

LIGNES 15-16-17

NOTE

Note de préconisations des gabarits du MR voyageur et des VMI-I de la ligne rouge

CONFIDENTIALITE **c1**

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris. Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle faite sans l'autorisation préalable et écrite de la Société du Grand Paris est interdite.

Émetteur

DATE	INDICE	SUIVI DES MODIFICATIONS	REDAC.	VERIF.	VALID./APPROB.
17/05/2016	2	MAJ pour intégrer le gabarit en aérien/extérieur (effet vent) en complément du gabarit tunnel	NDU	JMP	RPA
05/07/2016	3	MAJ en intégrant le gabarit pour le cas du rayon 1500m	NDU	JMP	RPA
12/09/2016	4	Ajout du fichier autocad non livré en pièce jointe dans la GED dans la version 3. Pas d'autre évolution.	NDU	JMP	RPA
26/07/2019	5	MAJ en intégrant l'enveloppe définie en PRO par Alstom du gabarit MRV tunnel et l'intégration du gabarit des VMI-I / en attente du PRO pour le gabarit aérien	LCO	MHA	AGA
14/02/2020	6	MAJ en intégrant l'enveloppe définie en PRO par Alstom du gabarit MRV aérien	LCO	UCE	MHA

Contact référent du document : Luciano CONSOLI

Références

Code GED : PN1209_06_ACT_NOT_000945_6

Nom du fichier : PN1209_06_ACT_NOT_000945_06_Gabarit MR

1567	00000	TTT	G50	PN1209	06	ACT	NOT	000945	06	01
SECTEUR	OBJET	NIVEAU	SPECIALITE	EMETTEUR	DISCIPLINE	PHASE	TYPE DOC	N° INCREMENTATION GED	IND. GED	IND. INTERNE EMETTEUR

SOMMAIRE

1. Introduction.....	4
2. Caractéristiques générales de la ligne rouge	4
2.1. Généralités	4
2.2. Tracé de voie	4
2.3. Matériel CIRCULANT SUR LA LIGNE ROUGE.....	5
2.3.1. Matériel roulant voyageur	5
2.3.2. Véhicule de Maintenance des Infrastructures (VMI-I).....	6
3. Méthode de calcul de l'enveloppe du gabarit dynamique-haut du matériel roulant	7
3.1. Gabarit de construction du matériel roulant voyageur.....	7
3.2. Méthode de détermination de l'enveloppe du gabarit dynamique du matériel roulant	8
3.3. Principe de calcul des enveloppes des gabarits dynamiques-haut du matériel roulant	9
3.3.1. Définition des paramètres	9
3.3.2. Déports dus aux déplacements transversaux et verticaux et aux inclinaisons...	10
3.3.3. Demi-largeur en alignement droit.....	12
3.3.4. Déports géométriques en courbe.....	12
3.3.5. Demi-largeur intérieure à la courbe	12
3.3.6. Demi-largeur extérieure à la courbe	13
3.4. Gabarit Pantographe – gabarit d'isolement.....	13
4. Calculs de gabarits.....	14
4.1. Modélisation géométrique du véhicule	14
4.2. Enveloppes des gabarits dynamiques du MR en alignement droit et en courbe à considérer dans le tunnel et le SMR	14
4.2.1. Paramètres de déplacements en translation et de roulis utilisés pour calculer les enveloppes des gabarits dynamiques	14
4.2.2. Enveloppe du gabarit cinématique des parties basses du matériel roulant	16
5. Résultats de calcul – gabarits partie haute	17

Liste des figures

Schéma du train – 3 voitures	5
Schéma du train – 6 voitures	5
Définitions des repères et paramètres liés	10
Schéma de la mise en crabe de la voiture en alignement droit	11
Emplacement de la voiture pour la détermination du gabarit en courbe côté intérieur	12
Emplacement de la voiture pour la détermination du gabarit en courbe côté extérieur.....	13
Schéma de représentation des angles alfa et beta	15

Liste des tableaux

Tableau - Gabarit statique du matériel roulant	7
Tableau - Gabarit cinématique des parties basses	16
Tableau - Gabarit dynamique du matériel roulant alignement droit HLP 80 km/h en tunnel ...	18
Tableau - Gabarit dynamique du matériel roulant rayon 1500m en tunnel	19
Tableau - Gabarit dynamique du matériel roulant rayon 1500m en aérien	19
Tableau - Gabarit dynamique du matériel roulant rayon 800m en tunnel	19
Tableau - Gabarit dynamique du matériel roulant rayon 800m en aérien	20
Tableau - Gabarit dynamique du matériel roulant rayon 600m en tunnel	20
Tableau - Gabarit dynamique du matériel roulant rayon 600m en aérien	20
Tableau - Gabarit dynamique du matériel roulant rayon 300m en tunnel	21
Tableau - Gabarit dynamique du matériel roulant rayon 300m en aérien	21
Tableau - Gabarit dynamique du matériel roulant rayon 250m en tunnel	21
Tableau - Gabarit dynamique du matériel roulant rayon 250m en aérien	22
Tableau - Gabarit dynamique du matériel roulant rayon 200m en tunnel	22
Tableau - Gabarit dynamique du matériel roulant rayon 200m en aérien	22
Tableau - Gabarit dynamique du matériel roulant rayon 140m en tunnel	23
Tableau - Gabarit dynamique du matériel roulant rayon 140m en aérien	23

1. Introduction

L'étude des gabarits ferroviaires est un point crucial lors de la spécification d'un matériel roulant, dont l'application première se fait dans ce rapport pour le projet du Grand Paris.

En effet le système ferroviaire présente de nombreuses interfaces entre le génie civil et le matériel roulant qu'il soit en tunnel, viaduc ou surface.

Ces interfaces nécessitent donc de connaître de manière précise le comportement du matériel roulant dans tous les états afin d'identifier les points qui pourraient être critiques pour l'exploitation et la sécurité du système dans son ensemble.

