligne aérienne de contact doit être conforme à la clause 4.2.13.

#### 5.2.1.2. Effort de contact moyen

La ligne aérienne de contact doit être conçue en utilisant l'effort de contact moyen  $F_m$  précisé dans la clause 4.2.15.

#### 5.2.1.3. Comportement dynamique

Les exigences concernant le comportement dynamique de la ligne aérienne de contact sont définies dans la clause 4.2.16.

#### 5.2.1.4. Espace pour soulèvement

La ligne aérienne de contact doit être conçue en prévoyant l'espace nécessaire pour le soulèvement tel qu'il est défini dans la clause 4.2.16.

#### 5.2.1.5. Conception de l'espacement des pantographes

La ligne aérienne de contact doit être conçue pour permettre un espacement des pantographes tel qu'il est défini dans la clause 4.2.17.

#### 5.2.1.6. Courant à l'arrêt

Pour les systèmes en courant continu, la ligne aérienne de contact doit être conçue pour satisfaire aux exigences définies dans la clause 4.2.6.

#### 5.2.1.7. Matériau du fil de contact

Le matériau du fil de contact doit être conforme aux exigences définies dans la clause 4.2.18.

## 6. ÉVALUATION DE LA CONFORMITÉ DES CONSTITUANTS D'INTEROPÉRABILITÉ ET VÉRIFICATION «CE» DES SOUS-SYSTÈMES

### 6.1. Constituants d'interopérabilité

#### 6.1.1. Procédures d'évaluation de la conformité

Les procédures d'évaluation de la conformité des constituants d'interopérabilité définis au chapitre 5 de la présente STI doivent être effectuées par l'application des modules correspondants.

Les procédures d'évaluation applicables aux exigences particulières du constituant d'interopérabilité sont indiquées dans la clause 6.1.4.

#### 6.1.2. Application des modules

Pour l'évaluation de la conformité des constituants d'interopérabilité, les modules suivants sont utilisés:

- CA contrôle interne de la fabrication
- CB examen «CE» de type
- CC conformité au type sur la base du contrôle interne de la fabrication
- CH conformité sur la base du système de gestion de la qualité totale
- CH1 conformité sur la base du système de gestion de la qualité totale et du contrôle de la conception

Tableau 6.1.2

#### Modules d'évaluation de la conformité à appliquer pour les constituants d'interopérabilité (CI)

Procédures	Modules
Mise sur le marché dans l'Union européenne avant l'entrée en vigueur de la présente STI	CA ou CH
Mise sur le marché dans l'Union européenne après l'entrée en vigueur de la présente STI	CB + CC ou CH1

Les modules d'évaluation de la conformité des constituants d'interopérabilité doivent être choisis parmi ceux proposés dans le tableau 6.1.2.

Dans le cas de produits mis sur le marché avant la publication de la présente STI, le type est réputé approuvé et, partant, l'examen «CE» de type (module CB) n'est pas nécessaire, à condition que le fabricant démontre que des essais et vérifications des constituants d'interopérabilité ont été considérés comme satisfaisants pour des applications antérieures dans des conditions comparables et sont conformes aux exigences de la présente STI. En pareil cas, ces évaluations restent valables pour la nouvelle application. S'il n'est pas possible de démontrer que la solution a fait ses preuves de manière certaine dans le passé, la procédure applicable aux CI mis sur le marché après la publication de la présente STI s'applique.

#### 6.1.3. Solutions innovantes pour les constituants d'interopérabilité

Si une solution innovante est proposée pour un constituant d'interopérabilité tel que défini à la clause 5.2, le fabricant ou son mandataire établi dans la Communauté dresse la liste des divergences par rapport à la clause correspondante de la présente STI et la soumet à la Commission pour analyse.

Si l'analyse donne lieu à un avis favorable, les spécifications fonctionnelles et d'interface appropriées du constituant et la méthode d'évaluation seront élaborées selon les termes de l'autorisation de la Commission.

Les spécifications fonctionnelles et d'interface applicables ainsi que les méthodes d'évaluation élaborées selon cette procédure doivent être intégrées dans la STI dans le cadre du processus de révision.

Dès la notification d'une décision de la Commission adoptée conformément à l'article 29 de la directive, la solution innovante peut être utilisée préalablement à son incorporation dans la STI dans le cadre du processus de révision.

#### 6.1.4. Procédure d'évaluation particulière applicable au constituant d'interopérabilité LAC

##### 6.1.4.1. Évaluation du comportement dynamique et de la qualité du captage de courant

L'évaluation du comportement dynamique et de la qualité du captage de courant concerne la ligne aérienne de contact (sous-système «énergie») et le pantographe (sous-système «matériel roulant»).

Une nouvelle conception de ligne aérienne de contact doit être évaluée par simulation conformément à la norme EN50318:2002 et par mesure d'une section d'essai de la nouvelle conception conformément à la norme EN50317:2002.

Aux fins de la simulation et de l'analyse des résultats, les caractéristiques représentatives (par exemple, les tunnels, les jonctions, les sections neutres, etc.) doivent être prises en considération.

Les simulations doivent être réalisées en utilisant au minimum deux types de pantographes différents conformes à la STI <sup>(1)</sup> pour la vitesse <sup>(2)</sup> et le système d'alimentation appropriés, jusqu'à la vitesse de conception prévue pour le constituant d'interopérabilité «ligne aérienne de contact» qui est proposé.

Il est permis d'effectuer la simulation en utilisant des types de pantographes en cours de certification comme constituant d'interopérabilité à condition qu'ils répondent aux autres exigences de la STI LOC et MRV.

La simulation doit être effectuée pour un pantographe simple et pour des pantographes multiples présentant un espacement conforme aux exigences de la clause 4.2.17.

Pour être acceptable, la qualité simulée du captage de courant doit être conforme à la clause 4.2.16 en ce qui concerne le soulèvement, l'effort de contact moyen et l'écart type pour chacun des pantographes.

Si les résultats de la simulation sont acceptables, un essai dynamique sur site avec une section représentative de la nouvelle ligne aérienne de contact doit être réalisé.

Aux fins de l'essai sur site en question, un des deux types de pantographes retenus pour la simulation doit être installé sur un matériel roulant permettant d'atteindre la vitesse voulue sur la section représentative.

<sup>(1)</sup> C'est-à-dire des pantographes certifiés en tant que constituants d'interopérabilité conformément aux STI du système ferroviaire conventionnel ou du système ferroviaire à grande vitesse.

<sup>(2)</sup> C'est-à-dire que la vitesse des deux types de pantographes doit être au moins égale à la vitesse de référence de la ligne aérienne de contact simulée.

Les essais doivent porter au minimum sur les dispositions de pantographes les moins performantes résultant des simulations et doivent répondre aux exigences de la clause 4.2.17.

Chaque pantographe doit produire un effort de contact moyen jusqu'à la vitesse de référence envisagée de la LAC à tester, comme requis par la clause 4.2.15.

Pour être acceptable, la qualité mesurée du captage de courant doit être conforme à la clause 4.2.16 en ce qui concerne le soulèvement et soit l'effort de contact moyen et l'écart type soit le pourcentage d'amorçage d'arcs.

Si toutes les évaluations ci-dessus sont réussies, le modèle de ligne aérienne de contact mis à l'essai doit être considéré comme conforme et peut être utilisé sur les lignes sur lesquelles les caractéristiques du modèle sont compatibles.

L'évaluation du comportement dynamique et de la qualité du captage de courant pour le constituant d'interopérabilité «pantographe» fait l'objet de la clause 6.1.2.2.6 de la STI LOC et MRV du système ferroviaire conventionnel.

#### 6.1.4.2. Évaluation du courant à l'arrêt

L'évaluation de la conformité doit se faire conformément à la norme EN50367:2006, annexe A.4.1.

#### 6.1.5. Déclaration «CE» de conformité des constituants d'interopérabilité

Conformément à l'annexe IV, clause 3, de la directive 2008/57/CE, la déclaration «CE» de conformité doit être accompagnée d'une description des conditions d'utilisation:

- tension et fréquence nominales,
- vitesse de conception.

### 6.2. Sous-système «énergie»

#### 6.2.1. Dispositions générales

À la requête du demandeur, l'organisme notifié procède à la vérification «CE» conformément à l'annexe VI de la directive 2008/57/CE et conformément aux dispositions des modules applicables.

Si le demandeur démontre que les essais ou les vérifications d'un sous-système «énergie» ont été fructueux pour des applications antérieures dans des situations comparables, l'organisme notifié tient compte de ces essais et vérifications pour l'évaluation de la conformité.

Les procédures d'évaluation applicables aux exigences particulières du sous-système sont indiquées dans la clause 6.2.4.

Le demandeur doit établir la déclaration «CE» de vérification pour le sous-système «énergie» conformément à l'article 18, paragraphe 1, et à l'annexe V de la directive 2008/57/CE.

#### 6.2.2. Application des modules

Pour effectuer la procédure de vérification «CE» du sous-système «énergie», le demandeur ou son mandataire établi dans la Communauté peut choisir:

- le module SG: vérification «CE» sur la base de la vérification à l'unité, ou
- le module SH1: vérification «CE» sur la base du système de gestion de la qualité totale et du contrôle de la conception.

