



LA RÉPUBLIQUE DE SLOVÉNIE
MINISTÈRE DES INFRASTRUCTURES

SPÉCIFICATION TECHNIQUE TSG-212-00X: 2023

Sur la base de l'article 50, paragraphe 6, de la loi sur la sécurité des transports ferroviaires (JO RS n° 30/18), le ministre des infrastructures établit une spécification technique.

STRUCTURE SUPÉRIEURE DES CHEMINS DE FER - GABARITS DE STRUCTURE — TSPI - PGV.10.301: 2023

Ministre de l'infrastructure

Numéro:
À Ljubljana,

Cette spécification technique (TSPI — PGV.10.301: 2023) est publiée conformément à la procédure d'information définie par la directive (UE) 2015/1535 du Parlement européen et du Conseil du 9 septembre 2015 prévoyant une procédure d'information dans le domaine des réglementations techniques et des règles relatives aux services de la société de l'information (JO L 241 du 17. 9. 2015, p. 1).

Table des matières

1	Objet de la spécification technique.....	3
2	Définition des termes.....	3
3	La relation des gabarits.....	5
4	Profils de référence.....	5
4.1	Profil de référence pour partie supérieure, $H > 400$ mm.....	6
4.2	Profil de référence pour la partie inférieure, $H \leq 400$ mm.....	7
4.3	Profils de référence du pantographe.....	8
5	Calcul de la partie supérieure du gabarit de structure, $H > 400$ mm.....	9
5.1	Accessoires dans la direction transversale.....	9
5.1.1	Addendum de renversement du véhicule.....	9
5.1.2	Addendum dû à l'inclinaison quasi-statique du véhicule.....	9
5.1.3	Addendum dû à des mouvements aléatoires.....	10
5.2	Calcul des demi-largeurs du gabarit minimal de structure.....	10
5.3	Calcul des hauteurs du gabarit de structure minimal.....	11
6	Calcul de la partie inférieure du gabarit de structure, $H \leq 400$ mm.....	11
7	Calcul de la distance entre les voies.....	12
8	Calcul du décalage de la plate-forme.....	13
9	Calcul du gabarit de structure du pantographe.....	15
9.1	Gabarit mécanique du pantographe.....	15
9.1.1	Accessoires dans la direction transversale.....	15
9.1.2	Demi-largeur du gabarit mécanique.....	16
9.1.3	Addendum en direction verticale et hauteur du gabarit mécanique.....	17
9.2	Gabarit de structure électrique du pantographe.....	18
10	Vue d'ensemble du gabarit de structure de la ligne.....	19
11	Documentation de référence.....	19
12	Littérature.....	20
13	Signification des symboles.....	22
14	Signification des abréviations.....	23
15	ANNEXE 1: Valeurs des paramètres des erreurs aléatoires.....	24
16	ANNEXE 2: Gabarit de structure minimal DE3 pour $R \geq 250$ m.....	25
17	ANNEXE 3: Gabarit de structure normal DE3 pour $R \geq 250$ m.....	26
18	ANNEXE 4: Gabarit de structure minimal GC pour $R \geq 250$ m.....	27
19	ANNEXE 5: Gabarit de structure normal GC pour $R \geq 250$ m.....	29
20	ANNEXE 7: Partie inférieure du gabarit GI2 pour $R \geq 250$ m.....	30

1 Objet de la spécification technique

La spécification technique a pour objet le calcul des profils lumineux pour les lignes du réseau ferroviaire slovène conformément aux spécifications techniques d'interopérabilité du sous-système «infrastructure» (règlement 1299/2014/UE de la Commission) et du sous-système «énergie» (règlement 1301/2014/UE de la Commission). La méthodologie de calcul est basée sur les publications SIST EN 15273 (SIST EN 15273-1:2013, SIST EN 15273-2:2013, SIST EN 15273-3:2013+A1:2017) et UIC (UIC kodex 505-4, 2007, 506, 2008) et couvre les profils lumineux, les décalages de plate-forme de l'axe de la voie, la distance entre les voies et le profil lumineux pantographe pour les lignes de même voie électrifiées de 3 kV.

Les profils lumineux peuvent être calculés à l'aide d'une méthode statique, dynamique ou cinématique. Seule la méthode cinématique répond aux conditions d'interopérabilité et est donc basée sur tous les calculs de la présente spécification technique.

2 Définition des termes

Le gabarit de structure (de. *Lichtraumprofil*) est un espace dans l'axe de la voie dans lequel aucune partie de la ligne ou d'autres objets hors installations directement liées à l'exploitation du trafic ferroviaire ne peut s'étendre.

Le gabarit du matériel roulant (de. *Fahrzeugbegrenzungslinie*) est un espace qu'aucune partie du véhicule ou de la charge ne peut dépasser.

Le profil de référence (de. *Bezugslinie*) est utilisé comme base pour le calcul des profils de lumière et de chargement (profils de véhicules).

Le gabarit limite d'installation de structure (de. *Mindestlichtraumprofil, Grenzlinie*) est l'espace minimum dans l'axe de la voie qui doit être libre pour le passage du matériel roulant; aucune partie de la voie ou d'autres objets ne peut entrer dans cet espace ou être affecté par le trafic de la voie adjacente.

Le gabarit nominal d'installation de structure (de. *nominales Lichtraumprofil*) est le profil lumineux minimum étendu par les appendices A, B et C spécifiés par l'opérateur.

Le renversement (de. *Ausladung*) est le renversement géométrique du véhicule dans une voie incurvée.

Le renversement quasi-statique (de. *quasistatische Verschiebung*) est le mouvement d'un véhicule en raison d'un excès ou d'une insuffisance de dévers dans la courbe.

Le coefficient de flexibilité (de. *Neigungkoeffizient*) est le rapport entre l'angle formé par l'axe de voie du véhicule stationnaire dans le plan vertical de la voie de dévers et l'angle entre le plan de la voie et l'horizontale.

La dissymétrie (de. *Asymetrie*) est l'angle entre l'axe vertical du véhicule stationnaire dans l'essieu et l'horizontale et la verticale résultant du déséquilibre du ressort du véhicule et de l'asymétrie de charge.

L'insuffisance de dévers (de. *Überhöhungfehlbetrag*) est la différence négative entre le dévers réel et théorique dans la courbe.

L'excès de dévers (de. *Überhöhungüberschuss*) est une différence positive entre le dévers réel et théorique dans une voie incurvée.

Le pantographe; (de. *Stromabnehmer*) est un dispositif sur une locomotive électrique ou un ensemble de moteurs électriques qui permet la transmission de l'énergie électrique du secteur vers le véhicule.

Le gabarit du pantographe (de. *Grenzlinie der Stromabnehmer*) est un espace réservé au passage du pantographe en position surélevée.

Le gabarit mécanique du pantographe (de. *mechanische Grenzlinie der Stromabnehmer*) est un espace réservé au passage du pantographe en position surélevée, sans tenir compte des distances de sécurité électrique.

Le gabarit électrique du pantographe (de. *electrical Grenzlinie der Stromabnehmer*) est un espace réservé au passage du pantographe en position surélevée, qui comprend également des distances de sécurité électrique.

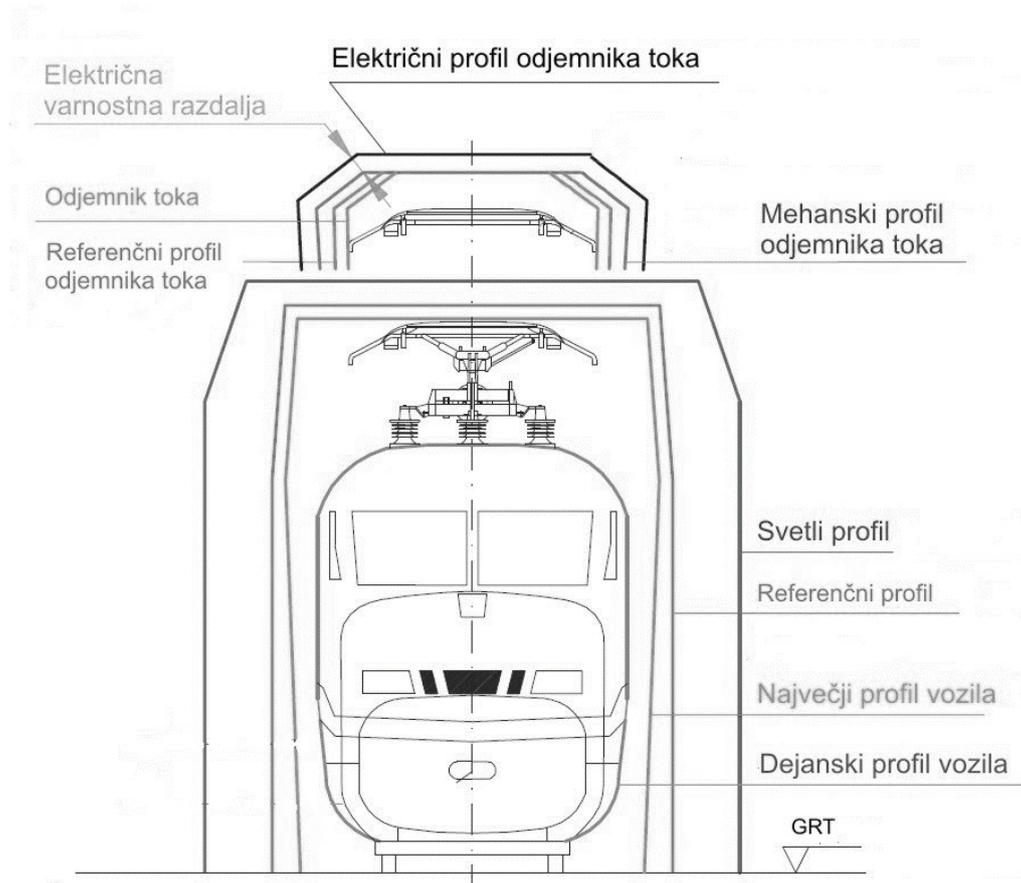
Le décalage de la plate-forme (de. *Bahnsteigabstand*) est la distance entre l'axe de la voie et le bord du quai mesurée parallèlement au plan de la voie.