Pour définir le gabarit du matériel roulant du Grand Paris, nous nous sommes appuyés sur la méthode appliquée pour définir le gabarit des métros parisiens. Nos calculs permettent la détermination du gabarit du matériel roulant à partir de ses propres paramètres géométriques et physiques, d'abord estimés en phase d'AVP puis confirmés à partir des données du constructeur en phase PRO.

Dans cette mise à jour, les gabarits de construction, statique et dynamiques du matériel roulant sont définis pour l'ensemble du train.

Ce gabarit est également valable pour la circulation des VMI-I.

2. Caractéristiques générales de la ligne rouge

2.1. GENERALITES

La ligne rouge du Grand Paris sera parcourue par :

- Un matériel roulant voyageur à roulement fer automatique dont la vitesse maximale d'exploitation sera de 110 km/h, et la vitesse maximale de passage en gare de 80 km/h - haut le pied. Le matériel roulant voyageur sera alimentée par une caténaire (Profil Aérien de Contact) de 1500 Vcc de tension électrique.
- Des VMI-I dont la vitesse de circulation moyenne est de 55km/h et la vitesse d'acheminement maximale de 70km/h (ce document ne couvre pas les phases de chantier sur l'infrastructure qui doivent se dérouler en l'absence de circulation des MRV).

2.2. TRACE DE VOIE

Les principales caractéristiques du tracé de la voie sont les suivantes :

- Ecartement des faces intérieures de la voie = 1435 mm,
- Dévers maximal en courbe = 160 mm,
- Insuffisance de dévers = 135 mm,
- Rayon de courbe minimale = 140 m,
- Deux cas étudiés pour la détermination des gabarits dynamiques :

- Voie en partie souterraine : l'effet du vent sur la caisse n'est pas pris en compte.
- Voie en aérien : l'effet d'un vent de 35 m/s transversal à la caisse est pris en compte.

Pour les calculs des enveloppes de gabarits dynamiques ci-dessous, la voie est considérée sans usure et sans tolérances de pose ou défauts, ceux-ci étant pris en compte dans le gabarit limite d'obstacle sous la responsabilité du MOE-S.

2.3. MATERIEL CIRCULANT SUR LA LIGNE ROUGE

2.3.1. Matériel roulant voyageur

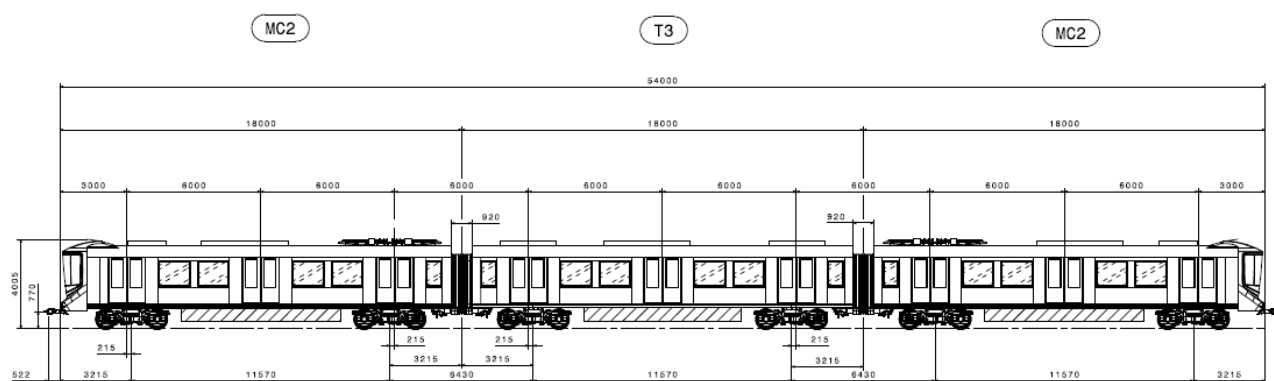


Schéma du train – 3 voitures

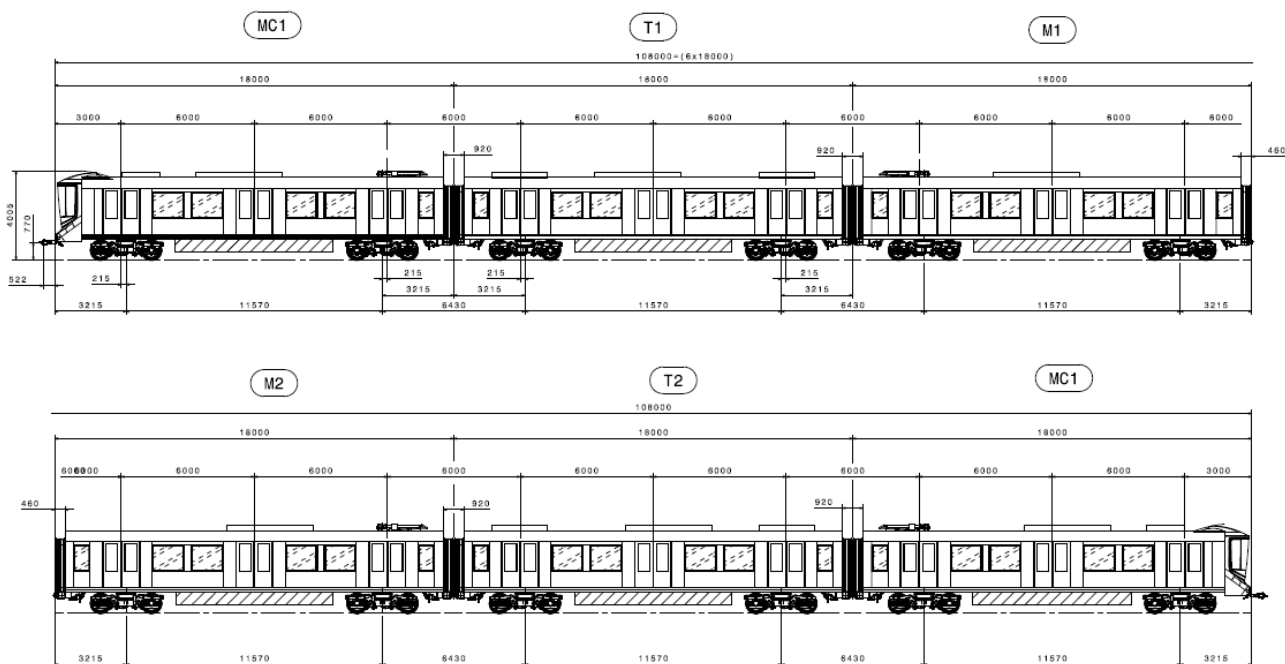


Schéma du train – 6 voitures

La mise à jour de l'étude de gabarit est faite sur la base d'un matériel roulant équipé de caisses à deux bogies, eux-mêmes équipés de deux essieux. Chaque voiture possède trois portes par face : elles sont équidistantes entre elles sur l'ensemble de la rame.