##### 6.2.2.1. Application du module SG

Dans le cas du module SG, l'organisme notifié peut tenir compte des résultats des examens, contrôles et essais qui ont été effectués avec succès, dans des conditions comparables, par d'autres organismes<sup>(1)</sup> ou par le demandeur (ou pour le compte de celui-ci).

<sup>(1)</sup> Les conditions du renvoi aux contrôles ou aux essais doivent être similaires aux conditions respectées par un organisme notifié en matière de sous-traitance (voir § 6.5 du guide bleu relatif à la nouvelle approche).

#### 6.2.2.2. Application du module SH1

Le module SH1 ne peut être utilisé que lorsque les activités concourant à la proposition de sous-système à vérifier (conception, fabrication, assemblage, installation) sont soumises à un système de gestion de la qualité couvrant la conception, la production, l'inspection du produit fini et les essais, qui doit être approuvé et contrôlé par un organisme notifié.

#### 6.2.3. Solutions innovantes

Si le sous-système inclut une solution innovante au sens de la clause 4.1, le demandeur doit déclarer les écarts par rapport aux clauses correspondantes de la STI et les soumettre à la Commission.

En cas d'avis favorable, les spécifications fonctionnelles et d'interface appropriées et les méthodes d'évaluation relatives à cette solution seront élaborées.

Les spécifications fonctionnelles et d'interface applicables ainsi que les méthodes d'évaluation élaborées selon cette procédure doivent ensuite être intégrées dans la STI dans le cadre du processus de révision. Dès la notification d'une décision de la Commission adoptée conformément à l'article 29 de la directive, la solution innovante peut être utilisée préalablement à son incorporation dans la STI dans le cadre du processus de révision.

#### 6.2.4. Procédures d'évaluation particulières applicables au sous-système

##### 6.2.4.1. Évaluation de la tension moyenne utile

L'évaluation doit être réalisée conformément à la norme EN50388:2005, clauses 14.4.1, 14.4.2 (simulation uniquement) et 14.4.3.

##### 6.2.4.2. Évaluation du freinage par récupération

L'évaluation pour les installations fixes d'alimentation électrique en courant alternatif doit se faire conformément à la norme EN50388:2005, clause 14.7.2.

L'évaluation de l'alimentation électrique en courant continu doit s'effectuer par une revue de la conception.

##### 6.2.4.3. Évaluation des mesures de coordination de la protection électrique

L'évaluation doit être faite pour la conception et l'exploitation des sous-stations conformément à la norme EN50388:2005, clause 14.6.

##### 6.2.4.4. Évaluation des harmoniques et des effets dynamiques pour les systèmes en courant alternatif

L'évaluation, exécutée sur la base d'une étude de compatibilité, doit se faire conformément à la norme EN50388:2005, clause 10.3, en tenant compte des surtensions fixées dans la norme EN50388:2005, clause 10.4.

##### 6.2.4.5. Évaluation du comportement dynamique et de la qualité du captage de courant (intégration dans un sous-système)

Si la ligne aérienne de contact à installer sur une nouvelle ligne est certifiée comme constituant d'interopérabilité, il convient de procéder à des mesures des paramètres d'interaction conformément à la norme EN50317:2002 pour vérifier l'installation correcte.

Ces mesures doivent être effectuées avec un constituant d'interopérabilité «pantographe» présentant les caractéristiques d'effort de contact moyen requises par la clause 4.2.15 de la présente STI pour la vitesse de conception envisagée pour la ligne aérienne de contact.

L'objectif principal de cet essai est de repérer les erreurs de construction mais non d'évaluer la conception dans son principe.

La ligne aérienne de contact installée peut être acceptée si les résultats des mesures sont conformes aux exigences de la clause 4.2.16 en ce qui concerne le soulèvement et soit l'effort de contact moyen et l'écart type soit le pourcentage d'amorçage d'arcs.

L'évaluation du comportement dynamique et de la qualité du captage de courant pour l'intégration du pantographe dans le matériel roulant fait l'objet de la clause 6.2.2.2.14 de la STI LOC et MRV du système ferroviaire conventionnel.

##### 6.2.4.6. Évaluation du plan de maintenance

L'évaluation doit se faire en vérifiant l'existence de la maintenance.

L'organisme notifié n'est pas responsable de l'évaluation de l'adéquation des exigences détaillées définies dans le plan.

6.3. **Sous-système contenant des constituants d'interopérabilité n'ayant pas fait l'objet d'une déclaration «CE»**

6.3.1. *Conditions*

Au cours de la période de transition prévue à l'article 4 de la présente décision, un organisme notifié est habilité à délivrer un certificat «CE» de vérification pour un sous-système, même si certains des constituants d'interopérabilité incorporés dans le sous-système ne sont pas couverts par les déclarations «CE» de conformité et/ou d'aptitude à l'emploi appropriées en application de la présente STI, si les critères suivants sont satisfaits:

— la conformité du sous-système a été vérifiée par l'organisme notifié par rapport aux exigences définies au chapitre 4 et au regard des points 6.2 à 7 (sauf les «cas spécifiques») de la présente STI.

De plus, la conformité des constituants d'interopérabilité aux chapitres 5 et 6.1 ne s'applique pas, et

— les constituants d'interopérabilité qui ne sont pas couverts par la déclaration «CE» de conformité et/ou d'aptitude à l'emploi appropriée ont été utilisés dans un sous-système déjà approuvé et mis en service avant l'entrée en vigueur de la présente STI dans un État membre au moins.

Il ne sera pas établi de déclarations «CE» de conformité et/ou d'aptitude à l'emploi pour les constituants d'interopérabilité évalués de cette manière.

6.3.2. *Documentation*

Le certificat «CE» de vérification du sous-système doit indiquer clairement quels constituants d'interopérabilité ont été évalués par l'organisme notifié dans le cadre de la vérification du sous-système.

La déclaration «CE» de vérification du sous-système doit indiquer clairement les éléments suivants:

— les constituants d'interopérabilité qui ont été évalués dans le cadre du sous-système,

— la confirmation que le sous-système contient des constituants d'interopérabilité identiques à ceux qui ont été vérifiés dans le cadre du sous-système,

— pour ces constituants d'interopérabilité: le ou les motifs pour lesquels le fabricant n'a pas fourni de déclaration CE de conformité et/ou d'aptitude à l'emploi avant de les incorporer dans le sous-système, y compris l'application de règles nationales notifiées en vertu de l'article 17 de la directive 2008/57/CE.

6.3.3. *Maintenance des sous-systèmes certifiés selon la clause 6.3.1*

Au cours de la période de transition et après son expiration, jusqu'à ce que le sous-système soit réaménagé ou renouvelé (compte tenu de la décision des États membres sur l'application des STI), les constituants d'interopérabilité qui n'ont pas fait l'objet d'une déclaration «CE» de conformité et/ou d'aptitude à l'emploi, et qui sont du même type, peuvent être utilisés pour des remplacements effectués dans le cadre de la maintenance (pièces de rechange) pour le sous-système, sous la responsabilité de l'organisme chargé de la maintenance. En toute hypothèse, l'organisme chargé de la maintenance doit garantir que les constituants destinés aux remplacements effectués dans le cadre de la maintenance conviennent à l'usage qui doit en être fait, sont utilisés dans leur domaine d'emploi et permettent de réaliser l'interopérabilité du système ferroviaire tout en satisfaisant aux exigences essentielles. Ces constituants doivent être traçables et certifiés conformément à des règles nationales et internationales ou à des codes de pratiques largement reconnus dans le domaine ferroviaire.

7. MISE EN ŒUVRE

7.1. **Généralités**

L'État membre doit indiquer, pour les lignes du RTE, les parties du sous-système «énergie» qui sont requises pour assurer des services interopérables (par exemple, ligne aérienne de contact équipant les voies, voies accessoires, gares, gares de triage) et qui doivent, à ce titre, être conformes à la présente STI. En établissant la liste de ces éléments, l'État membre doit tenir compte de la cohérence du système dans son ensemble.

7.2. **Stratégie progressive vers l'interopérabilité**

7.2.1. *Introduction*

La stratégie décrite dans la présente STI s'applique aux lignes nouvelles, réaménagées et renouvelées.

Étant donné que la modification des lignes existantes pour les mettre en conformité avec les STI peut impliquer des coûts d'investissements élevés, elle peut être progressive.

Conformément aux conditions énoncées à l'article 20, paragraphe 1, de la directive 2008/57/CE, la stratégie de migration indique la manière dont les installations existantes doivent être adaptées dans les cas où cela s'avère économiquement justifié.

#### 7.2.2. *Stratégie de migration concernant la tension et la fréquence*

Le choix du système d'alimentation électrique appartient à l'État membre. La décision doit être fondée sur des considérations économiques, en tenant compte au minimum des facteurs suivants:

- le système d'alimentation électrique existant dans l'État membre en question,
- tout raccordement à la ligne ferroviaire dans les pays voisins sur une alimentation électrique existante.