La distance entre les centres de voies (de. *Gleisabstand*) est la distance entre les huit voies adjacentes mesurées parallèlement au plan de voie avec un dévers inférieur.

L'écartement des voies (de. *Spurweite*) est la distance minimale entre les bords courants des rails à une distance comprise entre 0 et 14 mm sous le plan des bords supérieurs du rail.

3 La relation des gabarits

La relation entre le gabarit de structure , le gabarit du matériel roulant (profil du véhicule), le profil de référence et l'écartement de voie réel est illustrée à la figure 3.1.



Električni profil odjemnika toka	Gabarit électrique du pantographe
Električna varnostna razdalja	Distance de sécurité électrique
Odjemnik toka	Pantographe
Referenčni profil odjemnika toka	Gabarit de référence du pantographe
Mehanski profil odjemnika toka	Gabarit mécanique du pantographe
Svetli profil	Gabarit de structure
Referenčni profil	Profil de référence
Največji profil vozila	Gabarit maximal du véhicule
Dejanski profil vozila	Gabarit réel du véhicule
GRT	GRT

Figure 3.1: La relation des gabarits

4 Profils de référence

Les profils de référence sont spécialement conçus pour la partie supérieure ($H > 400 \text{ mm}$), spécialement conçus pour la partie inférieure ($H \leq 400 \text{ mm}$) et spécialement conçus pour le pantographe sur lignes électrifiées.

4.1 Profil de référence pour partie supérieure, H > 400 mm

Sur le réseau ferroviaire slovène, les gabarits de référence DE3 et GC sont utilisés pour la partie supérieure.

Ils sont présentés aux figures 4.1 et 4.2.

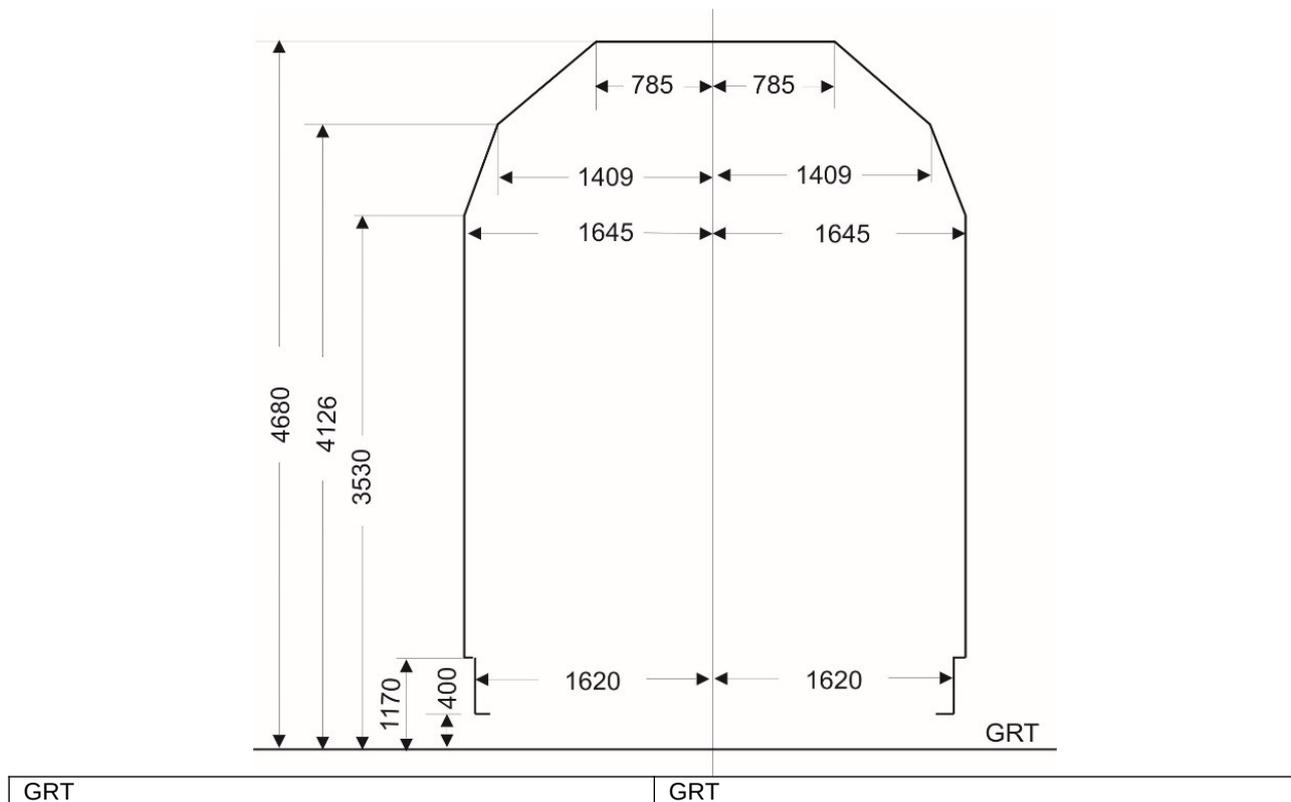


Figure 4.2: Profil de référence DE3 pour H > 400 mm (SIST EN 15273-3, 2013)

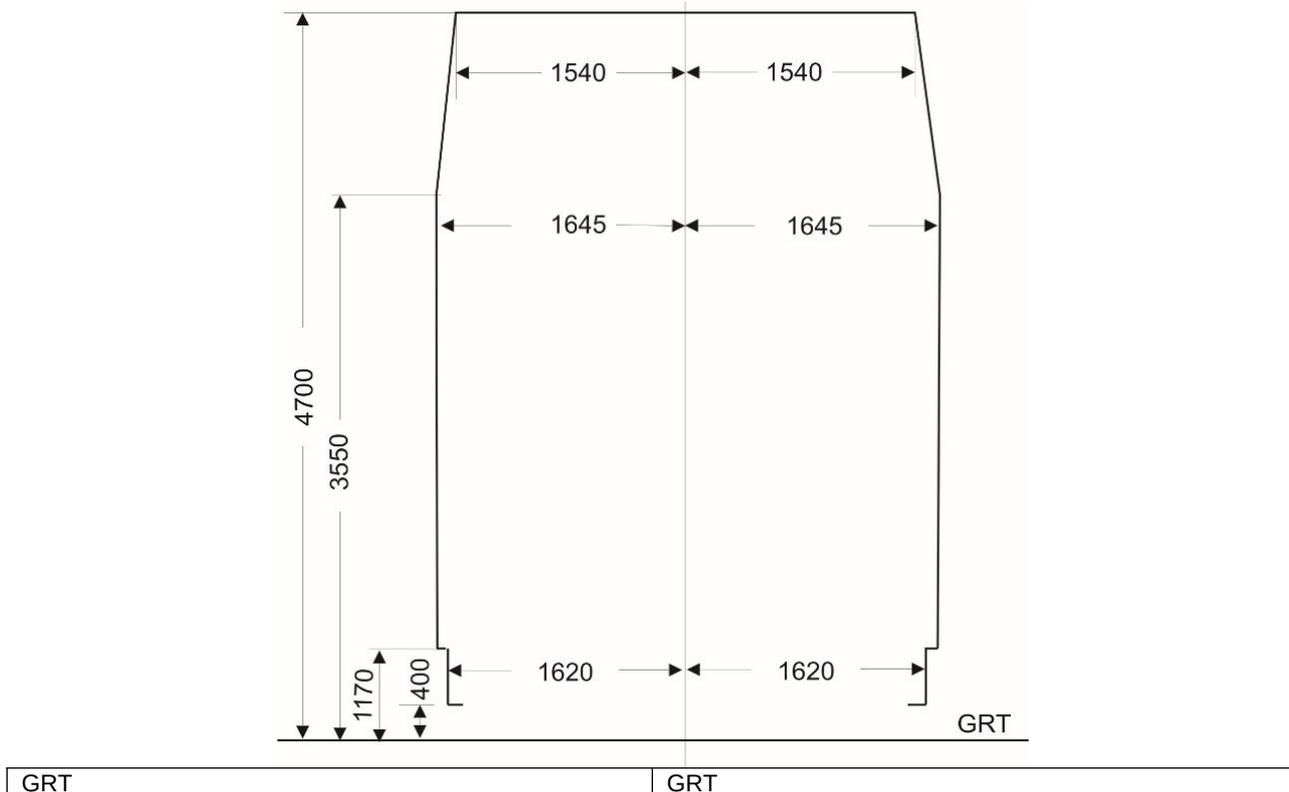


Figure 4.3: Profil de référence GC pour $H > 400$ mm (SIST EN 15273-3, 2013)

4.2 Profil de référence pour la partie inférieure, $H \leq 400$ mm

Le profil de référence pour la partie inférieure de GI2 (SIST EN 15273-1:2013) s'applique à toutes les lignes ferroviaires et à tout le matériel roulant utilisé pour le trafic ferroviaire international. Elle est illustrée à la figure 4.3.