Les principales dimensions du matériel roulant sur la ligne rouge sont exposées ci-dessous :

- Constitution de la rame avec intercirculation (cas du métro du Grand Paris),
- Longueur d'une rame de six voitures : 109,044 m (55,044 m pour trois voitures),
- Longueur de caisse la plus grande de la formation : 18 m,
- Empattement voiture : $a = 11,57$ m,
- Porte à faux d'extrémité : $n = 2,295$ m,
- Empattement bogie : $p = 2,3$ m,
- Largeur maximum de la caisse : $l = 2,8$ m au niveau du seuil de porte,
- Aucun affutage de caisse aux extrémités,
- Hauteur véhicule (à vide) : h (incluant le rhéostat, la climatisation et le pantographe abaissé) $= 4,05$ m,
- Hauteur du plancher maximale : 1,15 m
- Hauteur du bas de seuil de porte, roue usée : 1,10 m,

Le matériel roulant était connu de manière approchée en phase AVP et ACT, et ses gabarits avaient été calculés par les méthodes exposées aux paragraphes suivants. La mise à jour ci-dessous se base sur les données fournies par le constructeur du matériel roulant (Alstom). Les calculs pour le gabarit aérien sont intégrés dans cette mise à jour (V06).

2.3.2. Véhicule de Maintenance des Infrastructures (VMI-I)

L'étude de gabarit est faite sur la base de VMI-I constitués à minima d'un locotracteur et de wagons plats comportant les équipements de maintenance. Les types de convois sont les suivants :

- Rame LRS constituée de 2 ou 3 locotracteurs et d'environ 10 wagons plats
- Rames de travaux constituées de 1 ou 2 locotracteurs et d'un maximum de 3 wagons plats

Chaque locotracteur et wagon plat comportent 2 bogies à 2 essieux.

Les principales dimensions des éléments constitutif du VMI-I doivent permettre leur insertion dans l'enveloppe du gabarit dynamique et du GILO/GINO définis pour le Matériel Roulant Voyageurs de la ligne rouge.

3. Méthode de calcul de l'enveloppe du gabarit dynamique-haut du matériel roulant

Ce chapitre décrit la méthode de calcul utilisée pour déterminer le contour de l'enveloppe du gabarit dynamique-haut dans lequel tous les matériels roulants devront s'y inscrire pour rouler sur la Ligne Rouge. Pour cela, la première étape est de définir le gabarit de construction du matériel roulant.

A partir du gabarit de construction, les enveloppes des gabarits dynamiques-haut en alignement droit et dans toutes les courbes considérées sont déterminables : chaque enveloppe de ce gabarit dynamique résulte des déplacements de chaque point du gabarit statique et des tolérances de construction considérées.

Les enveloppes des gabarits dynamiques calculés sont déterminées aux sections transversales de caisse les plus contraignantes, c'est-à-dire au milieu de la caisse côté intérieur-courbe et à l'extrémité de la caisse côté extérieur-courbe.

Il est à noter que le gabarit des VMI-I est intégré dans le gabarit du Matériel Roulant Voyageur. Les dimensions de ce dernier sont utilisées pour déterminer les enveloppes maximales dans lesquelles sont inscrits les VMI-I.

3.1. GABARIT DE CONSTRUCTION DU MATERIEL ROULANT VOYAGEUR

Le gabarit de construction correspond au profil du véhicule défini par ses côtes nominales sans les tolérances de construction incluses. Plusieurs points sont définis et forment le gabarit de construction du matériel roulant.

Le gabarit de construction inclut un léger galbe de la caisse au niveau de la porte. A partir de ces points seront calculés les gabarits dynamiques du matériel roulant. Le maître couple du gabarit théorique partie-haute de construction est défini comme suit :

Y	Z	Y	Y
Portes fermées		Portes fermées	Portes ouvertes côté quai
0	4031	0	
-675	4031	675	
-1085	3780	1085	
-1325	3481	1325	
-1355	3320	1355	1391
-1370	3235	1370	1402
-1397	3100	1397	1402
-1406	2012	1406	1458
-1407	1100	1407	1420
-1330	750	1330	
-1330	590	1330	

Tableau - Gabarit statique du matériel roulant

3.2. METHODE DE DETERMINATION DE L'ENVELOPPE DU GABARIT DYNAMIQUE DU MATERIEL ROULANT

Le gabarit de construction du matériel roulant défini précédemment permet de calculer l'enveloppe du gabarit dynamique en additionnant :

- Les tolérances de construction,
- Les déplacements latéraux et verticaux,
- Les inclinaisons de la caisse, en alignement droit et en courbe,
- Les déports géométriques de la caisse en courbe.

Les tolérances habituelles de construction sont les suivantes :

- Tolérance transversale de fabrication caisse à rajouter : + 10 mm
- Tolérance verticale (pose appareillages en toiture + fabrication caisse) à rajouter : + 15mm.

Dans le calcul des mouvements horizontaux, il est important de prendre en compte la « mise en crabe » de la caisse sur la voie. En d'autres termes, il faut considérer qu'un des deux bogies est plaqué sur la file de rail intérieure et que le second est plaqué sur la file de rail extérieure.