#### 7.2.3. *Stratégie de migration concernant les pantographes et la géométrie de la LAC*

La ligne aérienne de contact doit être conçue pour être utilisée par au moins un des pantographes ayant une géométrie d'archet (1 600 mm ou 1 950 mm) telle que précisée par la STI LOC et MRV du système ferroviaire conventionnel, clause 4.2.8.2.9.2.

### 7.3. **Application de la STI aux lignes nouvelles**

Les chapitres 4 à 6 ainsi que les éventuelles dispositions particulières du point 7.5 ci-dessous sont intégralement applicables aux lignes relevant du champ d'application territorial de la présente STI (voir paragraphe 1.2) qui seront mises en service après l'entrée en vigueur de la présente STI.

### 7.4. **Application de la STI aux lignes existantes**

#### 7.4.1. *Introduction*

Si la STI peut être appliquée intégralement aux installations nouvelles, sa mise en œuvre sur les lignes existantes peut exiger des modifications des équipements existants. L'ampleur des modifications nécessaires dépend du degré de conformité des installations existantes. Les principes suivants sont applicables dans le cas de la STI «système ferroviaire conventionnel», sans préjudice du point 7.5 (cas particuliers).

Si l'article 20, paragraphe 2, de la directive 2008/57/CE s'applique, de sorte qu'une autorisation de mise en service est requise, l'État membre décide quelles exigences de la STI doivent être appliquées, compte tenu de la stratégie de migration.

Si l'article 20, paragraphe 2, de la directive 2008/57/CE ne s'applique pas, une nouvelle autorisation de mise en service n'étant pas nécessaire, la conformité avec la présente STI est recommandée. Lorsque la conformité ne peut être assurée, l'entité adjudicatrice informe l'État membre de la raison de cette impossibilité.

Si l'État membre demande la mise en service de nouveaux équipements, l'entité adjudicatrice doit déterminer les mesures pratiques et les différentes phases du projet qui sont nécessaires pour atteindre les niveaux de performance requis. Ces phases du projet peuvent comprendre des périodes transitoires pour la mise en service de l'équipement avec des performances réduites.

Un sous-système existant peut autoriser la circulation de véhicules conformes à la STI tout en respectant les exigences essentielles de la directive 2008/57/CE. Dans ce cas, le gestionnaire de l'infrastructure doit être en mesure de compléter, sur une base volontaire, le registre de l'infrastructure visé à l'article 35 de la directive 2008/57/CE. La procédure à suivre pour démontrer le degré de conformité avec les paramètres fondamentaux de la STI doit être définie dans la spécification du registre de l'infrastructure que la Commission doit adopter en vertu de cet article.

#### 7.4.2. *Réaménagement/renouvellement de la LAC et/ou de l'alimentation électrique*

Il est possible de modifier progressivement tout ou partie de la ligne aérienne de contact et/ou du système d'alimentation électrique (élément par élément) sur une période plus ou moins longue pour parvenir à la conformité avec la présente STI.

La conformité du sous-système complet ne peut toutefois être déclarée que lorsque la totalité des éléments a été mise en conformité avec la STI.

Le processus de réaménagement/renouvellement devrait prendre en considération la nécessité de maintenir la compatibilité avec le sous-système «énergie» existant et d'autres sous-systèmes. Dans le cas d'un projet comprenant des éléments qui ne sont pas conformes à la STI, les procédures à suivre pour l'évaluation de la conformité et la vérification CE doivent être arrêtées d'un commun accord avec l'État membre.

#### 7.4.3. Paramètres associés à la maintenance

Des vérifications et des autorisations de mise en service officielles ne sont pas requises lors de la maintenance du sous-système «énergie». Cependant, les remplacements exécutés lors de la maintenance peuvent, dans la mesure où cela est raisonnable, être entrepris conformément aux exigences de la présente STI, contribuant au développement de l'interopérabilité.

#### 7.4.4. Sous-système existant qui ne fait pas l'objet d'un projet de renouvellement ou de réaménagement

Un sous-système en cours d'exploitation peut permettre aux trains se conformant aux exigences des STI «matériel roulant» des lignes à grande vitesse et lignes ferroviaires conventionnelles de fonctionner tout en répondant aux exigences essentielles. Dans ce cas, le gestionnaire de l'infrastructure peut, sur une base volontaire, compléter le registre de l'infrastructure conformément à l'annexe C de la présente STI pour démontrer le degré de conformité avec les paramètres fondamentaux de la présente STI.

### 7.5. Cas spécifiques

#### 7.5.1. Introduction

Les dispositions particulières suivantes sont autorisées dans les cas spécifiques ci-dessous.

a) Cas «P»: cas permanents.

b) Cas «T»: cas temporaires, dans lesquels il est recommandé de se conformer au système cible d'ici à 2020 [objectif inscrit dans la décision n° 1692/96/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 juillet 1996 sur les orientations communautaires pour le développement du réseau transeuropéen de transport <sup>(1)</sup>, modifiée par la décision n° 884/2004/CE du Parlement européen et du Conseil <sup>(2)</sup>].

#### 7.5.2. Liste des cas spécifiques

##### 7.5.2.1. Particularités du réseau estonien

###### Cas «P»

Tous les paramètres fondamentaux des clauses 4.2.3 à 4.2.20 ne sont pas applicables aux lignes présentant un gabarit de voie de 1 520 mm, et constituent un point ouvert.

##### 7.5.2.2. Particularités du réseau français

###### 7.5.2.2.1. Tension et fréquence (4.2.3)

###### Cas «T»

Les valeurs et les limites de la tension et de la fréquence aux bornes de la sous-station et au pantographe des lignes électrifiées en courant continu à 1,5 kV:

— Nîmes-Port Bou,

— Toulouse-Narbonne,

peuvent excéder les valeurs définies dans la norme EN50163:2004, clause 4 ( $U_{\max 2}$  proche de 2 000 V).

###### 7.5.2.2.2. Effort de contact moyen (4.2.15)

###### Cas «P»

Pour une ligne en courant continu à 1,5 kV, l'effort de contact moyen se situe dans la plage suivante:

<sup>(1)</sup> JO L 228 du 9.9.1996, p. 1.

<sup>(2)</sup> JO L 167 du 30.4.2004, p. 1.

Tableau 7.5.2.2.2

**Plages de l'effort de contact moyen**

courant continu 1,5 kV	$70 \text{ N} < F_m < 0,00178 \cdot v^2 + 110 \text{ N}$ et une valeur de 140 N à l'arrêt
------------------------	---

## 7.5.2.3. Particularités du réseau finlandais

## 7.5.2.3.1. Géométrie de la ligne aérienne de contact – Hauteur du fil de contact (4.2.13.1)

**Cas «P»**

La hauteur nominale du fil de contact est de 6,15 m (minimum 5,60 m et maximum 6,60 m).

## 7.5.2.4. Particularités du réseau letton

**Cas «P»**

Tous les paramètres fondamentaux des clauses 4.2.3 à 4.2.20 ne sont pas applicables aux lignes présentant un gabarit de voie de 1 520 mm, et constituent un point ouvert.

## 7.5.2.5. Particularités du réseau lituanien

**Cas «P»**

Tous les paramètres fondamentaux des clauses 4.2.3 à 4.2.20 ne sont pas applicables aux lignes présentant un gabarit de voie de 1 520 mm, et constituent un point ouvert.

## 7.5.2.6. Particularités du réseau slovène

## 7.5.2.6.1. Gabarit du pantographe (4.2.14)

**Cas «P»**

Dans le cas de la Slovénie, pour le renouvellement et le réaménagement de lignes existantes eu égard au gabarit existant des structures (tunnels, viaducs, ponts), le gabarit cinématique mécanique de pantographe est conforme au profil de pantographe de 1 450 mm tel que défini dans la norme EN 50367, 2006, figure B.2.

## 7.5.2.7. Particularités du réseau du Royaume-Uni en ce qui concerne la Grande-Bretagne

## 7.5.2.7.1. Hauteur du fil de contact (4.2.13.1)

**Cas «P»**

En Grande-Bretagne, pour le réaménagement ou le renouvellement du sous-système «énergie» existant ou la construction de nouveaux sous-systèmes «énergie» sur des infrastructures existantes, la hauteur nominale du fil de contact ne doit pas être inférieure à 4 700 mm.

## 7.5.2.7.2. Débattement latéral (4.2.13.3)

**Cas «P»**

En Grande-Bretagne, pour les sous-systèmes «énergie» nouveaux, réaménagés ou renouvelés, le débattement latéral autorisé du fil de contact par rapport à l'axe de la voie, telle qu'elle a été conçue, sous l'action d'un vent traversier doit être de 475 mm (sauf si une valeur inférieure est déclarée dans le registre de l'infrastructure) pour une hauteur de fil inférieure ou égale à 4 700 mm, en tenant compte des données de construction, des effets dus à la température et de la déformation des pylônes. Pour les hauteurs de fil supérieures à 4 700 mm, cette valeur doit être réduite de  $0,040 \times [\text{hauteur de fil (mm)} - 4 700]$  mm.