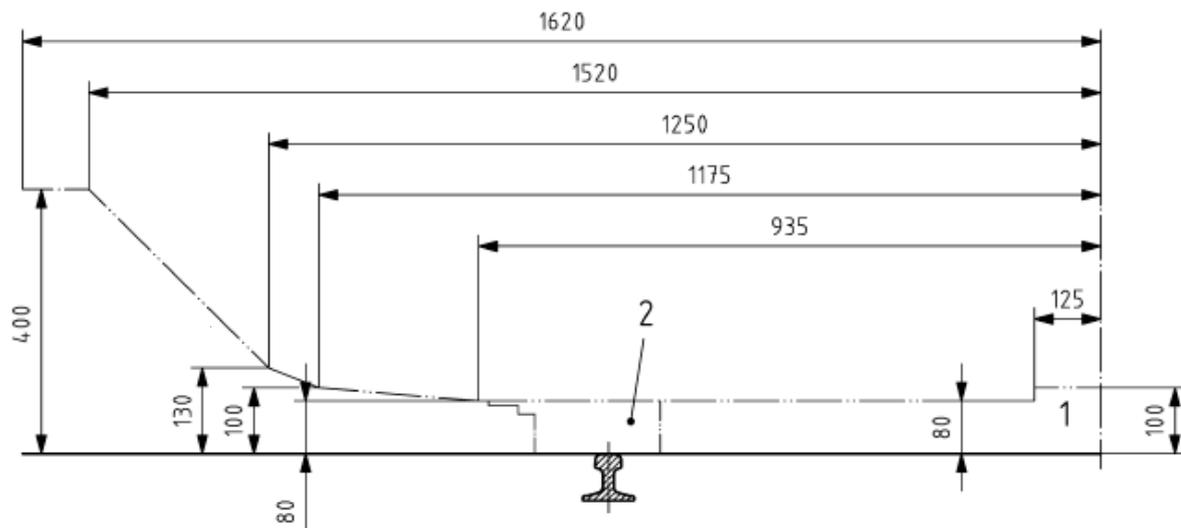
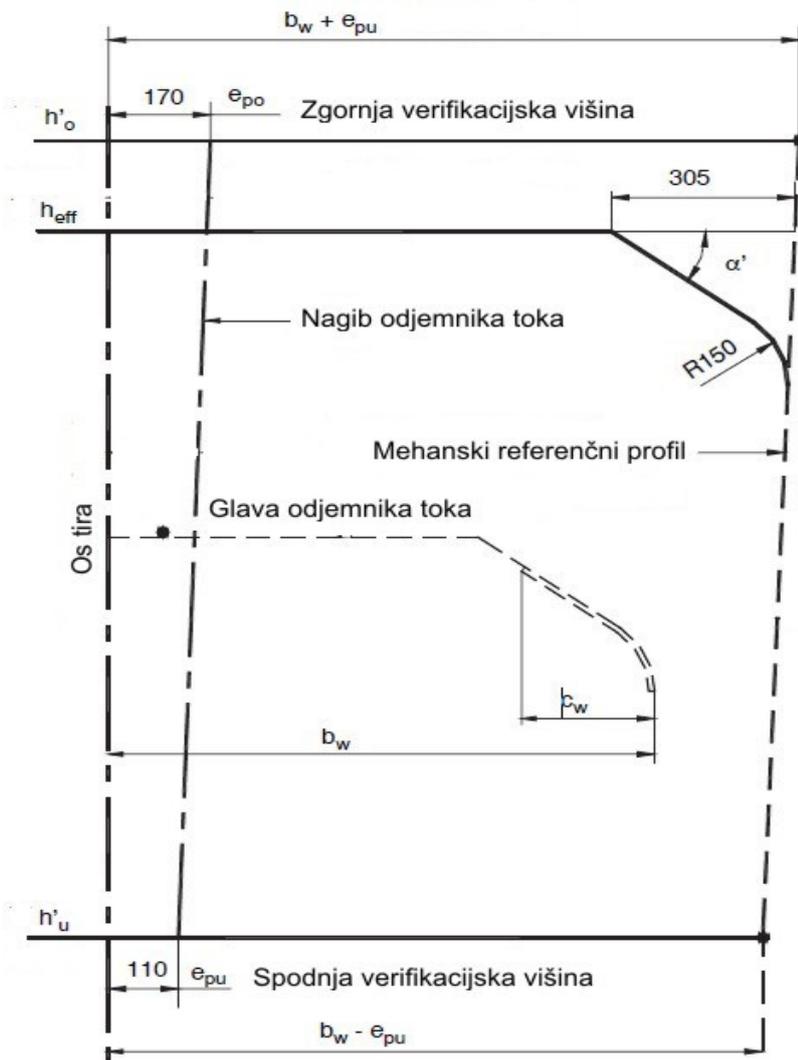


Figure 4.4: Profil de référence GI2 pour $H \leq 400$ mm (SIST EN 15273-3, 2013)

Le gabarit de référence GI2 ne s'applique pas aux voies munies de freins de voie active ou d'autres dispositifs de sécurité dans les gares de triage. Sur ce dernier, le profil de référence GI1 conformément à la norme SIST EN 15273:2013 doit être utilisé.

4.3 Profils de référence du pantographe

La demi-largeur du profil de référence du pantographe mécanique est illustrée à la figure 4.4.



Zgornja verifikacijska višina	Hauteur supérieure de vérification
Nagib odjemnika toka	Inclinaison du pantographe
Mehanski referenčni profil	Profil de référence mécanique
Glava odjemnika toka	Tête du pantographe
Os tira	Axe de la voie
Spodnja verifikacijska višina	Hauteur de vérification inférieure

Figure 4.5: Gabarit demi-mécanique de référence du pantographe (code UIC 505-4, 2007)

Signification des notations dans la figure:

e_{pu}	changement de pantographe à une hauteur de vérification inférieure ($e_{pu} = 10,110$ m),
e_{po}	changement de pantographe à une hauteur de vérification supérieure ($e_{po} = 10,170$ m),
h'_o	hauteur de vérification supérieure du pantographe ($h'_o = 16,500$ m),
h'_u	hauteur de vérification inférieure du pantographe ($h'_u = 15,000$ m),
h_{eff}	hauteur réelle du pantographe,
b_w	demi-longueur de la tête du pantographe,
c_w	projection horizontale de la longueur de la corne de tête isolée du pantographe

5 Calcul de la partie supérieure du gabarit de structure, $H > 400$ mm

La partie supérieure du gabarit de structure doit être calculée en ajoutant les ajouts transversaux et verticaux au profil de référence sélectionné.

5.1 Accessoires dans la direction transversale

Dans le sens transversal, les éléments suivants sont ajoutés au profil de référence:

- ⊖ addendum de renversement du véhicule,
- ⊖ addendum dû à l'inclinaison quasi-statique du véhicule,
- ⊖ addendum dû à des mouvements aléatoires.

5.1.1 Addendum de renversement du véhicule

L'addendum de renversement du véhicule $S_{i/a}$ couvre le renversement du véhicule sur le côté intérieur de la courbe (i) et à l'extérieur de la courbe (a). L'addendum est le même pour les deux côtés de la courbe et est calculé à l'aide de l'équation:

$$S_{i/a} = \frac{3,75}{R} + \frac{l - 1,435}{2}, \quad (1)$$

$$(2)$$

$$(3)$$

$$(4)$$

$$(5)$$

$$(5.1)$$

où:

- R rayon d'arc circulaire [m],
- l largeur réelle de la voie [m],
- $S_{i/a}$ renversement du véhicule sur les côtés intérieur et extérieur de la courbe [m].

5.1.2 Addendum dû à l'inclinaison quasi-statique du véhicule

L'addendum dû à l'inclinaison quasi-statique du véhicule dans la courbe $qs_{i/a}$ est dû à une insuffisance ou à un excès de dévers dans une courbe supérieure à 50 mm, et pour l'extérieur de la courbe et le fil est calculé par l'équation:

$$qs_a = \frac{s_0}{L} (\Delta h_p - 0,05)_{i,0} (H - 0,5)_{i,0}, \quad (5.2)$$

pour le côté intérieur de la courbe, selon l'équation:

$$qs_i = \frac{s_0}{L} (h - 0,05)_{i,0} (H - 0,5)_{i,0}, \quad (5.3)$$

où:

qs_a décalage quasi-statique à l'extérieur de la courbe [m],

qs_i décalage quasi-statique à l'intérieur de la courbe [m],

Δh_p insuffisance de dévers [m],

h dévers [m],

H la hauteur du point observé au-dessus du GRT [m].

5.1.3 Addendum dû à des mouvements aléatoires

Les mouvements aléatoires du véhicule et de la voie sont causés par des défauts dans la hauteur transversale des rails: T_D , erreurs dues au changement de position de la voie entre deux cycles de maintenance: T_{voie} , erreurs dues à la distribution de charge asymétrique: T_{charge} , pannes dues à la suspension déséquilibrée du véhicule: T_{susp} et erreurs d'oscillations transversales: T_{osc} . Les valeurs paramétriques recommandées par l'Union internationale des chemins de fer de l'UIC pour le calcul des mouvements aléatoires sont indiquées à l'annexe 1.

L'addendum dû à des mouvements aléatoires pour le profil lumineux minimal est calculé à l'aide de l'équation suivante:

$$\sum_{2i/a} \sqrt{1,2 \sqrt{T_{voie}^2 + \left[\frac{T_D}{L} H + \frac{s_0}{L} T_D (H - 0,5)_{i,0} \right]^2 + [\tan(T_{susp})(H - 0,5)_{i,0}]^2} + \sqrt{1 + [\tan(T_{charge})]} \quad (5.4)$$

où:

$\sum_{2i/a}$ racine carrée de la somme des carrés M1 dans les mouvements aléatoires M2,

H hauteur du point observé au-dessus du GRT [m],

h dévers [m],

Δh_p insuffisance de dévers [m],

s_0 coefficient de flexibilité du véhicule: $s_0 = 0,4$,

L distance entre le rail et l'essieu: $L = 1,5$ m.