L'enveloppe du gabarit dynamique est donc calculée en fonction de paramètres géométriques, de la souplesse du matériel roulant et des phénomènes d'interaction de la voie avec le matériel roulant.

On y définit les déplacements en translation dus aux différents jeux/usures des roues, des jeux/affaissement/rebond des suspensions, et les déplacements d'inclinaison de la caisse dus au roulis.

- La voiture est en alignement droit. Dans ce cas, on considère les paramètres suivants :
 - La voiture est en mouvement,
 - La voiture est mise en crabe,
 - Jeux transversaux rails neufs – roues usées, et boîtes d'essieu,
 - Jeux transversaux des suspensions,
 - Rebonds et affaissement des suspensions,
 - Inclinaison des suspensions due à l'accélération transversale non compensée (insuffisance de dévers).
- La voiture est en courbe côté intérieur. Les paramètres suivants sont considérés :
 - La voiture est arrêtée,
 - Les bogies de la voiture sont plaqués sur la file intérieure de rail,
 - Jeux transversaux rails neufs – roues usées, et boîtes d'essieu,
 - Jeux transversaux des suspensions,
 - Affaissement des suspensions primaires et secondaires,
 - Inclinaison des suspensions dans le dévers d.

- La voiture est en courbe côté extérieur. Les paramètres suivants sont considérés :
 - La voiture est en mouvement,
 - La voiture est mise en crabe,
 - Inclinaison des suspensions due à l'accélération transversale non compensée (insuffisance de dévers),
 - Jeux transversaux rails neufs – roues usées, et boîtes d'essieu,
 - Jeux transversaux des suspensions,
 - Rebonds des suspensions et affaissement des suspensions secondaires,

Les tolérances verticales et latérales de construction de la caisse seront ajoutées aux déplacements verticaux et latéraux définis précédemment. Cependant la tolérance de flèche de caisse n'est pas prise en compte car elle ne s'applique qu'aux parties basses qui seront définies plus tard.

3.3. PRINCIPE DE CALCUL DES ENVELOPPES DES GABARITS DYNAMIQUES-HAUT DU MATERIEL ROULANT

3.3.1. Définition des paramètres

De nombreux paramètres géométriques sont à considérer pour déterminer l'enveloppe du gabarit dynamique du matériel roulant en alignement droit et en courbe.

Outre les paramètres géométriques de la caisse définis ci-dessus, les suivants interviennent dans les calculs :

- D_p : déplacement transversal au niveau de la suspension primaire élastique,
- D_s : déplacement transversal au niveau de la suspension secondaire,
- α : angle d'inclinaison de la suspension primaire (angle du châssis du roulement par rapport au plan de roulement),
- β : angle d'inclinaison de la suspension secondaire (angle de la caisse par rapport au châssis du roulement),
- H_p : hauteur de l'axe de rotation de la suspension primaire par rapport au plan de roulement,
- H_s : hauteur de l'axe de rotation de la suspension secondaire par rapport au plan de roulement.

Les angles α et β permettent de définir l'inclinaison de la caisse, et donc les déplacements de roulis de la caisse. Dans le plan (y,z), cette inclinaison est principalement due à :

- L'inclinaison statique sur une voie en dévers,
- Aux mouvements latéraux du centre de gravité de la caisse,
- Aux accélérations transversales non compensées par l'insuffisance de dévers,
- A la dissymétrie de la charge utile,
- A l'effet d'un vent transversal (uniquement pour les sections de voie extérieures), objet de cette mise à jour.

Ensuite, on doit considérer les paramètres de voie pour établir le gabarit final :

- R : rayon de la courbe de la voie,
- Ecartement de la voie en courbe si nécessaire,
- Rayon vertical de la voie,
- Le dévers.

3.3.2. Déports dus aux déplacements transversaux et verticaux et aux inclinaisons

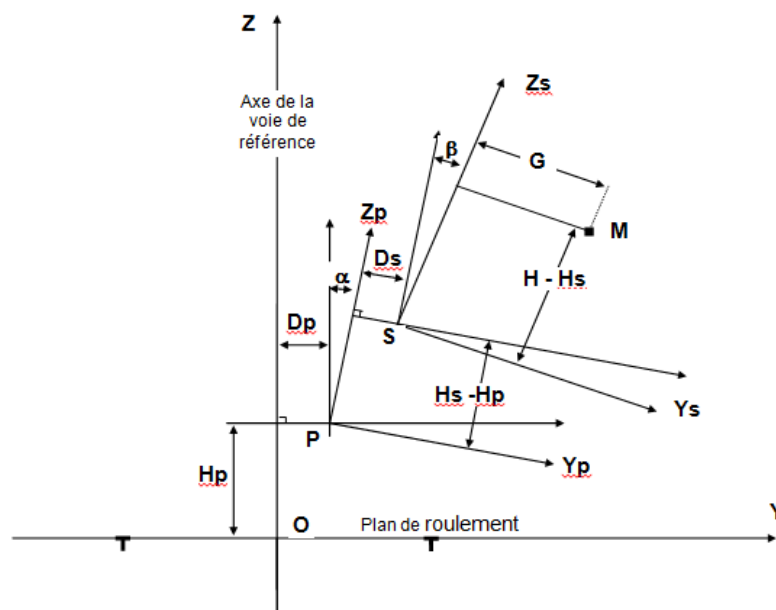
Connaissant la position d'un point appartenant à la caisse (repère $S-XsYsZs$), il faut calculer ses coordonnées par rapport au repère lié à la voie de référence ($OXYZ$), la caisse ayant subi des déplacements et des inclinaisons.

Trois repères sont définis :

- Repère OYZ lié à la voie de référence : OZ est dans le plan de symétrie de la voie perpendiculaire au plan de roulement ; OY est dans le plan de voie et est perpendiculaire à OZ ,
- Repère $P-YpZp$ lié à la suspension primaire : il se déduit du repère OYZ par une translation (Dp , Hp) et une rotation d'angle α .
- Repère $S-YsZs$ lié à la suspension secondaire : il se déduit du repère $P-YpZp$ par une translation (Ds , $Hs-Hp$) et une rotation d'angle β .