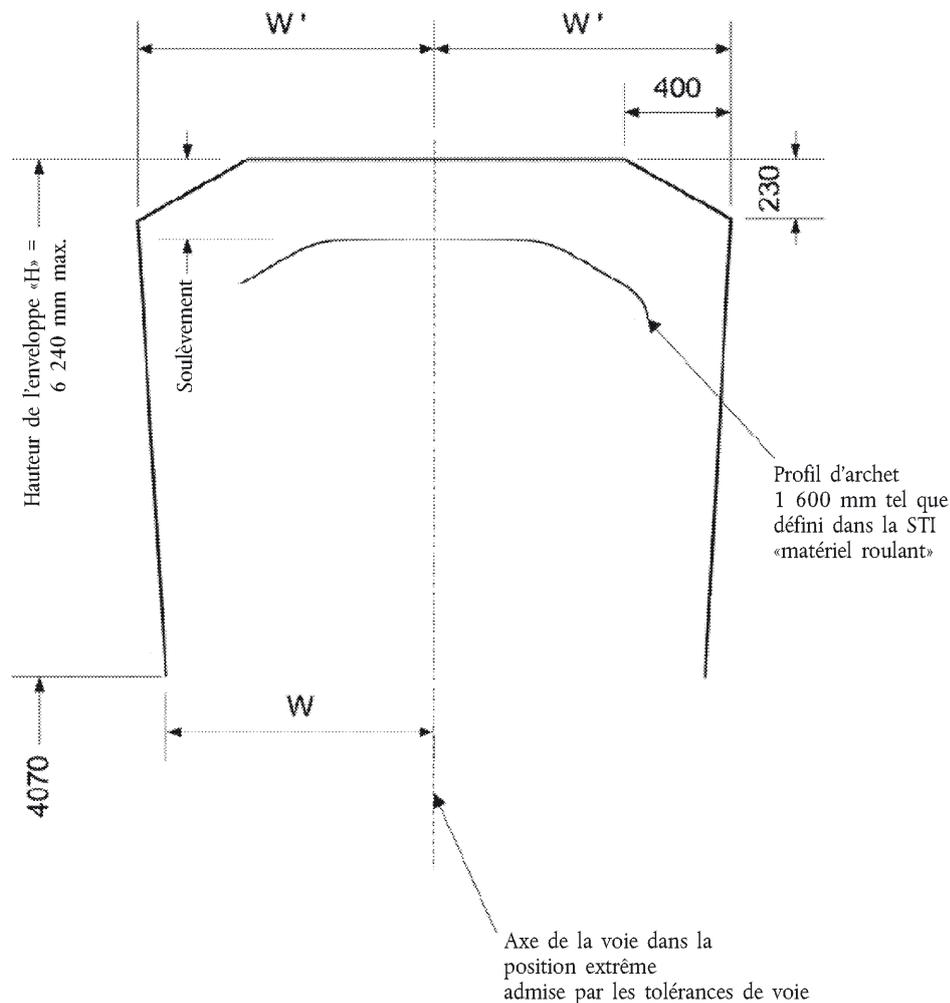
## 7.5.2.7.3. Gabarit du pantographe (4.2.14 et annexe E)

**Cas «P»**

En Grande-Bretagne, pour le réaménagement ou le renouvellement du sous-système «énergie» existant ou la construction de nouveaux sous-systèmes «énergie» sur des infrastructures existantes, le gabarit cinématique mécanique de pantographe est défini selon le diagramme ci-dessous (figure 7.5.2.7).

Figure 7.5.2.7

## Gabarit du pantographe



Le diagramme indique l'enveloppe extrême dans les limites de laquelle doit rester l'archet. L'enveloppe doit se situer aux extrêmes de l'axe de la voie ferrée admis par les tolérances de la voie, qui ne sont pas incluses. L'enveloppe est un gabarit absolu, et non un profil de référence susceptible d'être adapté.

À toutes les vitesses jusqu'à la vitesse de ligne, le dévers maximal, la vitesse maximale du vent à laquelle l'exploitation sans restrictions est possible, et la vitesse extrême du vent définie dans le registre de l'infrastructure:

$W = 800 + J$  mm, si  $H \leq 4\,300$  mm; et

$W' = 800 + J + [0,040 \times (H - 4\,300)]$  mm, si  $H > 4\,300$  mm.

où:

$H$  = hauteur jusqu'au sommet de l'enveloppe au-dessus du niveau des rails (en mm). La dimension est la somme de la hauteur du fil de contact et de la marge pour le soulèvement;

$J = 200$  mm sur la voie en aligné;

$J = 230$  mm sur la voie en courbe;

$J = 190$  mm (minimum) lorsqu'il y a contrainte en raison du dégagement par rapport aux infrastructures civiles qui ne peut être augmenté pour des raisons de coût.

Il convient en outre de tenir compte de l'usure du fil de contact, du jeu mécanique, du gabarit électrification statique ou dynamique.

7.5.2.7.4. Voie ferrée électrifiée en courant continu à 600/750 V avec rails conducteurs au sol

**Cas «P»**

Le réaménagement, le renouvellement ou le prolongement des lignes équipées d'un système d'électrification de 600/750 V en courant continu sous la forme de rails conducteurs au sol à contact par le dessus, qu'il s'agisse de configurations à trois ou quatre rails, doivent se poursuivre lorsque cela s'avère économiquement justifié. Les normes nationales s'appliquent.

7.5.2.7.5. Moyens de protection du système de lignes aériennes de contact (4.7.3)

**Cas «P»**

Dans la référence à la norme EN50122-1:1997, clause 5.1, la condition nationale spéciale relative à cette clause (5.1.2.1) s'applique.

8. LISTE DES ANNEXES

- A. *Évaluation de conformité des constituants d'interopérabilité*
  - B. *Vérification «CE» du sous-système «énergie»*
  - C. *Registre de l'infrastructure, informations sur le sous-système «énergie»*
  - D. *Registre européen des types autorisés de véhicules, informations requises par le sous-système «énergie»*
  - E. *Détermination du gabarit cinématique mécanique de pantographe*
  - F. *Solutions de section de séparation des phases et des systèmes*
  - G. *Facteur de puissance*
  - H. *Protection électrique: déclenchement du coupe-circuit principal*
  - I. *Liste des normes mentionnées en référence*
  - J. *Glossaire*
-

## ANNEXE A

## ÉVALUATION DE CONFORMITÉ DES CONSTITUANTS D'INTEROPÉRABILITÉ

## A.1. Champ d'application

La présente annexe couvre l'évaluation de la conformité des constituants d'interopérabilité (ligne aérienne de contact) du sous-système «énergie».

Pour les constituants d'interopérabilité existants, il y a lieu de suivre la procédure décrite au point 6.1.2.

## A.2. Caractéristiques

Les caractéristiques du constituant d'interopérabilité à évaluer en appliquant les modules CB ou CH1 sont marquées d'une croix (X) au tableau A.1. La phase de production doit être évaluée dans le cadre du sous-système.

Tableau A.1

## Évaluation du constituant d'interopérabilité «ligne aérienne de contact»

Caractéristique – clause	Évaluation lors de la phase suivante				Procédures d'évaluation particulières
	Phase de conception et de développement			Phase de production	
	Revue de la conception	Revue du procédé de fabrication	Essai de type	Qualité du produit (production en série)	
Géométrie – 5.2.1.1	X	s.o.	s.o.	s.o.	
Effort de contact moyen – 5.2.1.2	X	s.o.	s.o.	s.o.	
Comportement dynamique – 5.2.1.3	X	s.o.	X	s.o.	Évaluation de conformité selon la clause 6.1.4.1 par simulation validée conformément à la norme EN50318:2002 pour la revue de la conception, et calculs conformément à la norme EN50317:2002 pour l'essai de type
Espace pour soulèvement – 5.2.1.4	X	s.o.	X	s.o.	Simulation validée conformément à la norme EN50318:2002 pour la revue de la conception et calcul conformément à la norme EN50317:2002 pour les essais de type avec un effort de contact moyen conformément à la clause 4.2.15
Conception de l'espace-ment des pantographes – 5.2.1.5	X	s.o.	s.o.	s.o.	
Courant à l'arrêt – 5.2.1.6	X	s.o.	X	s.o.	Conformément à la clause 6.1.4.2
Matériau du fil de contact – 5.2.1.7	X	s.o.	X	s.o.	

s.o.: sans objet

## ANNEXE B

## VÉRIFICATION «CE» DU SOUS-SYSTÈME «ÉNERGIE»

## B.1. Champ d'application

La présente annexe décrit la vérification «CE» du sous-système «énergie».

## B.2. Caractéristiques et modules

Les caractéristiques du sous-système à évaluer dans les différentes phases de conception, d'installation et de fonctionnement sont indiquées par une croix (X) dans le tableau B.1.