5.2 Calcul des demi-largeurs du gabarit minimal de structure

La demi-largeur du gabarit minimal doit être pour l'extérieur de la courbe et le fil doit être calculé à l'aide de l'équation:

$$b_{min,a} = b_{CR} + S_a + \max i, \quad (5.5)$$

pour le côté intérieur de la courbe, selon l'équation:

$$b_{min,i} = b_{CR} + S_i + \max \left[\sum_{2i}^{\prime} + i \frac{s_0}{L} (H - 0,5)_{i0} (h - 0,05); i \sum_{2}^{\prime\prime}; \sum_{2,a}^{\prime} \frac{-s_0}{L} (H - 0,5) \right], \quad (5.6)$$

où $\sum_{2}^{\prime\prime}$ est déterminé par l'équation:

$$\sum_{2}^{\prime\prime} i 1,2 \sqrt{T_{voie}^2 + \left(\frac{T_D}{L} H\right)^2} \quad (5.7)$$

où:

b_{CR} demi-largeur du profil de référence [m],

$S_{i/a}$ renversement du véhicule à l'extérieur ou à l'intérieur [m],

H hauteur du point observé au-dessus du GRT [m],

h dévers [m],

Δh_p insuffisance de dévers [m],

$\sum_{2i/a}^{\prime}$ racine carrée de la somme des carrés des mouvements aléatoires M1 et M2,

b_{min} demi-largeur du gabarit de structure minimale [m],

s_0 coefficient de flexibilité du véhicule: $s_0 = 0,4$,

L distance entre le rail et l'essieu: $L = 1,5$ m.

5.3 Calcul des hauteurs du gabarit de structure minimal

Les hauteurs du gabarit minimal doivent être déterminées en augmentant de 60 mm les dimensions verticales du gabarit de référence à des hauteurs $H \geq 3250$ mm. L'augmentation des hauteurs est nécessaire en raison de l'arrondi vertical et de la réserve pour relever la voie dans l'entretien de la ligne.

6 Calcul de la partie inférieure du gabarit de structure, $H \leq 400$ mm

La partie inférieure du gabarit de structure doit être calculée en ajoutant des ajouts horizontaux au gabarit cinématique de référence GI2 et en soustrayant les déductions dans le sens vertical.

La méthode de calcul des demi-largeurs et des ajouts dans la direction horizontale est la même que pour la partie supérieure du gabarit de structure, avec les articles dans les équations contenant $H < 0,5$ m égal à zéro et l'inclinaison quasi-statique $qs_{i/a}$ peut être ignorée en raison de sa faible valeur.

L'addendum dû à la différence de dévers $\Delta b_{\Delta h}$ ne doit être pris en compte que lorsque les dévers sont différents entre les deux voies adjacentes. L'addendum est positif et est ajouté, si le dévers de la voie externe h_1 est supérieur au dévers de la voie intérieure h_2 , sinon sa valeur est zéro.

$$\Delta b_{\Delta h} = \frac{H}{1,5} [h_1 - h_2]_{>0}. \quad (7.4)$$

Les notations dans les équations signifient:

$EA2$	distance minimale entre les voies [m],
b_{CR}	demi-largeur du gabarit de référence en hauteur H [m],
$S_{i/a}$	renversement du véhicule à l'extérieur ou à l'intérieur de la voie incurvée [m],
$qS_{i/a}$	mouvement quasi-statique du véhicule à l'extérieur ou à l'intérieur de la voie incurvée [m],
$\Delta b_{\Delta h}$	addendum en raison de la différence de dévers entre les voies [m],
H	hauteur du point critique [m],
Δh_p	insuffisance de dévers [m],
h_1, h_2	dévers de la voie 1 et de la voie 2 [m],
Σ'_{EA2}	addendum dû aux mouvements aléatoires M_{EA1}, M_{EA2} [m],
$\Sigma'_{2\ i/a}$	la racine carrée de la somme des carrés des mouvements aléatoires [m].

La distance horizontale minimale entre le centre des voies pour les nouvelles lignes est définie dans les spécifications techniques d'interopérabilité du sous-système «infrastructure» et ne doit pas être inférieure aux valeurs du tableau 7.1.

Tableau 7.1: Distance horizontale normale minimale entre le centre des voies pour les nouvelles lignes (Journal officiel de l'UE n° L 356 de 2014)

Vitesse de ligne maximale autorisée [km/h]	Distance horizontale normale minimale entre les voies [m]
160 < V ≤ 200	3,80
200 < V ≤ 250	4,00
250 < V ≤ 300	4,20
V = 300	4,50

8 Calcul du décalage de la plate-forme

Le décalage de la plate-forme est la distance entre l'axe de la voie et le bord de la plate-forme mesurée parallèlement au plan de la voie. La plate-forme doit être aussi proche que possible du gabarit de structure, de sorte que le gabarit de structure minimal est déterminant pour le décalage de la plate-forme.

Le décalage de la plate-forme doit être calculé en ajoutant à la demi-largeur du gabarit de référence cinématique, à l'angle du bord supérieur de la plate-forme, l'addendum de renversement du véhicule $S_{i/a}$ par l'équation (5.1), l'addition due au décalage quasi-statique dans une voie

courbe $qs_{i/a}$ par les équations (5.2) et (5.3), et l'addendum de décalage incident $\Sigma'_{2i/a}$ selon l'équation (5.4).

Le décalage de la plate-forme $b_{q,a}$ à l'extérieur de la voie incurvée est calculé à l'aide de l'équation:

$$b_{q,a} \geq b_{CR} + S_a + qs_a + \Sigma'_{2a} + \delta_{q,a}, \quad (8.1)$$

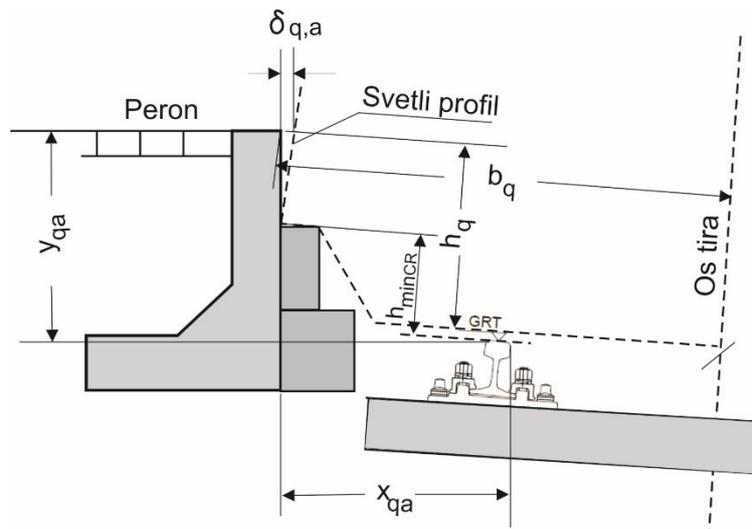
où $\delta_{q,a}$:

- addendum dans le cas d'une plate-forme à plancher bas

$$\delta_{q,a} = \left(\frac{h}{1,5} \right) (h_{i,q} - h_{minCR}), \quad (8.2)$$

- addendum dans le cas d'une plate-forme à plancher élevé

$$\delta_{q,a} = \left(\frac{h}{1,5} \right) h_{nez} \quad (8.3)$$



Peron	Plate-forme
Svetli profil	Gabarit de structure
Os tira	Axe de la voie
GRT	GRT

Figure 8.1: Une plate-forme avec un plancher bas

Le décalage de la plate-forme $b_{q,i}$ du côté intérieur de la voie incurvée est calculé à l'aide de l'équation:

$$b_{q,i} \geq b_{CR} + S_i + qs_i + \Sigma'_{2i}. \quad (8.4)$$

Signification des notations dans l'équation:

$b_{qil/a}$	décalage de la plate-forme sur le côté intérieur/extérieur [m],
h_q	hauteur de plate-forme [m],
h_{minCR}	hauteur du bord inférieur du gabarit de structure minimal [m],
h_{nez}	hauteur du plancher de la plate-forme [m],
h	dévers [m],
b_{CR}	demi-largeur du gabarit de référence G1,
$S_{i/a}$	renversement du véhicule à l'extérieur ou à l'intérieur de la voie incurvée [m],
$\Sigma'_{2 i/a}$	la racine carrée de la somme des carrés des décalages aléatoires M1 et M2.
$qS_{i/a}$	décalage quasi-statique [m],
$\delta_{q,a}$	addendum à l'extérieur de la plate-forme avec un plancher bas [m].

9 Calcul du gabarit de structure du pantographe

Le gabarit de structure du pantographe est l'espace réservé au passage du pantographe. Comme le pantographe est en contact constant avec le fil de contact, dont la hauteur varie, la hauteur du pantographe et donc la hauteur de son gabarit de structure varient également lorsque le train circule. Ce dernier se trouve donc, en règle générale, parmi les plus bas: h'_u et plus élevé: h'_o , hauteur de vérification.

Le gabarit de structure du pantographe dépend également du type de tête de pantographe. Seule une tête de pantographe de 1 600 mm et 1 950 mm (Uradni list EU št. L 356, 2014) doit satisfaire aux conditions d'interopérabilité, de sorte qu'au moins une des deux têtes de pantographe puisse être utilisée sur des lignes interopérables.

Le gabarit de structure du pantographe doit être calculé sur la base du gabarit mécanique du pantographe de référence, mais doit également satisfaire aux exigences de la distance de sécurité électrique ou du gabarit électrique. Les dispositifs non isolés (mis à la terre et ayant un potentiel différent du fil de contact) doivent être à l'extérieur du profil mécanique et électrique.

9.1 Gabarit mécanique du pantographe

Le gabarit mécanique du pantographe est l'espace réservé au passage du pantographe en position surélevée, sans tenir compte des distances de sécurité électrique nécessaires. Seul le pantographe et le levier polygonal avec le fil de contact peuvent atteindre le gabarit de structure mécanique.

Le gabarit mécanique du pantographe doit être calculé en ajoutant à la demi-largeur de la référence mécanique les accessoires du gabarit du pantographe dans les directions transversale et verticale.

Les formules de calcul des accessoires horizontaux pour le calcul du gabarit de structure du pantographe doivent différer pour les paramètres individuels de ceux applicables à la partie supérieure du gabarit de structure.

9.1.1 Accessoires dans la direction transversale

- L'addendum pour le renversement au pantographe dans la voie incurvée est calculé à l'aide de l'équation:

$$S'_{i/a} = \frac{2,5}{R} + \frac{l-1,435}{2}, \quad (9)$$

(9.1)

où:

R rayon d'arc circulaire [m],

l largeur réelle de la voie [m],

$S'_{i/a}$ renversement du pantographe à l'intérieur et à l'extérieur de la voie incurvée [m].