Le point M de la caisse dont le gabarit est à déterminer a pour coordonnées (G , $H-Hs$) dans le repère $S-YsZs$ avec :

- H : hauteur d'un point de la caisse par rapport au plan de roulement,
- G : distance d'un point de la caisse à son axe longitudinal.



Définitions des repères et paramètres liés

Le choix du calcul du gabarit en prenant en compte les angles d'inclinaison permet de réaliser l'étude de gabarit sur la plupart des matériels roulants.

Il faut calculer les coordonnées (y,z) par rapport au repère OYZ. Elles sont obtenues par changement de repère selon le calcul matriciel suivant :

$$\begin{pmatrix} y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Dp \\ Hp \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \cos\alpha & \sin\alpha \\ -\sin\alpha & \cos\alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Ds \\ Hs - Hp \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \cos\beta & \sin\beta \\ -\sin\beta & \cos\beta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} G \\ H - Hs \end{pmatrix}$$

En développant, on obtient :

- $y = Dp + Ds \cos \alpha + (Hs - Hp) \sin \alpha + G \cos (\alpha + \beta) + (H - Hs) \sin (\alpha + \beta)$
- $z = Hp - Ds \sin \alpha + (Hs - Hp) \cos \alpha - G \sin (\alpha + \beta) + (H - Hs) \cos (\alpha + \beta)$

Le déplacement du centre de gravité (dû au mouvement de la caisse) a un impact sur les suspensions et donc, finalement sur le mouvement de la caisse lui-même.

Lorsque le point M n'est pas entre les pivots de roulement, la position la plus défavorable pour le gabarit dynamique est celle où la voiture est en "crabe" : les déplacements transversaux des deux roulements sont opposés.

Le centre de la voiture reste sur l'axe de la voie. Cette position se caractérise par un angle θ entre l'axe de la voie et celui de la voiture. Le pivot est à une distance (d_0) de l'axe de la voie ; dans la section contenant le point M, l'axe de la voiture est à une distance (d) de celui de la voie.

On déduit le porte-à-faux :

$$d = d_0 ((2n+a)/a) \quad \text{avec : } L = (2n + a)/2$$

$$d_0 = Dp + Ds \cos \alpha$$

La valeur $(2n + a)/a = 2L/a$ est appelée coefficient de braquage.

Dans le repère OYZ, en utilisant le coefficient de braquage, les coordonnées de M sont :

- (1) $y = (2L/a)(Dp + Ds \cos \alpha) + (Hs - Hp) \sin \alpha + G \cos (\alpha + \beta) + (H - Hs) \sin (\alpha + \beta)$
- (2) $z = Hp - Ds \sin \alpha + (Hs - Hp) \cos \alpha + (H - Hs) \cos (\alpha + \beta) - G \sin (\alpha + \beta)$

Le point M de coordonnées (y, z) reste à l'intérieur du gabarit dynamique :

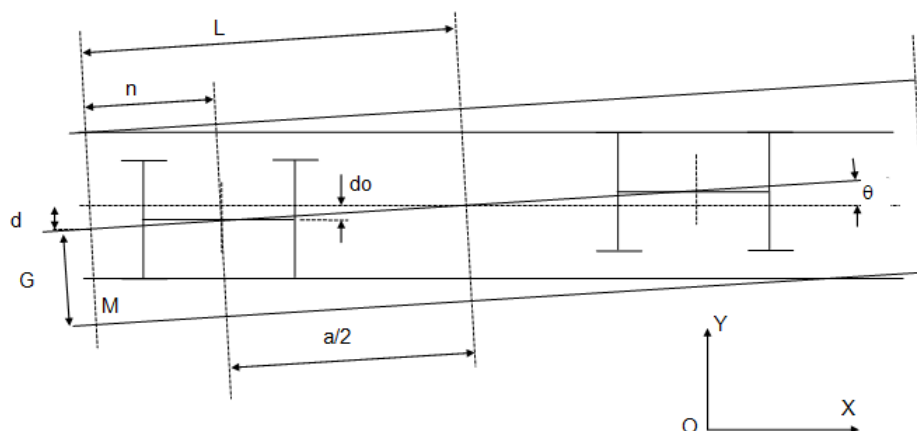


Schéma de la mise en crabe de la voiture en alignement droit

3.3.6. Demi-largeur extérieure à la courbe

Le calcul de cette valeur Y_e s'effectue sur le point M placé sur la « corne » extérieure à l'extrémité de la voiture qui se trouve être l'encombrement maximal côté extérieur de la courbe :

On montre que :

$$O'M = \sqrt{(O'O + OK)^2 + L^2}$$

$$\text{Avec : } O'O = \sqrt{R^2 - a^2 / 4 - p^2 / 4}$$

$OK = y$ (déports dus aux déplacements et aux inclinaisons)

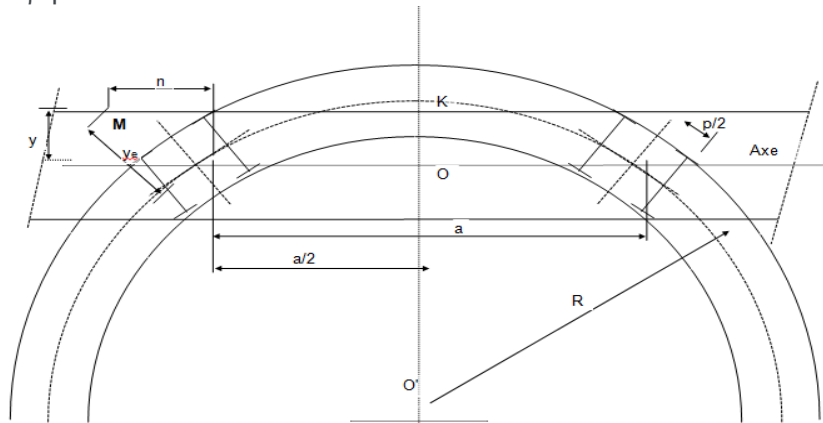
La demi -largeur du gabarit extérieur à la courbe est donc :

$$y_e = O'M - R$$

$$(5) \quad y_e = \sqrt{(y + \sqrt{R^2 - a^2 / 4 - p^2 / 4})^2 + L^2} - R$$

Où : y = formule (3)

α et β prennent les valeurs des inclinaisons en courbe en mouvement.