Tableau B.1

## Vérification «CE» du sous-système «énergie»

Paramètres fondamentaux	Phase d'évaluation				Procédures d'évaluation particulières
	Phase de conception et de développement	Phase de production			
	Revue de la conception	Construction, assemblage, montage	Assemblage (avant mise en service)	Validation en vraie grandeur	
Tension et fréquence – 4.2.3	X	s.o.	s.o.	s.o.	
Paramètres relatifs à la performance du système – 4.2.4	X	s.o.	s.o.	s.o.	Évaluation de la tension utile moyenne conformément à la clause 6.2.4.1
Continuité de l'alimentation électrique en cas de perturbations dans les tunnels – 4.2.5	X	s.o.	X	s.o.	
Capacité de transport de courant, systèmes en courant continu, trains à l'arrêt – 4.2.6	X (*)	s.o.	s.o.	s.o.	
Freinage par récupération – 4.2.7	X	s.o.	s.o.	s.o.	Conformément à la clause 6.2.4.2
Mesures de coordination de la protection électrique – 4.2.8	X	s.o.	X	s.o.	Conformément à la clause 6.2.4.3
Harmoniques et effets dynamiques pour les systèmes en courant alternatif – 4.2.9	X	s.o.	s.o.	s.o.	Conformément à la clause 6.2.4.4
Géométrie de la ligne aérienne de contact: hauteur du fil de contact – 4.2.13.1	X (*)	s.o.	s.o.	s.o.	
Géométrie de la ligne aérienne de contact: variation de la hauteur du fil de contact – 4.2.13.2	X (*)	s.o.	s.o.	s.o.	
Géométrie de la ligne aérienne de contact: débattement latéral – 4.2.13.3	X (*)	s.o.	s.o.	s.o.	

Paramètres fondamentaux	Phase d'évaluation				Procédures d'évaluation particulières
	Phase de conception et de développement	Phase de production			
		Revue de la conception	Construction, assemblage, montage	Assemblage (avant mise en service)	
Gabarit du pantographe – 4.2.14	X	s.o.	s.o.	s.o.	
Effort de contact moyen – 4.2.15	X (*)	s.o.	s.o.	s.o.	
Comportement dynamique et qualité du captage de courant – 4.2.16	X (*)	s.o.	X	s.o.	Vérification selon la clause 6.1.4.1 par simulation validée conformément à la norme EN50318:2002 pour la revue de la conception.  Vérification de la ligne aérienne de contact assemblée selon la clause 6.2.4.5 par des mesures conformément à la norme EN 50317:2002.
Espacement des pantographes – 4.2.17	X (*)	s.o.	s.o.	s.o.	
Matériau du fil de contact – 4.2.18	X (*)	s.o.	s.o.	s.o.	
Sections de séparation de phases – 4.2.19	X	s.o.	s.o.	s.o.	
Sections de séparation de systèmes – 4.2.20	X	s.o.	s.o.	s.o.	
Gestion de l'alimentation électrique en cas de danger – 4.4.2.3	X	s.o.	X	s.o.	
Règles de maintenance – 4.5	s.o.	s.o.	X	s.o.	Conformément à la clause 6.2.4.6
Protection contre les chocs électriques 4.7.2, 4.7.3, 4.7.4	X	X	X	s.o. <sup>1)</sup>	1) La validation en vraie grandeur n'est effectuée que lorsque la validation au cours de la phase «Assemblage (avant mise en service)» n'est pas possible.

s.o.: sans objet

(\*) à n'effectuer que si la ligne aérienne de contact n'a pas été évaluée comme constituant d'interopérabilité

## ANNEXE C

**REGISTRE DE L'INFRASTRUCTURE, INFORMATIONS SUR LE SOUS-SYSTÈME «ÉNERGIE»****C.1. Champ d'application**

La présente annexe couvre les informations relatives au sous-système «énergie» à inclure dans le registre de l'infrastructure pour chaque section homogène de lignes interopérables qui est à établir en application de la clause 4.8.2.

**C.2. Caractéristiques à décrire**

Le tableau C.1 contient les caractéristiques de l'interopérabilité du sous-système «énergie» pour lesquelles des informations doivent être données pour chaque section de ligne.

Tableau C.1

**Informations devant figurer dans le registre de l'infrastructure**

Paramètre, élément d'interopérabilité	Clause
Tension et fréquence	4.2.3
Courant maximal admissible des trains	4.2.4.1
Courant maximal à l'arrêt, systèmes en courant continu uniquement	4.2.6
Conditions permettant la récupération d'énergie	4.2.7
Hauteur nominale du fil de contact	4.2.13.1
Profil(s) de pantographe accepté(s)	4.2.13.3
Vitesse de ligne maximale avec un seul pantographe en fonctionnement (le cas échéant)	4.2.17
Type d'espacement de la LAC	4.2.17
Écartement minimal entre pantographes adjacents (le cas échéant)	4.2.17
Nombre de pantographes supérieur à deux pour lequel la ligne a été conçue (le cas échéant)	4.2.17
Matériau de bande de frottement autorisé	4.2.18
Sections de séparation de phases: type de section de séparation utilisé Informations relatives à l'exploitation, configuration du pantographe en position soulevée	4.2.19
Sections de séparation des systèmes: type de section de séparation utilisé Informations relatives à l'exploitation: déclenchement des disjoncteurs, abaissement des pantographes	4.2.20
Cas spécifiques	7.5
Tout autre écart par rapport aux exigences de la STI	

## ANNEXE D

**REGISTRE EUROPÉEN DES TYPES AUTORISÉS DE VÉHICULES, INFORMATIONS REQUISES PAR LE SOUS-SYSTÈME «ÉNERGIE»****D.1. Champ d'application**

La présente annexe comprend les informations relatives au sous-système «énergie» qui doivent figurer dans le registre européen des types de véhicules autorisés.

**D.2. Caractéristiques à décrire**

Le tableau D.1 contient les caractéristiques de l'interopérabilité du sous-système «énergie» pour lesquelles des informations doivent être données dans le registre européen des types de véhicules autorisés.

Tableau D.1

**Informations devant figurer dans le registre européen des types de véhicules autorisés**

Paramètre, élément d'interopérabilité	Information	Clause de la STI «LOC et MRV» du système ferroviaire conventionnel
Protection électrique du train	Pouvoir de coupure du disjoncteur à bord (kA), trains fonctionnant sur une ligne à 15 kV et 16,7 Hz	4.2.8.2.10
Disposition des pantographes	Espacement	4.2.8.2.9.7
Dispositif de réduction du courant installé	Type/Classification	4.2.8.2.4
Installation de dispositifs automatiques de régulation de puissance	Type/Classification	4.2.8.2.4
Frein à récupération installé	Oui/Non	4.2.8.2.3
Présence de dispositifs embarqués de mesure de la consommation d'énergie	Oui/Non	4.2.8.2.8
Cas spécifiques en rapport avec l'énergie		7.3
Tout autre écart par rapport aux exigences de la STI		

## ANNEXE E

## DÉTERMINATION DU GABARIT CINÉMATIQUE MÉCANIQUE DE PANTOGRAPHE

## E.1. Généralités

## E.1.1. Espace à dégager pour les lignes électrifiées

Dans le cas de lignes électrifiées par une ligne aérienne de contact, un espace supplémentaire doit être dégagé afin de:

- permettre l'hébergement de l'équipement de la LAC,
- permettre le passage libre du pantographe.

La présente annexe concerne le passage libre du pantographe (gabarit du pantographe). Le gestionnaire de l'infrastructure tient compte du gabarit électrification.

## E.1.2. Particularités

Le gabarit de pantographe diffère par certains aspects du gabarit d'obstacle.

- Le pantographe est (partiellement) sous tension et un gabarit électrification doit donc être respecté en fonction de la nature de l'obstacle (isolé ou non).
- La présence de cornes en matériau isolant doit être prise en considération, le cas échéant. Un double contour de référence doit donc être défini afin de tenir compte simultanément de l'interférence mécanique et de l'interférence électrique.
- En situation de captage, le pantographe se trouve en contact permanent avec le fil de contact et sa hauteur est donc variable. Il en est de même pour la hauteur du gabarit de pantographe.