- L'addendum dû à un décalage quasi-statique au pantographe est calculé à l'aide de la formule suivante:

$$qs'_i = \frac{s'_0}{L} (h - 0.066)_{>0} (H - 0,5), \quad (9.2)$$

$$qs'_a = \frac{s'_0}{L} (\Delta h_p - 0.066)_{>0} (H - 0,5), \quad (9.3)$$

où:

qs'_a déplacement quasi-statique du pantographe à l'extérieur de la voie incurvée [m],

qs'_i déplacement quasi-statique du pantographe à l'intérieur de la voie incurvée [m],

Δh_p insuffisance de dévers [m],

h dévers [m],

H la hauteur du point observé au-dessus du GRT [m],

s'_0 coefficient de flexibilité du pantographe ($s'_0 = 0,225$).

Pour qs'_i et qs'_a , seuls les addendums résultant d'une carence supérieure à $h > 0,066 m$ et d'une insuffisance de dévers supérieure à $\Delta h_p > 0,066 m$ sont pris en compte. Les valeurs paramétriques inférieures à 0,066 sont déjà prises en compte dans le gabarit de référence du pantographe.

- L'addendum dû aux mouvements aléatoires \sum_{2ali} est calculé à l'aide de la formule suivante:

$$\sum_{2ali} \sqrt{T_{voie}^2 + \left[\frac{T_D}{L} H + \frac{s'_0}{L} T_D (H - 0,5) \right]^2} \quad (9.4)$$

où:

- $\Sigma'_{2\ i/a}$ racine carrée de la somme des carrés M1 dans les mouvements aléatoires M2,
 H hauteur du point observé au-dessus du GRT [m],
 s'_{0} coefficient de flexibilité du pantographe ($s'_{0} = 0,225$),
 L distance entre le rail et l'essieu: $L = 1,5$ m.

9.1.2 Demi-largeur du gabarit mécanique

La demi-largeur du gabarit de structure $b'_{i/a}$ mécanique du pantographe doit être la somme des ajouts mentionnés ci-dessus et la largeur du gabarit du pantographe de référence b_w .

À calculer pour le plus bas $h'_{ui/a}$, pour le plus élevé $h'_{oi/a}$ et pour la hauteur de vérification choisie $b'_{hi/a}$ selon les équations:

$$b'_{ui/a} = (b_w + e_{pu} + S'_{i/a} + q s'_{i/a} + \Sigma'_{2i/a})_{max}, \quad (9.5)$$

$$b'_{oi/a} = (b_w + e_{po} + S'_{i/a} + q s'_{i/a} + \Sigma'_{2i/a})_{max}, \quad (9.6)$$

$$b'_{hi/a} = b'_u + \frac{H - h'_u}{h'_o - h'_u} (b'_o - b'_u), \quad (9.7)$$

où Σ'_{2} est calculé à l'aide de l'équation (5.7) et des limites de décalage aléatoire Σ'_{2a} et Σ'_{2i} selon les équations suivantes:

$$\Sigma'_{2a} = \max \left[\sum'_{2a} \frac{+0,225}{1,5} (H - 0,5) (\Delta h_p - 0,066); \sum''_2; \right] - q s_a, \quad (9.8)$$

$$\Sigma'_{2i} = \max \left[\sum'_{2i} \frac{+0,225}{1,5} (H - 0,5) (h - 0,066); \sum''_2; \sum'_{2a} - (H - 0,5) 0,066 \right] - q s_i. \quad (9.9)$$

Les notations dans les équations signifient:

- b_w demi-longueur du pantographe,
 e_{pu} pente du pantographe à une hauteur de vérification inférieure ($e_{pu} = 0,11$ m),
 e_{po} pente du pantographe à hauteur de vérification supérieure ($e_{po} = 0,17$ m),
 $S'_{i/a}$ renversement du pantographe dans une voie incurvée,
 $q s'_{i/a}$ déplacement quasi-statique du pantographe sur une voie incurvée,
 $\Sigma'_{2\ i/a}$ la racine carrée de la somme des carrés des mouvements aléatoires M1 et M2,
 $\Sigma'_{2, i/a}$ limite aléatoire du déplacement du pantographe,
 h'_o hauteur de vérification supérieure du pantographe ($h'_o = 6 500$ mm),

h'_u hauteur de vérification inférieure du pantographe ($h'_u = 5\,000$ mm).

Comme le paramètre $\Sigma_{2i/a}$ varie en fonction de la vitesse, la moitié de la largeur du gabarit de structure du pantographe doit être calculée pour le véhicule à l'arrêt et en mouvement. Pour un véhicule à l'arrêt, le calcul des décalages à l'intérieur du dévers d'une voie incurvée Σ_{2i} est décisif, et pour le véhicule en mouvement, le calcul des mouvements à l'extérieur de la voie courbée Σ_{2a} . Dans une voie droite, la plus grande des deux valeurs est prise en compte.

9.1.3 Addendum en direction verticale et hauteur du gabarit mécanique

À la hauteur du fil de contact sélectionné, h_f l'addendum doit être ajouté verticalement en raison de la levée du

fil de contact f_s , addendum dû au changement de hauteur du fil de contact lorsque le pantographe est incliné f_{ws} , addendum en raison de l'usure du patin de contact f_{wa} et de la tolérance de montage possible. La valeur de l'addendum f_s dépend du type de ligne aérienne de contact et est généralement déterminée par l'opérateur. Pour la tension de la ligne aérienne de 3 kV, c'est 0,1 m, la valeur additionnelle $f_{ws} + f_{wa}$ est de 0,06 m (SIST EN 15273-1, 2013), et la tolérance d'installation est de 0,04 m. La somme de tous les accessoires listés est de 0,20 m.

La hauteur effective du gabarit mécanique de structure du pantographe h_{eff} est calculée en ajoutant l'addendum f_s , f_{wa} et f_{ws} à la hauteur normale du fil de contact sélectionnée h_f :

$$h_{eff} = h_f + f_s + f_{ws} + f_{wa} + tol, \quad (9.10)$$

où:

h_{eff} hauteur effective du pantographe [m],

h_f hauteur du fil de contact [m],

f_s addendum dû à l'élévation du fil de contact [m],

f_{ws} addendum en raison de l'inclinaison du pantographe [m],

f_{wa} addendum dû à l'usure du patin mobile de contact [m],

tol tolérance d'installation [m].

La hauteur normale du fil de contact selon la norme SIST EN 15273-1:2013, SIST EN 15273-2:2013, SIST EN 15273-3:2013+A1:2017 (2012) et selon la STI ENE (Uradni list EU št. L 356, 2014) est comprise entre 5 et 5,75 m. Dans certains cas, par exemple, aux passages à niveau, il peut également être plus élevé, mais pas supérieur à 6,2 m. La hauteur du fil de contact normale conçue pour la tension en courant continu de 3 kV est de 5,35 m, maximum 6,2 et minimum 4,95 m (Uradni list RS št. 56, 2003). La hauteur effective du profil mécanique clair du pantographe est de 0,20 m plus haut et s'élève à 5,50 m pour la hauteur normale du conducteur de contact et à 5,15 m pour la hauteur minimale du conducteur de contact. La hauteur maximale de conception du conducteur de contact selon STI ENE (2014) est de 6,2 m.

9.2 Gabarit de structure électrique du pantographe

La demi-largeur du gabarit électrique du pantographe doit être calculée de la même manière que la demi-largeur du gabarit mécanique, sauf que le gabarit de référence électrique est prise comme base. Ceci diffère de la mécanique pour la projection horizontale de la corne isolée du pantographe c_w et pour la distance de sécurité électrique b_{el} . La projection horizontale de la corne isolée du pantographe de 1 600 mm et 1450 doit être de 200 mm.

La distance de sécurité électrique b_{el} dépend du système d'électrification. Les valeurs recommandées sont indiquées dans le tableau 9.1.

Tableau 9.1: Distances de sécurité b_{el} (SIST EN 50119, 2009)

	Tension en courant continu 3 kV	Tension alternée 15 kV	Tension alternée 25 kV
	b_{el} [mm]	b_{el} [mm]	b_{el} [mm]
Statique	150	100	270
Dynamique	50	50	150

La demi-largeur du gabarit électrique de structure du pantographe est calculée en calculant d'abord la demi-largeur du gabarit électrique de structure pour le véhicule à l'arrêt $V=0$, en tenant compte des b_{el} et Σ_{2i} statiques, puis la demi-largeur pour le véhicule en mouvement à $V > 0$, en tenant compte des b_{el} et Σ_{2a} dynamiques en mouvement. Pour le dimensionnement du gabarit de structure du pantographe, il faut tenir compte du plus grand des deux gabarits.

La demi-largeur du gabarit électrique du pantographe b'_{el} doit être calculée au minimum h'_u , au maximum h'_o et à la hauteur de vérification choisie b'_h selon les équations:

$$b'_{u,el} = (b_{el} + c_w + e_{pu} + b_{el} + S'_{i/a} + q s'_{i/a} + \Sigma_{2i/a})_{max}, \quad (9.11)$$

$$b'_{o,el} = (b_{el} + c_w + e_{po} + b_{el} + S'_{i/a} + q s'_{i/a} + \Sigma_{2i/a})_{max}, \quad (9.12)$$

$$b'_{h,eff,el} = b'_{u,el} + \frac{H_{eff,el} - h'_u}{h'_o - h'_u} (b'_{o,el} - b'_{u,el}), \quad (9.13)$$

où:

b'_{el} demi-largeur du gabarit électrique du pantographe,

b_{el} distance de sécurité électrique

c_w projection horizontale de la corne isolée du pantographe.