Emplacement de la voiture pour la détermination du gabarit en courbe côté extérieur

3.4. GABARIT PANTOGRAPHE – GABARIT D'ISOLEMENT

Le pantographe suit tous les mouvements à la fois verticaux et horizontaux du train (dévers, inclinaisons, etc.). Afin de minimiser son déplacement il est situé au niveau du pivot de bogie.

La distance d'isolement du pantographe est de 100 mm pour une tension électrique de 1500 Vcc et doit être intégrée dans le gabarit limite d'obstacle.

- La hauteur minimale à retenir en tunnel est de 4,3 m pour une alimentation en 1500 Vcc du fait de la hauteur de la toiture du train (hauteur du plafond de la plate-forme voyageur : 2150 mm), de la distance d'isolation du pantographe et de la hauteur minimale de captation du pantographe (une hypothèse d'un dépliement minimum de 235 mm est considérée, hauteur déterminée à partir des hauteurs maximum du gabarit dynamique du pantographe et du matériel roulant et de la hauteur minimale de la PAC/LAC). Cette hauteur permet aussi de considérer une marge quant à la distance d'isolement de la caténaire.
- La hauteur maximum de captation par la caténaire est de 6,5m.

4. Calculs de gabarits

4.1. MODELISATION GEOMETRIQUE DU VEHICULE

Le véhicule considéré comporte deux niveaux de suspension à partir desquels son niveau de souplesse peut s'évaluer :

- Le primaire (matériau élastique) reliant l'essieu au châssis de bogie au niveau des boîtes d'essieux : il soutient « l'étage bogie ». Pour hypothèse, nous considérons le centre de rotation au niveau de l'axe milieu des suspensions primaires (voir schéma ci-dessous).
- Le secondaire (coussins d'air) reliant le châssis de bogie avec la caisse au niveau du pivot de bogie quand il existe : il soutient « l'étage caisse ». Pour hypothèse, nous considérons le centre de rotation au niveau de l'axe milieu des suspensions secondaires.

Lorsque que les deux étages mobiles sont en rotation, la position des centres de rotation changent dans le plan transversal du véhicule.

Géométriquement la position du centre de rotation de la caisse sur la suspension secondaire est liée à la rotation du bogie sur sa suspension primaire.

Dans le calcul, tous ces déports sont pris en compte au fur et à mesure des calculs de gabarits dynamiques de la caisse.

De même, nous considérons que la régulation pneumatique du train maintient la hauteur du plancher entre deux bornes :

- hauteur minimale du plancher du train roue-usée / suspensions basses : 1,10 m,
- hauteur maximale du plancher du train roue-neuve / suspensions hautes : 1,15 m.

4.2. ENVELOPPES DES GABARITS DYNAMIQUES DU MR EN ALIGNEMENT DROIT ET EN COURBE A CONSIDERER DANS LE TUNNEL ET LE SMR

4.2.1. Paramètres de déplacements en translation et de roulis utilisés pour calculer les enveloppes des gabarits dynamiques

La dynamique de la caisse est définie par les paramètres traduisant l'état des composants et de leur comportement, qui se trouvent intégrés aux données transmises par le constructeur (Alstom) et utilisées dans les calculs qui suivent (cf. Notes : PN1405_65_PR1_NOT_000075_2 et PN1405_65_DET_PCP_000437_1 / Grand Paris Gabarit dynamique aérien)

- H_p : hauteur du centre de pivot P du bogie par rapport au plan de roulement, H_s : hauteur du centre de pivot S de la caisse par rapport au plan de roulement,
- D_p : déplacement transversal du centre de pivot P du bogie par rapport l'axe de la voie :
 - Jeu latéral des suspensions primaires + jeu de boîtes d'essieux, à vitesse maximale,
 - Ecartement des faces actives des roues usées par rapport à un écartement de voie neuve de 1435 mm,
- D_s : déplacement transversal du centre de pivot S de la caisse par rapport à l'axe du bogie avec un jeu de déplacement sur butées latérales de caisse, à vitesse maximale,
- Déplacements de roulis considérés dus aux effets précédents, détermination des angles α et β :