## E.1.3. Symboles et abréviations

Symbole	Désignation	Unité
$b_w$	Demi-longueur de l'arc de pantographe	m
$b_{w,c}$	Demi-longueur de la partie conductrice (avec cornes en matériau isolant) ou de la partie utile (avec cornes en matériau conducteur) de l'arc de pantographe	m
$b'_{o,mec}$	Largeur du gabarit cinématique mécanique de pantographe au point de vérification supérieur	m
$b'_{u,mec}$	Largeur du gabarit cinématique mécanique de pantographe au point de vérification inférieur	m
$b_{h,mec}$	Largeur du gabarit cinématique mécanique de pantographe à la hauteur intermédiaire h	m
$d_l$	Débattement latéral du fil de contact	m
$D_o$	Dévers de référence pris en considération par le véhicule pour le gabarit du pantographe	m
$e_p$	Oscillations du pantographe découlant des caractéristiques du véhicule	m
$e_{po}$	Oscillations du pantographe au point de vérification supérieur	m
$e_{pu}$	Oscillations du pantographe au point de vérification inférieur	m
$f_s$	Marge à prendre en considération pour le relevage du fil de contact	m
$f_{wa}$	Marge à prendre en considération pour l'usure de la bande de contact du pantographe	m
$f_{ws}$	Marge permettant de prendre en considération le dépassement du fil de contact par l'arc en raison des oscillations du pantographe	m

Symbole	Désignation	Unité
$h$	Hauteur par rapport à la surface de roulement	m
$h'_{co}$	Hauteur de référence du centre de roulement pour l'établissement du gabarit de pantographe	m
$h'$	Hauteur de référence dans le calcul du gabarit de pantographe	m
$h'_o$	Hauteur de vérification maximale du gabarit de pantographe en position de captage	m
$h'_u$	Hauteur de vérification minimale du gabarit de pantographe en position de captage	m
$h_{eff}$	Hauteur réelle du pantographe soulevé	m
$h_{cc}$	Hauteur statique du fil de contact	m
$l'_o$	Insuffisance de dévers de référence prise en considération par le véhicule pour l'établissement du gabarit de pantographe	m
$L$	Distance entre axes de rail d'une voie	m
$l$	Écartement de la voie, distance entre les files de rail	m
$q$	Jeu transversal entre l'essieu et le cadre de bogie ou, dans le cas des véhicules non équipés de bogie, entre l'essieu et la caisse du véhicule	m
$qs'$	Mouvement quasi-statique	m
$s'_o$	Coefficient de flexibilité convenu entre le véhicule et l'infrastructure pour l'établissement du gabarit de pantographe	
$S'_{i/a}$	Projection autorisée du côté intérieur/extérieur de la courbe pour l'établissement du gabarit du pantographe	m
$w$	Jeu transversal entre le bogie et la caisse	m
$\vartheta$	Tolérance de montage du pantographe sur le toit	radian
$\tau$	Flexibilité transversale de l'appareil de montage en toiture	m
$\Sigma_j$	Somme des marges de sécurité (horizontales) couvrant certains phénomènes aléatoires ( $j = 1, 2$ ou $3$ ) pour le gabarit du pantographe	

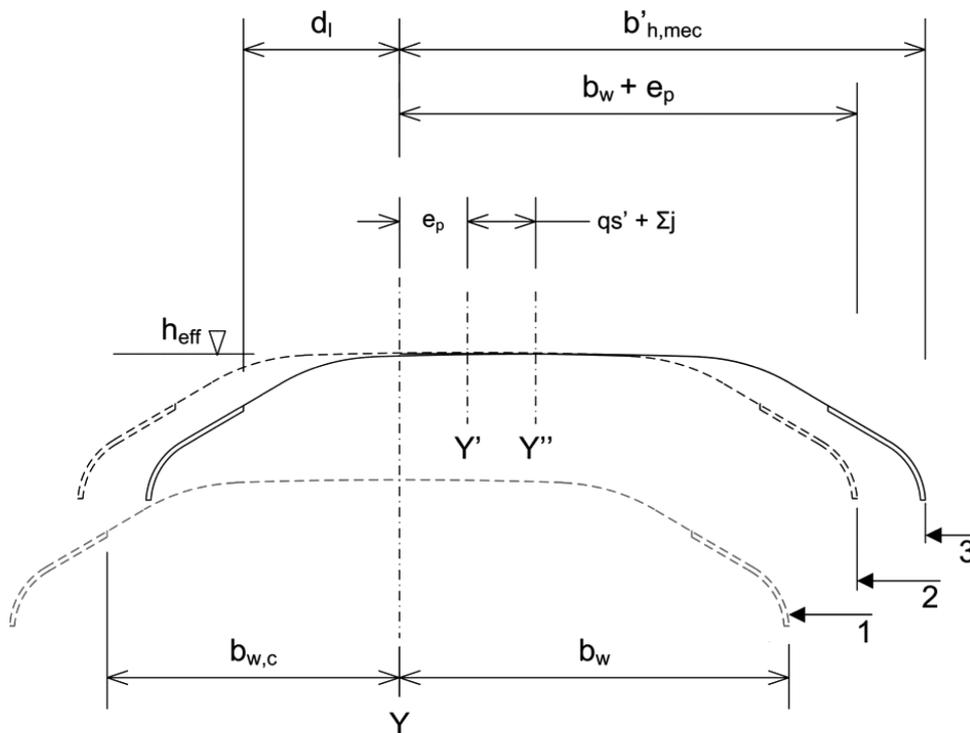
Indice a: se réfère à l'extérieur de la courbe

Indice i: se réfère à l'intérieur de la courbe

## E.1.4. Principes de base

Figure E.1

## Gabarits de pantographe



Légende:

Y: axe de la voie

Y': axe du pantographe – pour le calcul du profil de référence du passage libre

Y'': axe du pantographe – pour le calcul du gabarit cinématique mécanique de pantographe

1: profil du pantographe

2: profil de référence du passage libre

3: gabarit cinématique mécanique

Le gabarit du pantographe n'est réalisé que si le gabarit mécanique et le gabarit électrique sont respectés simultanément.

— Le profil de référence du passage libre inclut la longueur de l'archet et les oscillations du pantographe  $e_p$ , qui s'appliquent jusqu'au dévers ou à l'insuffisance de dévers de référence.

— Les obstacles vivants et les obstacles isolés doivent rester en dehors du gabarit mécanique.

— Les obstacles non isolés (mis à la terre ou avec un potentiel différent de celui de la LAC) doivent rester en dehors du gabarit mécanique et du gabarit électrique.

La figure E.1 montre les gabarits mécaniques du pantographe.

## E.2. Détermination du gabarit cinématique mécanique de pantographe

### E.2.1. Détermination de la largeur du gabarit mécanique

#### E.2.1.1. Champ d'application

La largeur du gabarit de pantographe est principalement déterminée par la longueur et les déplacements du pantographe examiné. En dehors de phénomènes spécifiques, des phénomènes semblables à ceux du gabarit d'obstacle se trouvent dans les déplacements transversaux.

Le gabarit de pantographe est étudié aux hauteurs suivantes:

- la hauteur de vérification supérieure  $h'_o$ ,
- la hauteur de vérification inférieure  $h'_u$ .

Entre ces deux hauteurs, on peut considérer que la largeur de gabarit varie de manière linéaire.

Les divers paramètres sont représentés dans l'illustration E.2.

#### E.2.1.2. Méthodologie de calcul

La largeur du gabarit de pantographe doit être déterminée en additionnant les paramètres définis ci-dessous. Dans le cas d'une ligne parcourue par divers pantographes, il convient de prendre en considération la largeur maximale.

Pour le point de vérification inférieur où  $h = h'_u$ :

$$b'_{u(i/a),mec} = (b_w + e_{pu} + S'_{i/a} + qS'_{i/a} + \Sigma_j)_{\max}$$

Pour le point de vérification supérieur où  $h = h'_o$ :

$$b'_{o(i/a),mec} = (b_w + e_{po} + S'_{i/a} + qS'_{i/a} + \Sigma_j)_{\max}$$

NOTE  $i/a$  = courbe intérieure/extérieure.

Pour toute hauteur intermédiaire  $h$ , la largeur est déterminée par voie d'interpolation:

$$b'_{h,mec} = b'_{u,mec} + \frac{h - h'_u}{h'_o - h'_u} \cdot (b'_{o,mec} - b'_{u,mec})$$

#### E.2.1.3. Demi-longueur $b_w$ de l'arc du pantographe

La demi-longueur  $b_w$  de l'arc du pantographe dépend du type de pantographe utilisé. Le ou les profils de pantographe à prendre en considération sont définis sous le point 4.2.8.2.9.2 de la STI LOC et MRV du système ferroviaire conventionnel.