La hauteur du gabarit électrique du pantographe doit être déterminée par l'équation:

$$h_{eff,el} = h_{eff,meh} + b_{el}. \quad (9.14)$$

10 Vue d'ensemble du gabarit de structure de la ligne

L'examen du gabarit de structure de la ligne est effectué en comparant les dimensions réelles et les calculs sur les sections transversales caractéristiques. Il s'agit de sections transversales sur la voie sans dévers, dévers, en travaux d'ingénierie ou à tout autre endroit où le gabarit minimal de structure est inférieur à 100 mm du bâtiment ou où le gabarit normal de la structure se trouve à moins de 50 mm. Les décalages de la plate-forme sont examinés aux deux extrémités de la plateforme et tous les 30 m sur une voie droite ou tous les 10 m sur une voie incurvée.

11 Documentation de référence

Spécification technique TSPI – PGV.10.301: 2022 – Les gabarits de structure sont basés sur la documentation de référence suivante:

SIST EN 15273-1-2013, Applications ferroviaires – Gabarits – Partie 1: Général – Règles communes relatives à l'infrastructure et aux véhicules ferroviaires;

SIST EN 15273-2-2013, Applications ferroviaires – Gabarits – Partie 2: Gabarit de chargement (profil du véhicule);

SIST EN 15273-3-2013, Applications ferroviaires – Gabarits – Partie 3: Gabarits de structure

SIST EN 15273-3:2013 + A1:2017: Applications ferroviaires – Gauges – Partie 3: Gabarits de structure

SIST EN 50367-2012: Applications ferroviaires – Systèmes de pantographe – Critères techniques d'interactivité entre le pantographe et le fil de contact;

SIST EN 50119-2009: Applications ferroviaires – Dispositifs de traction électrique stables – fils de contact de traction électrique;

CODE UIC 505-4 OR 2007: Effets de l'application des gabarits cinématiques définis dans la série 505 de déliants sur le positionnement des structures par rapport aux voies et des voies les unes par rapport aux autres;

CODE UIC 505-5 OR 2010: Histoire, justification et commentaires sur l'élaboration et le développement de déliants UIC des séries 5050 et 506 sur les gabarits;

CODE UIC 506 OR 2008: Les règles d'application des gabarits élargis des GA, GB, GB1, GB2, GC et GI3;

Règlement (UE) n° 1299/2014 de la Commission relatif aux spécifications techniques d'interopérabilité relatives au sous-système «infrastructure» du système ferroviaire dans l'Union européenne (Journal officiel de l'UE n° L 356 de 2014);

RÈGLEMENT (UE) n° 1301/2014 DE LA COMMISSION relatif aux spécifications techniques d'interopérabilité relatives au sous-système «énergie» du système ferroviaire dans l'Union européenne (Journal officiel de l'UE n°L 356 de 2014);

Règlement (UE) N° 1302/2014 DE LA COMMISSION concernant la spécification technique d'interopérabilité relative au sous-système «matériel roulant – locomotives et matériel roulant voyageurs» du système ferroviaire dans l'Union européenne (Uradni list EU št. L 356, 2014).

12 Littérature

DB Netz AG: Technischer Netzzugang für Fahrzeuge, Kompatibilität mit den Anforderungen des Netzes; Zusammenwirken Fahrzeug – Stromabnehmer – Oberleitung, 810.0242.

OBB INFRA: Regelwerk 50 02 03 Anforderungen an das Zusammenwirken Stromabnehmer – Oberleitungssystem.

Bundesministerium für Verkehr: Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung – EBO, 2019 (Bundesrepublik Deutschland, 2019).

Zgonc et al.: Železniški tir – Zgornji ustroj in elementi trase železniške proge, Ljubljana 2022, v pripravi.

13 Signification des symboles

- b_{CR} demi-largeur du gabarit de référence G1,
- b'_{el} demi-largeur du gabarit électrique du pantographe,
- b_{el} distance de sécurité électrique,
- b_w demi longueur du pantographe,
- $b'_{ui/a}$ la moitié de la largeur du gabarit de structure mécanique du pantographe pour la hauteur de vérification la plus basse [m],
- $b'_{oi/a}$ la moitié de la largeur du gabarit de structure mécanique du pantographe pour la hauteur de vérification la plus élevée [m],
- $b'_{hi/a}$ demi-largeur du gabarit de structure mécanique du pantographe pour la hauteur de vérification sélectionnée [m], et
- c_w projection horizontale de la corne isolée du pantographe
- h dévers [m],
- Δh_p insuffisance de dévers [m],
- Δh_v surplus de dévers [m],
- Δh_p insuffisance de dévers [m],
- $\Delta b_{\Delta h}$ addendum dû à la différence de dévers [m],
- e_{pu} pente du pantographe à une hauteur de vérification inférieure ($e_{pu} = 0,11$ m),
- e_{po} pente du pantographe à hauteur de vérification supérieure ($e_{po} = 0,17$ m),
- f_s addendum dû à l'élévation du fil de contact [m],
- f_{ws} addendum en raison de l'inclinaison du pantographe [m],
- f_{wa} addendum dû à l'usure de patins en mouvement de contact [m],
- H hauteur de point au-dessus du GRT [m],
- h_1 dévers de la voie gauche [m],
- h_2 dévers de la voie droite [m],
- h_q hauteur de plate-forme [m],
- h_{eff} hauteur effective du pantographe [m],
- h_f hauteur du fil de contact [m],
- h_{minCR} la hauteur du bord inférieur du profil minimal [m],
- h'_o hauteur de vérification supérieure du pantographe ($h'_o = 6\,500$ mm),

h'_u	hauteur de vérification inférieure du pantographe ($h'_u = 5\,000$ mm),
L	distance de l'axe entre les rails [m],
l	largeur réelle de la voie [m],
$M3$	addendum spécifié par l'opérateur [m],
R	rayon d'arc circulaire [m],
R_v	rayon d'arrondi vertical [m],
s_0	coefficient de flexibilité du véhicule (0,4),
$S_{i/a}$	renversement du véhicule sur le côté intérieur (i) ou externe (a) [m],
$S'_{i/a}$	renversement du véhicule sur la partie inférieure du gabarit et du pantographe sur le côté intérieur (i) ou extérieur (a) [m],
s'_0	coefficient de flexibilité du pantographe (0,225),
$\Sigma_{3\ i/a}$	somme de M1, M2 dans les mouvements aléatoires M3 sur le côté intérieur (i) et extérieur (a),
$\Sigma'^2_{2\ i/a}$	racine carrée de la somme des racines carrées pour les mouvements aléatoires M1 et M2 sur le côté intérieur (i) et extérieur (a),
$\Sigma_{2\ i/a}$	valeur limite de la somme des mouvements aléatoires sur le côté intérieur (i) et le extérieur (a),
$\delta_{q,a}$	addendum à l'extérieur de la plate-forme avec un plancher bas [m], et
qs_a	mouvement quasi-statique du véhicule à l'extérieur de la voie incurvée [m],
qs_i	mouvement quasi-statique du véhicule sur le côté intérieur de la voie incurvée [m],
$qs'_{i/a}$	inclinaison quasi-statique du pantographe [m]
tol	tolérance d'installation [m],
T_{charge}	arrangement de charge asymétrique,
T_D	décalage dans la hauteur du rail,
T_{osc}	emplacement du véhicule,
T_{susp}	déséquilibre de suspension,
T_{voie}	Déplacement entre deux cycles de maintenance.

14 Signification des abréviations

UIC	Union internationale des chemins de fer
TSI	Spécification technique d'interopérabilité (STI)
TSPI	Spécification technique pour les infrastructures de transport
SIST	Institut slovène de normalisation

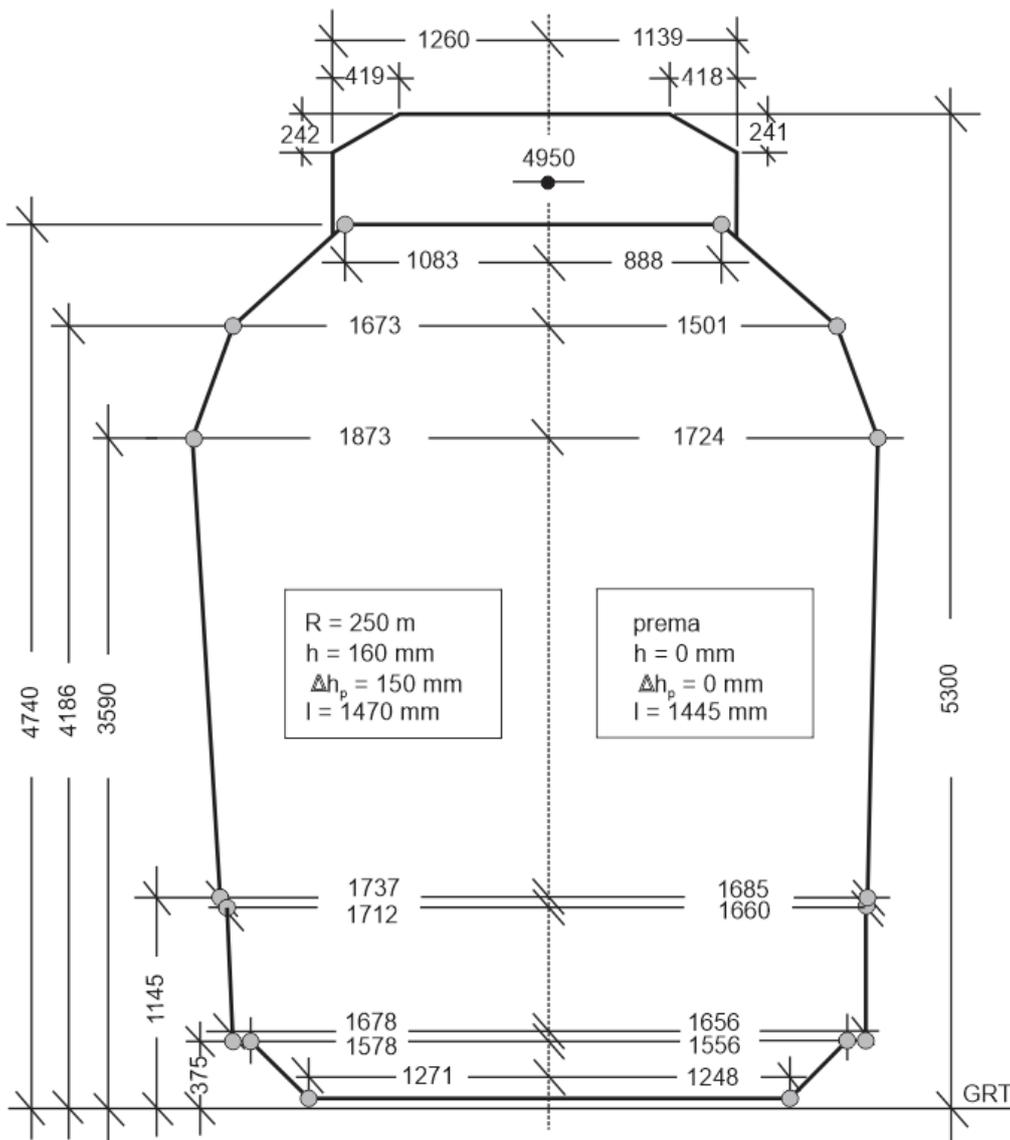
- EN Norme européenne
- EU Union européenne (UE)