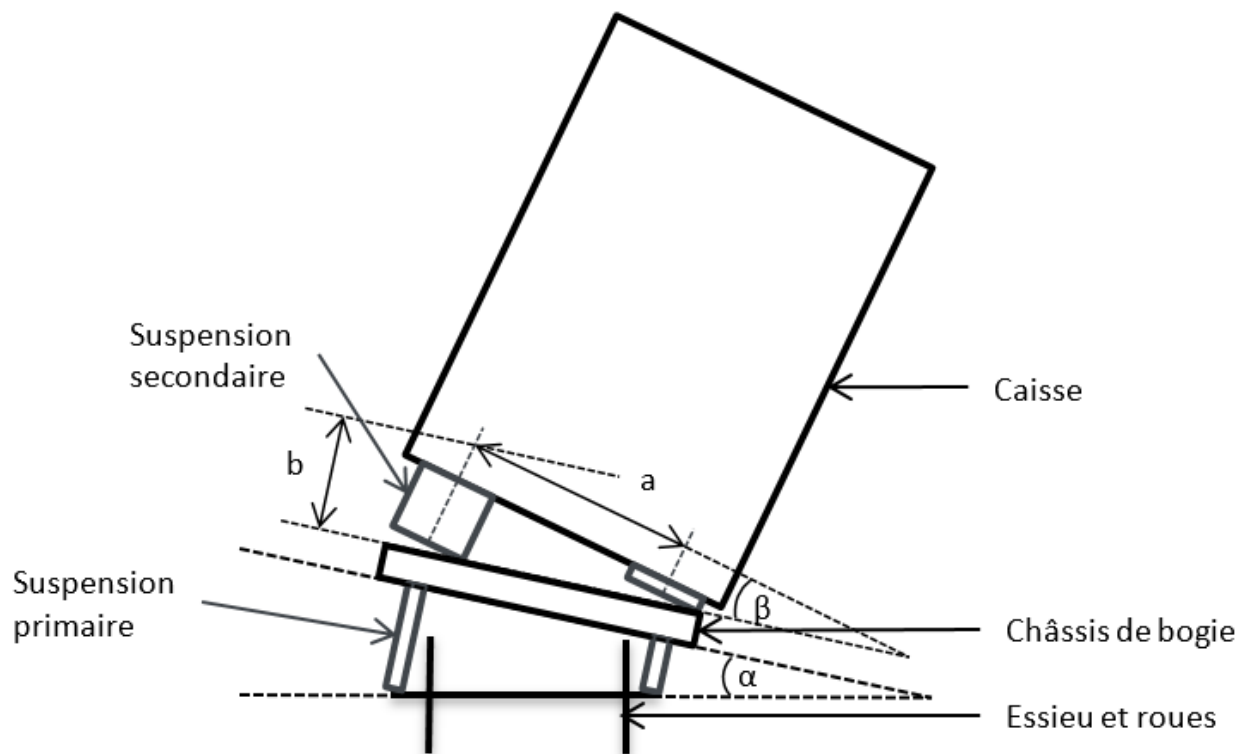


Schéma de représentation des angles alfa et beta

- > α : angle d'inclinaison du châssis de bogie par rapport au plan de roulement,
- > β : angle d'inclinaison de la caisse par rapport au châssis de bogie,

- Les déplacements verticaux de la caisse considérés sont :
 - Différentiel de diamètres-roues bogie avant/arrière,
 - Tassement suspensions primaires + Affaissement suspensions secondaires,

Les calculs de gabarit doivent tenir compte des deux effets précédents en moyenne quadratique du fait de leur non-simultanéité événementielle.

Les grands rayons des courbes verticales de la voie permettent de rendre négligeable son effet devant les valeurs précédentes, et peut être pris dans le gabarit limite d'obstacle.

A partir des paramètres définis par le constructeur, les gabarits dynamiques en alignement droit et pour chaque courbe considérée sont déterminés en utilisant la méthode de calcul précédemment exposée.

4.2.2. Enveloppe du gabarit cinématique des parties basses du matériel roulant

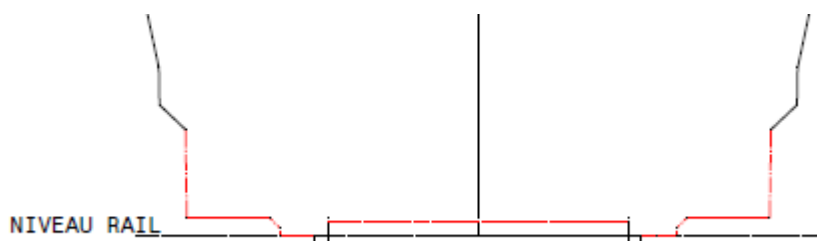
Les valeurs ci-dessous sont issues du gabarit fourni par Alstom et liées à son bogie :

Y	Z	Y
-1289	468	1289
-1283	80	1283
-917,5	80	917,5
-873	35	873
-873	0	873
-717,5	0	717,5
-717,5	-36	717,5
-659,5	-36	659,5
-659,5	60	659,5
-0	60	0

Tableau - Gabarit cinématique des parties basses

Points de liaison gabarit cinématique-bas/gabarit dynamique-haut linéarisés en jonction rectiligne.

Illustration du nouveau gabarit bas :



5. Résultats de calcul – gabarits partie haute

L'ensemble des gabarits dynamiques ont été déterminés pour les sections de voie en tunnel et en aérien (objet de la mise à jour v06). Les résultats de calcul de gabarit sont présentés dans les tableaux suivants.

- En alignement droit en tunnel à vitesse maximale :

Y	Z	Y
0	4064	0
- 752	4064	752
- 1062	3916	1062
- 1261	3821	1261
- 1420	3562	1420
- 1532	3259	1532
- 1529	2000	1529
- 1506	1083	1506
- 1427	729	1427
- 1423	566	1423

- En alignement droit en aérien à vitesse maximale :

Y	Z	Y
0	4080	0
-760	4080	760
-1111	3895	1111
-1280	3806	1280
-1460	3545	1460
-1544	3240	1544
-1525	1981	1525
-1490	1065	1490
-1407	711	1407
-1403	548	1403

- En alignement droit HLP 80 km/h :

En ce qui concerne l'enveloppe du gabarit dynamique du matériel roulant à V=80 km/h-Haut le pied : un rapport forfaitaire de réduction de 0,7 est appliqué sur l'amplitude des déplacements, oscillations, jeux, par rapport à la vitesse max., les usures restant constantes. Cette hypothèse avait été prise en AVP. Les résultats ci-dessous sont issus des plans gabarit fournis par Alstom et prennent en compte les valeurs constructeur des paramètres suivants :

- Jeu latéral des suspensions primaires + boîtes d'essieux,
- Déplacement sur butées latérales de caisse,
- Ecartement des faces actives des roues usées par rapport à un écartement de voie neuve de 1435 mm,
- Tolérance fabrication caisse,
- En alignement droit à 80 km/h sans vent,

- En alignement droit avec vent (prise en compte d'un vent transversal de 35 m/s).

> En alignement droit HLP à 80 km/h en tunnel :

Y	Z	Y
-0	4064	0
-705	4064	705
-1033	3916	1033
-1216	3831	1216
-1377	3573	1377
-1491	3270	1491
-1499	2012	1499
-1482	1095	1482
-1406	739	1406
-1403	576	1403

Tableau - Gabarit dynamique du matériel roulant alignement droit HLP 80 km/h en tunnel

> En alignement droit HLP à 80 km/h en aérien : identique au gabarit en alignement droit en tunnel à vitesse maximale car les deux cas sont soumis à la même accélération transversale qui est une donnée d'entrée.