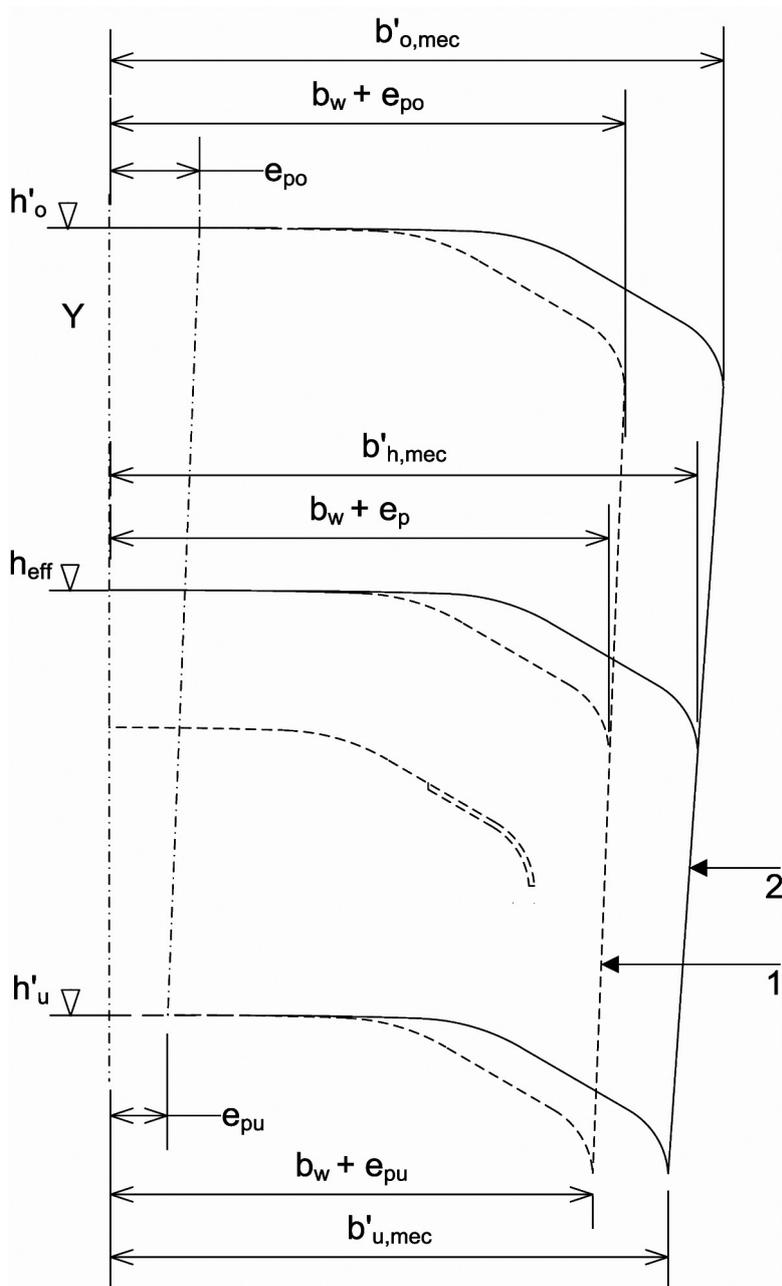
#### E.2.1.4. Oscillations du pantographe $e_p$

Les oscillations dépendent principalement des phénomènes suivants:

- le jeu  $q + w$  dans les boîtes d'essieux et entre le bogie et la caisse,
- le niveau d'inclinaison de la caisse pris en considération par le véhicule (en fonction de la flexibilité spécifique  $s'_o$ , du dévers de référence  $D'_o$  et de l'insuffisance de dévers de référence  $I'_o$ ),
- la tolérance de montage  $\vartheta$  du pantographe sur le toit,
- la flexibilité transversale  $\tau$  de l'appareil de montage en toiture,
- la hauteur  $h'$  prise en considération.

Figure E.2

## Détermination de la largeur du gabarit cinématique mécanique du pantographe à différentes hauteurs



## Légende

Y: axe de la voie

1: profil de référence du passage libre

2: gabarit cinématique mécanique du pantographe

## E.2.1.5. Projections

Le gabarit du pantographe prévoit l'exécution de projections spécifiques. Dans le cas d'un écartement de voie standard, la formule suivante s'applique:

$$S'_{i/a} = \frac{2,5}{R} + \frac{l - 1,435}{2}$$

Pour les autres écartements de voie, les règles nationales s'appliquent.

## E.2.1.6. Effet quasi-statique

Le pantographe étant installé en toiture, l'effet quasi-statique joue un rôle important dans le calcul du gabarit du pantographe. Cet effet est calculé à partir de la flexibilité spécifique  $s'_0$ , du dévers de référence  $D'_0$  et de l'insuffisance de dévers de référence  $I'_0$ :

$$qs'_i = \frac{s'_0}{L} [D - D'_0]_{>0} (h - h'_{c0})$$

$$qs'_a = \frac{s'_0}{L} [I - I'_0]_{>0} (h - h'_{c0})$$

REMARQUE: les pantographes sont normalement montés sur la toiture d'une unité d'alimentation dont la flexibilité de référence  $s'_0$  est généralement inférieure à celle du gabarit d'obstacle  $s_0$ .

## E.2.1.7. Marges de sécurité

Conformément à la définition du gabarit, les phénomènes suivants devraient être pris en considération:

- dissymétrie de chargement,
- déplacement transversal de la voie entre deux actions de maintenance successives,
- variation de dévers se produisant entre deux actions de maintenance successives,
- oscillations générées par les inégalités de la voie.

La somme des marges ci-dessus est prise en compte par  $\Sigma_j$ .

## E.2.2. Détermination de la hauteur du gabarit mécanique

La hauteur de gabarit doit être déterminée localement sur la base de la hauteur statique  $h_{cc}$  de la ligne de contact. Les paramètres suivants doivent être pris en considération.

- Le paramètre  $f_s$  de relevage du fil de contact, généré par l'effort de contact du pantographe. La valeur de  $f_s$  dépend du type de LAC et doit ainsi être déterminée par le gestionnaire de l'infrastructure conformément à la clause 4.2.16.
- Le paramètre de relevage de la tête du pantographe résultant de la position oblique de la tête du pantographe, généré par le point de contact en paliers et l'usure de la bande de frottement du collecteur  $f_{ws} + f_{wa}$ . La valeur autorisée de  $f_{ws}$  est indiquée dans la STI LOC et MRV du système ferroviaire conventionnel.

La hauteur du gabarit mécanique est obtenue par la formule suivante:

$$h_{eff} = h_{cc} + f_s + f_{ws} + f_{wa}$$

## E.3. Paramètres de référence

Les paramètres du gabarit cinématique mécanique de pantographe et du débattement latéral maximal du fil de contact doivent être les suivants:

- 1 – selon l'écartement de voie
- $s_0 = 0,225$
- $h_{c0} = 0,5$  m
- $I_0 = 0,066$  m et  $D_0 = 0,066$  m
- $h'_o = 6,500$  m et  $h'_u = 5,000$  m

## E.4. Calcul du débattement latéral maximal du fil de contact

Le débattement latéral maximal du fil de contact doit être calculé en tenant compte du mouvement total du pantographe par rapport à l'implantation nominale de position de la voie et de la partie conductrice (ou de la longueur utile dans le cas de pantographes dépourvus de cornes en matériau isolant) selon la formule suivante:

$$d_l = b_{w,c} + b_w - b'_{h,mec}$$

$b_{w,c}$  – défini dans les clauses 4.2.8.2.9.1 et 4.2.8.2.9.2 de la STI LOC et MRV du système ferroviaire conventionnel.



L'écartement couvrant trois pantographes consécutifs doit être supérieur à 80 m (L''). Le pantographe intermédiaire peut être disposé à n'importe quel endroit dans cet écartement. En fonction de l'espacement minimal entre deux pantographes fonctionnant de manière contiguë, le gestionnaire de l'infrastructure doit indiquer la vitesse maximale d'exploitation du train. Aucune connexion électrique ne peut exister entre des pantographes en service.

---

## ANNEXE G

## FACTEUR DE PUISSANCE

La présente annexe concerne uniquement le facteur de puissance inductive et la puissance absorbée dans la plage de tension  $U_{\min 1}$  à  $U_{\max 1}$  telle qu'elle est définie dans la norme EN 50163.

Le tableau G.1 donne le facteur de puissance inductive totale  $\lambda$  d'un train. Pour le calcul de  $\lambda$ , il est tenu compte uniquement de l'onde fondamentale de la tension au niveau du pantographe.

Table G.1

Facteur de puissance inductive totale  $\lambda$  d'un train

Puissance instantanée du train au niveau du pantographe MW	Catégories I et II des lignes couvertes par la STI GV (b)	Catégories de ligne III, IV, V, VI et VII de la STI et lignes classiques
$P > 2$	$\geq 0,95$	$\geq 0,95$
$0 \leq P \leq 2$	a	a

Pour les voies de garage et les dépôts, le facteur de puissance de l'onde fondamentale doit être  $\geq 0,8$  (REMARQUE 1) dans les conditions suivantes: le train avance avec la puissance de traction éteinte et tous les auxiliaires fonctionnant, et la puissance active tirée est supérieure à 200 kW.

La valeur  $\lambda$  moyenne globale pour le déplacement d'un train, y compris les arrêts, se calcule à partir de l'énergie active  $W_p$  (MWh) et de l'énergie réactive  $W_Q$  (MVAh) estimée par une simulation informatique d'un déplacement de train ou mesurée sur un train réel.

$$\lambda = \sqrt{\frac{1}{1 + \left(\frac{W_Q}{W_p}\right)^2}}$$

a Afin de contrôler le facteur de puissance totale de la charge auxiliaire d'un train pendant les phases d'avancement en roue libre, la valeur  $\lambda$  moyenne globale (traction et auxiliaires) définie par simulation et/ou par mesure doit être supérieure à 0,85 sur un trajet programmé complet (trajet typique entre deux gares, y compris les arrêts commerciaux).

b Applicable aux trains conformément à la STI «matériel roulant» du système ferroviaire à grande vitesse.

Lors de la régénération, le facteur de puissance inductive peut diminuer librement afin de maintenir la tension dans des limites.

REMARQUE 1: des facteurs de puissance supérieurs à 0,8 engendreront une meilleure performance économique résultant de besoins moindres en équipements fixes.

REMARQUE 2: sur les catégories de ligne III à VII, pour le matériel roulant existant avant la publication de la présente STI, le gestionnaire de l'infrastructure peut imposer des conditions, par exemple: limitation économique, fonctionnelle ou électrique, afin d'accepter des trains interopérables avec des facteurs de puissance inférieurs à la valeur spécifiée dans le tableau G.1.