15 ANNEXE 1: Valeurs des paramètres des erreurs aléatoires

Les valeurs du tableau sont conformes à la norme SIST EN 15273-3:2013+A1:2016.

		Le côté extérieur de la voie incurvée et droite [m]	Le côté intérieur de la voie incurvée [m]
Asymétrie jusqu'à 1°	Arrangement de charge asymétrique (T_{charge})	$\tan(T_{charge}) = \tan(0,77\%) = \frac{0,4}{1,5} 0,050$	
	Déséquilibre de suspension (T_{susp})	$\tan(T_{susp}) = \tan(0,23\%) = \frac{0,4}{1,5} 0,015$	
Oscillations du véhicule (T_{osc})	Voie bien entretenue	0,039	0,007
	Autres itinéraires	0,065	0,013
Changement d'altitude positions des rails $T_D = \pm 0,015$ m pour $V > 80$ km/h	Voie ballastée	0,015	
	Voie sur une base résistante	0,005	
Changement d'altitude positions des rails $T_D = \pm 0,020$ m pour $V \leq 80$ km/h	Voie ballastée	0,020	
	Voie sur une base résistante	0,005	
Décalage entre deux cycles maintenance T_{voie}	Voie ballastée	0,025	
	Voie sur une base résistante	0,005	

16 ANNEXE 2: Gabarit de structure minimal DE3 pour $R \geq 250$ m

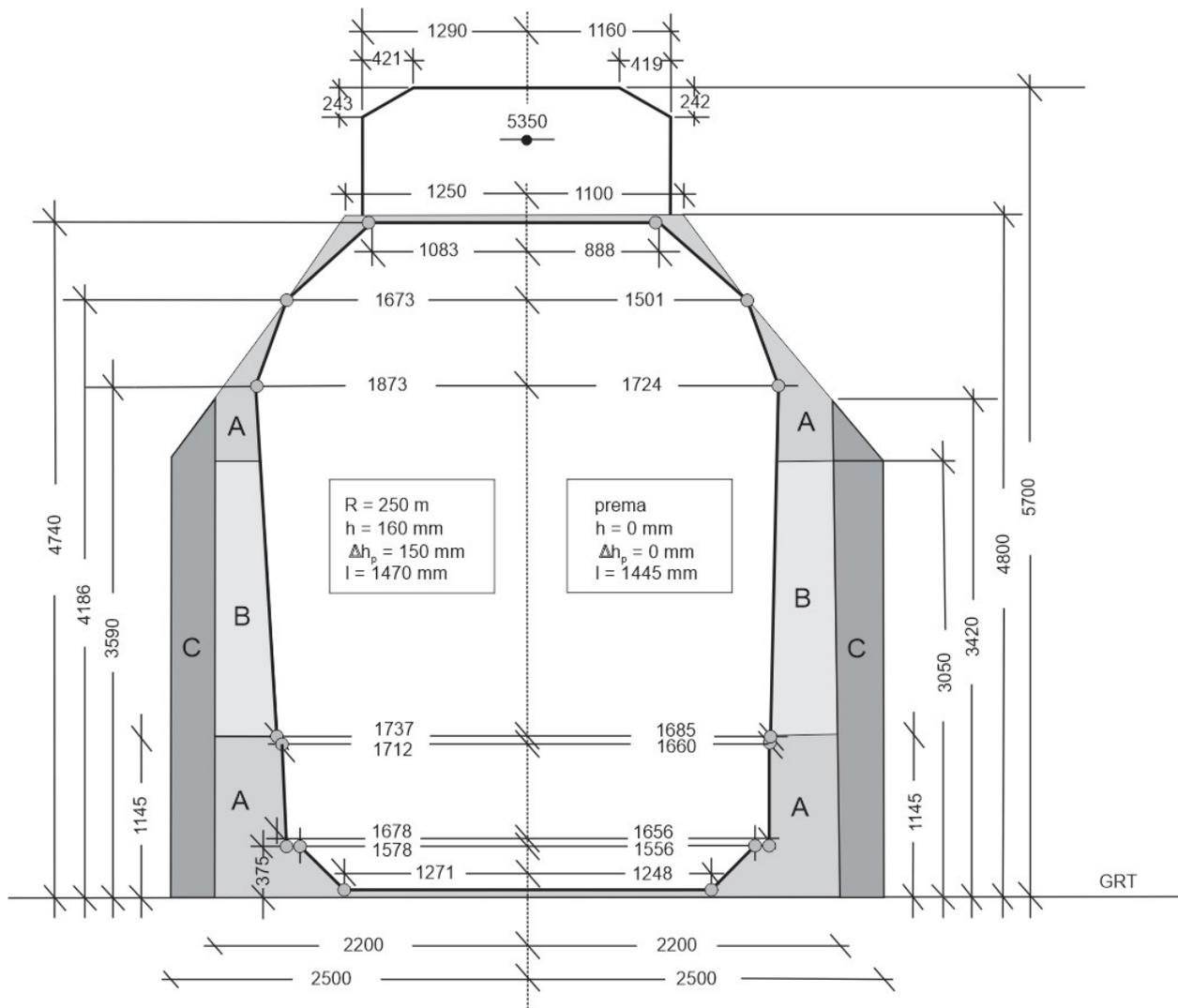


prema	voie droite
GRT	GRT

Le côté droit du gabarit minimal (demi-largeur minimale) s'applique à la voie droite et à l'écartement de voie de 1 445 mm, au côté gauche (plus de demi-largeur) au rayon de la courbe 250 m, au dévers maximal admissible de 160 mm, à l'écartement maximal admissible de 150 mm et à l'écartement maximal admissible de la voie de 1 470 mm. Le gabarit lumineux minimal est calculé en tenant compte des mouvements des lignes dites autres et peut être utilisé sur toutes les lignes du réseau ferroviaire slovène.

Le gabarit minimal DE3 doit être utilisé en cas de mise à niveau, de renouvellement et d'entretien des lignes existantes lorsque l'utilisation d'un gabarit normal entraînerait des coûts excessifs.

17 ANNEXE 3: Gabarit de structure normal DE3 pour $R \geq 250$ m



prema	voie droite
GRT	GRT

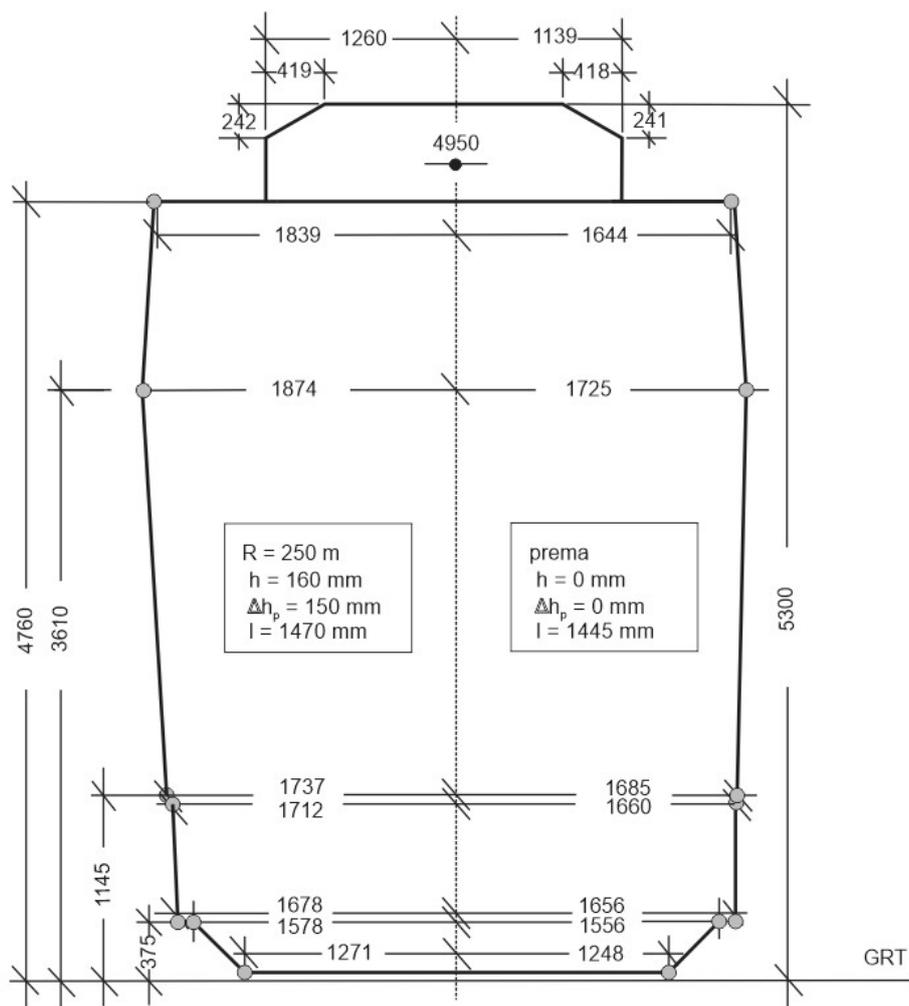
La zone A peut s'étendre aux installations et aux structures liées à la performance du transport ferroviaire (plans, rampes de chargement, installations de triage, installations de signalisation) et d'autres objets et installations dans l'exécution des travaux de construction, à condition que des mesures de sécurité appropriées soient prévues.