- En courbe de rayon 1500 m en tunnel :

Y - Intérieur courbe	Z	Y – Extérieur courbe
0	4064	0
-755	4064	772
-1081	3908	1098
-1264	3821	1281
-1423	3562	1439
-1535	3259	1551
-1533	2000	1549
-1509	1083	1526
-1430	728	1446
-1426	565	1442

Tableau - Gabarit dynamique du matériel roulant rayon 1500m en tunnel

- En courbe de rayon 1500 m en aérien :

Y - Intérieur courbe	Z	Y – Extérieur courbe
0	4080	0
-762	4080	778
-1147	3886	1164
-1328	3796	1345
-1482	3533	1498
-1588	3227	1603
-1560	1969	1576
-1516	1053	1533
-1431	700	1446
-1426	537	1442

Tableau - Gabarit dynamique du matériel roulant rayon 1500m en aérien

- En courbe de rayon 800m en tunnel :

Y - Intérieur courbe	Z	Y – Extérieur courbe
0	4064	0
-755	4064	772
-1081	3908	1098
-1264	3821	1281
-1423	3562	1439
-1535	3259	1551
-1533	2000	1549
-1509	1083	1526
-1430	728	1446
-1426	565	1442

Tableau - Gabarit dynamique du matériel roulant rayon 800m en tunnel

- En courbe de rayon 800m en aérien :

Y - Intérieur courbe	Z	Y – Extérieur courbe
0	4080	0
-763	4080	778
-1147	3886	1164
-1328	3796	1345
-1497	3533	1503
-1587	3227	1604
-1559	1969	1576
-1517	1053	1533
-1430	700	1447
-1426	537	1442

Tableau - Gabarit dynamique du matériel roulant rayon 800m en aérien

- En courbe de rayon 600m en tunnel :

Y - Intérieur courbe	Z	Y – Extérieur courbe
0	4064	0
-764	4064	778
-1090	3908	1104
-1273	3821	1287
-1431	3562	1446
-1544	3259	1558
-1542	2000	1555
-1518	1083	1532
-1439	728	1453
-1434	565	1449

Tableau - Gabarit dynamique du matériel roulant rayon 600m en tunnel

- En courbe de rayon 600m en aérien :

Y - Intérieur courbe	Z	Y – Extérieur courbe
0	4080	0
-771	4080	785
-1156	3886	1170
-1337	3796	1351
-1503	3533	1512
-1596	3227	1610
-1568	1969	1582
-1526	1053	1540
-1439	700	1453
-1434	537	1449

Tableau - Gabarit dynamique du matériel roulant rayon 600m en aérien

- En courbe de rayon 300 m en tunnel :

Y - Intérieur courbe	Z	Y – Extérieur courbe
0	4064	0
-799	4064	803
-1126	3908	1129
-1309	3821	1312
-1467	3562	1471
-1579	3259	1583
-1578	2000	1580
-1553	1083	1557
-1474	728	1478
-1470	565	1474

Tableau - Gabarit dynamique du matériel roulant rayon 300m en tunnel

- En courbe de rayon 300 m en aérien :

Y - Intérieur courbe	Z	Y – Extérieur courbe
0	4080	0
-806	4080	810
-1192	3886	1195
-1373	3796	1376
-1528	3533	1537
-1632	3227	1635
-1603	1969	1607
-1561	1053	1565
-1475	700	1478
-1470	537	1474

Tableau - Gabarit dynamique du matériel roulant rayon 300m en aérien

- En courbe de rayon de 250m en tunnel :

Y - Intérieur courbe	Z	Y – Extérieur courbe
0	4064	0
-813	4064	813
-1139	3908	1140
-1322	3821	1323
-1481	3562	1481
-1593	3259	1593
-1590	2000	1592
-1567	1083	1567
-1488	728	1488
-1484	565	1484

Tableau - Gabarit dynamique du matériel roulant rayon 250m en tunnel

- En courbe de rayon de 250m en aérien :

Y - Intérieur courbe	Z	Y – Extérieur courbe
0	4080	0
-820	4080	826
-1206	3886	1205
-1387	3796	1386
-1540	3533	1562
-1646	3227	1645
-1618	1969	1617
-1575	1053	1575
-1489	700	1488
-1484	537	1484

Tableau - Gabarit dynamique du matériel roulant rayon 250m en aérien

- En courbe de rayon de 200m en tunnel :

Y - Intérieur courbe	Z	Y – Extérieur courbe
-0	4064	0
-828	4064	835
-1154	3908	1161
-1337	3821	1344
-1495	3562	1502
-1607	3259	1615
-1605	2000	1613
-1582	1083	1589
-1503	728	1510
-1498	565	1505

Tableau - Gabarit dynamique du matériel roulant rayon 200m en tunnel

- En courbe de rayon de 200m en aérien :

Y - Intérieur courbe	Z	Y – Extérieur courbe
0	4080	0
-841	4080	835
-1227	3886	1220
-1408	3796	1401
-1561	3533	1566
-1667	3227	1660
-1639	1969	1632
-1596	1053	1589
-1510	700	1503
-1505	537	1498

Tableau - Gabarit dynamique du matériel roulant rayon 200m en aérien

- En courbe de rayon de 140m en tunnel :

Y - Intérieur courbe	Z	Y – Extérieur courbe
0	4064	0
-860	4064	880
-1186	3908	1207
-1369	3821	1390
-1527	3562	1548
-1639	3259	1660
-1636	2000	1659
-1613	1083	1634
-1534	728	1555
-1530	565	1551

Tableau - Gabarit dynamique du matériel roulant rayon 140m en tunnel

- En courbe de rayon de 140m en aérien :

Y - Intérieur courbe	Z	Y – Extérieur courbe
0	4080	0
-887	4080	867
-1273	3886	1252
-1454	3796	1433
-1607	3533	1610
-1713	3227	1691
-1684	1969	1663
-1642	1053	1621
-1556	700	1534
-1551	537	1530

Tableau - Gabarit dynamique du matériel roulant rayon 140m en aérien