## ANNEXE H

## PROTECTION ÉLECTRIQUE: DÉCLENCHEMENT DU COUPE-CIRCUIT PRINCIPAL

Tableau H.1

## Action sur les coupe-circuits en cas d'erreur interne au sein d'une unité de traction

Système d'alimentation électrique	Lorsqu'une erreur interne se produit au sein des unités de traction Séquence de déclenchement pour:	
	le coupe-circuit de l'unité d'alimentation de la sous-station	le coupe-circuit de l'unité de traction
25 000 V-50 Hz courant alternatif	Déclenchement immédiat <sup>(a)</sup>	Déclenchement immédiat
15 000 V-16,7 Hz courant alternatif	Déclenchement immédiat <sup>(a)</sup>	Côté primaire du transformateur: le déclenchement doit être organisé par paliers <sup>(b)</sup> Côté secondaire du transformateur: déclenchement immédiat
750 V, 1 500 V et 3 000 V courant continu	Déclenchement immédiat <sup>(a)</sup>	Déclenchement immédiat

<sup>(a)</sup> Le déclenchement du coupe-circuit doit être très rapide pour les courants de court-circuit élevés. Dans la mesure du possible, le coupe-circuit de l'unité de traction doit déclencher afin d'éviter le déclenchement du coupe-circuit de la sous-station.

<sup>(b)</sup> Si la capacité de rupture du coupe-circuit le permet, le déclenchement doit être immédiat. Dans la mesure du possible, le coupe-circuit de l'unité de traction doit déclencher afin d'éviter le déclenchement du coupe-circuit de la sous-station.

REMARQUE 1: les nouvelles unités de traction et les unités de traction modernisées doivent être équipées de coupe-circuits rapides capables d'interrompre le courant de court-circuit maximal le plus rapidement possible.

REMARQUE 2: le déclenchement immédiat implique qu'avec un courant de court-circuit élevé, le coupe-circuit de la sous-station ou du train doit fonctionner sans introduire de retard intentionnel. Si le relais du premier niveau n'agit pas, le relais du second niveau (relais de protection) agira environ 300 ms plus tard. À titre d'information, avec le relais du premier niveau et en fonction de l'état de l'art, la durée du courant de court-circuit le plus élevé observé au niveau du coupe-circuit de la sous-station est communiquée ci-après:

Pour 15 000 V-16,7 Hz courant alternatif -> 100 ms

Pour 25 000 V-50 Hz courant alternatif -> 80 ms

Pour 750 V, 1 500 V et 3 000 V courant continu -> 20 à 60 ms

## ANNEXE I

## LISTE DES NORMES MENTIONNÉES EN RÉFÉRENCE

Tableau I.1

## Liste des normes mentionnées en référence

N° d'index	Référence	Intitulé du document	Version	Paramètres fondamentaux concernés
1	EN 50119	Applications ferroviaires – Installations fixes – Lignes aériennes de contact pour la traction électrique	2009	Capacité de transport de courant, systèmes en courant continu, trains à l'arrêt (4.2.6), hauteur du fil de contact (4.2.13.1), variation de la hauteur du fil de contact (4.2.13.2), comportement dynamique et qualité du captage de courant (4.2.16), sections de séparation de systèmes (4.2.20), moyens de protection du système de lignes aériennes de contact (4.7.3)
2	EN 50122-1	Applications ferroviaires – Installations fixes – Sécurité électrique, dispositions pour les courants de retour et mise à la terre – Partie 1: Mesures de protection relatives à la sécurité électrique et à la mise à la terre	1997	Moyens de protection des sous-stations et des postes de sectionnement (4.7.2), moyens de protection du système de lignes aériennes de contact (4.7.3), moyens de protection du circuit de retour du courant (4.7.4)
3	EN 50122-2	Applications ferroviaires – Installations fixes – Sécurité électrique, dispositions pour les courants de retour et mise à la terre – Partie 2: Mesures de protection contre les effets des courants vagabonds issus de la traction électrique à courant continu	1998	Sections de séparation de systèmes (4.2.20)
4	EN 50149	Applications ferroviaires – Installations fixes – Traction électrique – Fils rainurés en cuivre et en cuivre allié	2001	Matériau du fil de contact (4.2.18)
5	EN 50317	Applications ferroviaires – Systèmes de captage de courant – Prescriptions et validation des mesures de l'interaction dynamique entre le pantographe et la caténaire	2002	Comportement dynamique et qualité du captage de courant (4.2.16)
6	EN 50318	Applications ferroviaires – Systèmes de captage de courant – Validation des simulations de l'interaction dynamique entre le pantographe et la caténaire	2002	Comportement dynamique et qualité du captage de courant (4.2.16)

N° d'index	Référence	Intitulé du document	Version	Paramètres fondamentaux concernés
7	EN 50367	Applications ferroviaires – Systèmes de captage de courant – Critères techniques d'interaction entre le pantographe et la ligne aérienne de contact (réalisation du libre accès)	2006	Capacité de transport de courant, systèmes en courant continu, trains à l'arrêt (4.2.6), effort de contact moyen (4.2.15), sections de séparation de phases (4.2.19)
8	EN 50388	Applications ferroviaires – Alimen- tation électrique et matériel roulant – Critères techniques pour la coor- dination entre le système d'alimen- tation (sous-station) et le matériel roulant pour réaliser l'interopérabi- lité	2005	Paramètres relatifs à la performance du système d'alimentation (4.2.4), mesures de coordination de la protec- tion électrique (4.2.8), harmoniques et effets dynamiques pour les systèmes en courant alternatif (4.2.9), sections de séparation de phases (4.2.19)
9	EN 50163	Applications ferroviaires – Tensions d'alimentation des réseaux de traction	2004	Tension et fréquence (4.2.3)

## ANNEXE J

## GLOSSAIRE

Terme	Abr.	Définition	Source/référence
Système de lignes de contact		Système qui alimente en courant électrique les trains qui circulent sur l'itinéraire et qui le transmet au moyen de dispositifs de captage de courant	
Effort de contact		Force verticale appliquée par le pantographe à la ligne aérienne de contact	EN 50367:2006
Soulèvement du fil de contact		Mouvement vertical vers le haut du fil de contact dû à l'effort produit par le pantographe	EN 50119:2009
Dispositif de captage de courant (ou appareil de prise de courant)		Appareil porté par le véhicule et destiné à capter le courant sur le fil ou sur le rail de contact	CEI 60050-811, définition 811-32-01
Gabarit		Ensemble de règles comprenant un contour de référence et ses règles de calcul associées permettant de définir les dimensions extérieures du véhicule et l'espace à dégager par l'infrastructure  REMARQUE: selon la méthode de calcul appliquée, le gabarit sera statique, cinématique ou dynamique	
Débattement latéral		Désaxement latéral du fil de contact sous l'action de vents traversiers maximaux	
Passage à niveau		Une intersection à une hauteur égale entre une route et une ou plusieurs voies	
Vitesse de ligne		Vitesse maximale mesurée en kilomètres par heure pour laquelle une ligne a été conçue	
Plan de maintenance		Une série de documents fixant les procédures de maintenance de l'infrastructure adoptées par un gestionnaire d'infrastructure	
Effort de contact moyen		Valeur statistique moyenne de la force de contact	EN 50367:2006
Tension moyenne utile (train)		Tension correspondant au train de dimensionnement et permettant de quantifier l'effet produit sur ses performances	EN 50388:2005
Tension moyenne utile (zone)		Tension donnant une indication de la qualité de l'alimentation électrique dans une zone géographique en horaire de pointe	EN 50388:2005
Hauteur minimale du fil de contact		Une valeur minimale de la hauteur du fil de contact sur la portée pour éviter les arcs entre un ou plusieurs fils de contact et véhicules en toute circonstance	
Hauteur nominale du fil de contact		Une valeur nominale de la hauteur du fil de contact au niveau d'un support en situation normale	EN 50367:2006

Terme	Abr.	Définition	Source/référence
Tension nominale		Tension caractérisant une installation ou partie d'installation	EN 50163:2004
Service normal		Service selon l'horaire prévu	
Ligne aérienne de contact	LAC	Ligne électrique destinée à alimenter des véhicules en énergie électrique par l'intermédiaire d'organes de prise de courant et constituée par des conducteurs placés au-dessus (ou à côté) de la limite supérieure du gabarit des véhicules	CEI 60050-811-33-02
Contour de référence		Un contour associé à chaque gabarit présentant la forme d'une section transversale et utilisée comme référence pour l'élaboration des règles de dimensionnement de l'infrastructure, d'une part, et du véhicule, d'autre part	
Circuit de retour du courant		Tous les conducteurs qui forment l'itinéraire prévu du retour du courant de traction et de l'alimentation en courant en cas de défaillance	EN 50122-1:1997
Effort de contact statique		Effort vertical moyen exercé vers le haut par la tête de pantographe sur la LAC et causé par le dispositif de soulèvement du pantographe alors que le pantographe est soulevé et que le véhicule est à l'arrêt	EN 50367:2006