La zone B peut s'étendre aux travaux temporaires lors de la réalisation de travaux de construction, à condition que des mesures de sécurité appropriées soient en place.

La zone C peut s'étendre aux installations et infrastructures liées à la mise en œuvre du trafic ferroviaire (piliers de réseau routier, piliers de signalisation) sur la ligne ouverte, les lignes principales et les voies de gare principales destinées aux trains de voyageurs.

Le gabarit normal de la structure DE3 doit être utilisé pour la modernisation, le renouvellement et l'entretien des lignes existantes, si les conditions d'espace le permettent.

18 ANNEXE 4: Gabarit de structure minimal GC pour $R \geq 250$ m

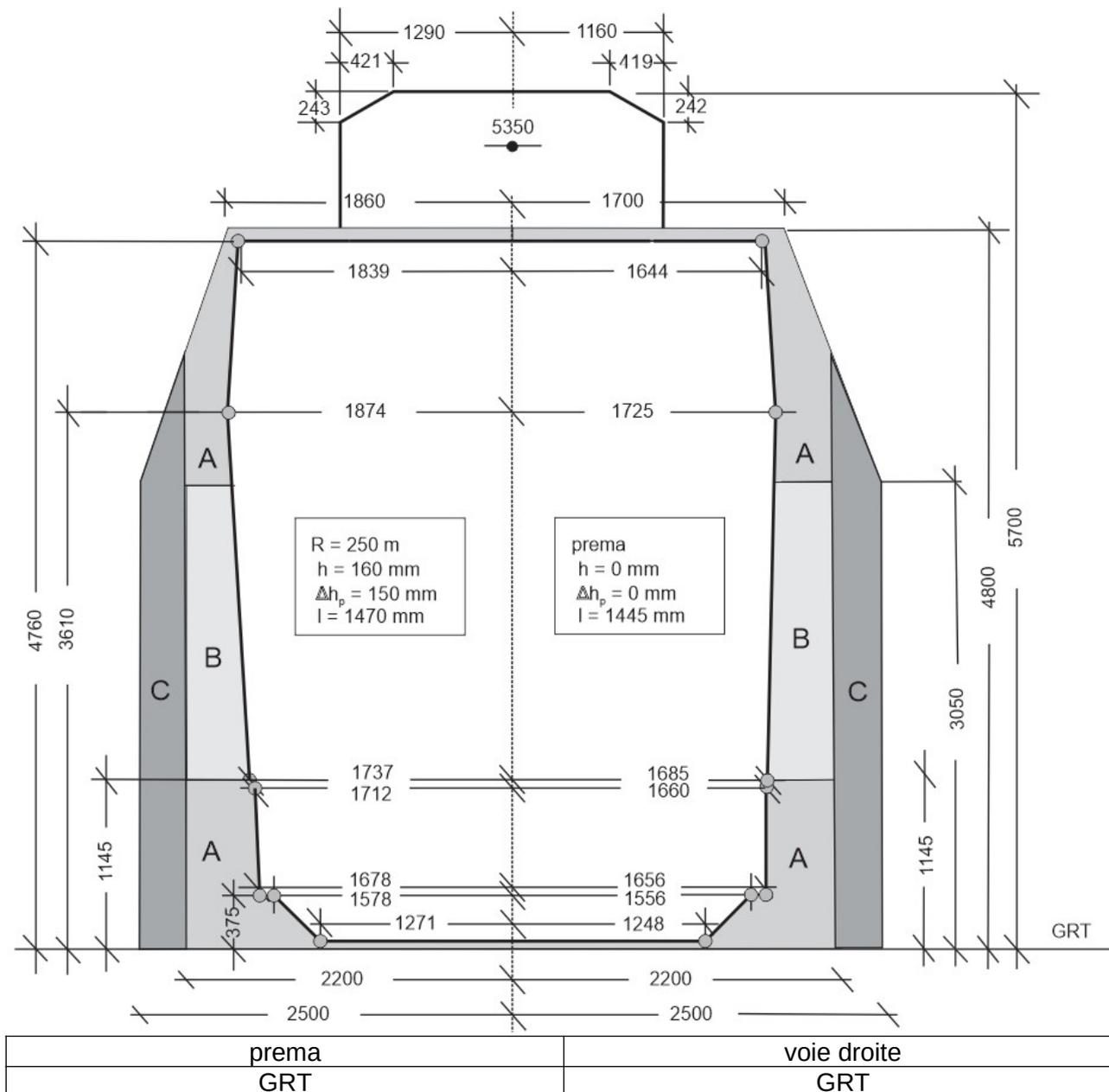


prema	voie droite
GRT	GRT

Le côté droit du gabarit minimal (demi-largeur minimale) s'applique à la voie droite et à l'écartement de voie de 1 445 mm, au côté gauche (plus de demi-largeur) au rayon de la courbe 250 m, au dévers maximal admissible de 160 mm, à l'écartement maximal admissible de 150 mm et à l'écartement maximal admissible de la voie de 1 470 mm. Le gabarit lumineux minimal est calculé en tenant compte des mouvements des lignes dites autres et peut être utilisé sur toutes les lignes du réseau ferroviaire slovène.

Le gabarit de structure minimal GC doit être utilisé pour la mise à niveau, la remise à neuf et l'entretien des lignes existantes lorsque l'utilisation d'un gabarit normal GC entraînerait des coûts excessifs.

19 ANNEXE 5: Gabarit de structure normal GC pour $R \geq 250$ m



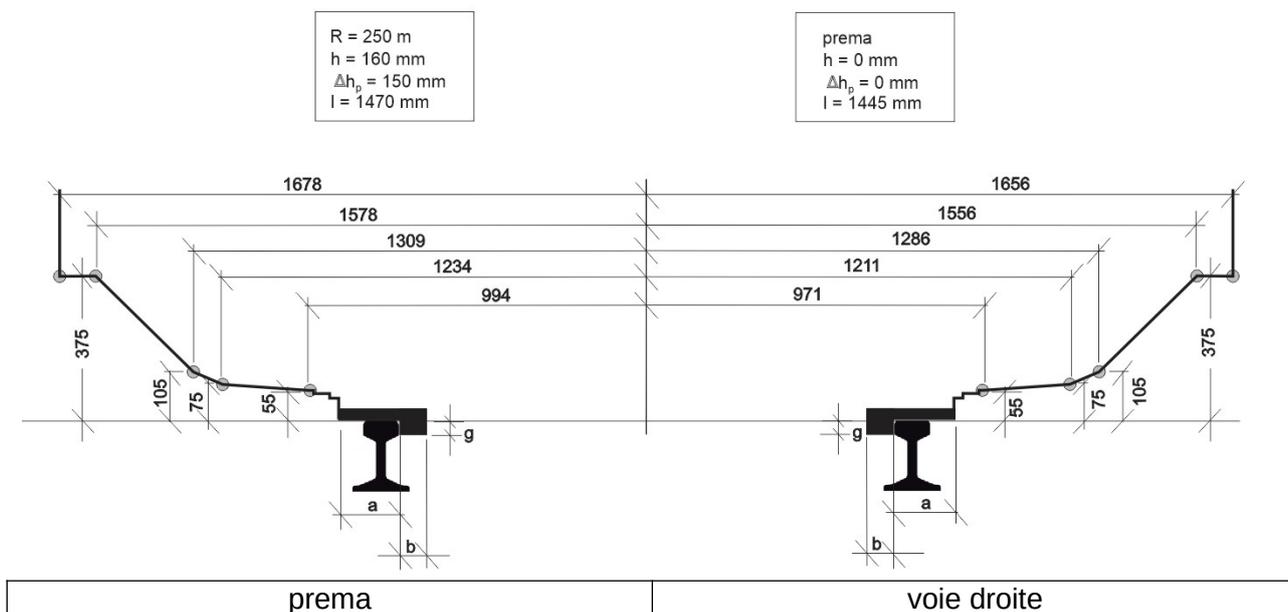
La zone A peut s'étendre aux installations et aux structures liées à la performance du transport ferroviaire (plans, rampes de chargement, installations de triage, installations de signalisation) et d'autres objets et installations dans l'exécution des travaux de construction, à condition que des mesures de sécurité appropriées soient prévues.

La zone B peut s'étendre aux travaux temporaires lors de la réalisation de travaux de construction, à condition que des mesures de sécurité appropriées soient en place.

La zone C peut s'étendre aux installations et infrastructures liées à la mise en œuvre du trafic ferroviaire (piliers de réseau routier, piliers de signalisation) sur la ligne ouverte, les lignes principales et les voies de gare principales destinées aux trains de voyageurs.

Le gabarit de structure normal GC n'est utilisé que pour les améliorations majeures et les constructions de nouvelles lignes.

20 ANNEXE 7: Partie inférieure du gabarit GI2 pour $R \geq 250$ m



- $b = 41$ mm pour les rails de commutation
- $b = 45$ mm pour les passages à niveau
- $b = 70$ mm pour tous les autres cas en voie droite
- $b = 80$ mm pour tous les autres cas en voie incurvée

La partie inférieure du gabarit GI2 s'applique à toutes les lignes du réseau ferroviaire slovène, à l'exception des voies situées dans les gares de triage munies de freins de voie active ou d'autres dispositifs de sécurité des signaux.