

Directives techniques pour TRAM		
Chapitre :	11. INSTALLATION POUR LA TRACTION ELECTRIQUE	
Section :		
Article :		Version : mai 2016

Table des matières du chapitre

	sections / pages
11.1 Type de courant de traction	11.1 /1
11.2 Sous-stations	
11.2.1 Plans types	11.2 /1 à 2
11.2.2 Accès	11.2 /3
11.2.3 Niche de comptage SIG	11.2 /4
11.2.4 Sol et murs	11.2 /5
11.2.5 Tunnel	11.2 /6
11.2.6 Mises à terre	11.2 /7
11.2.7 Introductions TPG,SIG,Swisscom	11.2 /8
11.2.8 Equipements	11.2 /9 à 11
11.2.9 Sous-station pré-montée	11.2 /12
11.2.10 Sous-station mobile	11.2 /13
11.3 Distribution du courant de traction	
11.3.1 Armoire de pontage et mise à terre	11.3 /1
11.3.2 Socle pour armoire de pontage	11.3/ 2
11.3.3 Retour de courant et liaisons équipotentielles entre rails	11.3 /3 à 5
11.3.4 Liaisons à la sous-station	11.3 /6 à 7
11.3.5 Armoires	11.3 /8
11.3.6 Installation du parafoudre	11.3 /9 à 10
11.3.7 Chambre de tirage réseau 600v	11.3 /11

Directives techniques pour TRAM		
Chapitre :	11. INSTALLATION POUR LA TRACTION ELECTRIQUE	
Section :		
Article :		Version : mai 2016

sections / pages

11.4	Ligne de contact et supports de la ligne de contact	
	11.4.1 Préambule et poteaux	11.4 /1
	11.4.2 Socles poteaux encastrés	11.4 /2
	11.4.3 Socles poteaux vissés	11.4 /3
	11.4.4 Ancrages des transversales	11.4 /4
11.5	Types de ligne de contact	
	11.5.1 Préambule	11.5 /1
	11.5.2 Ligne standard	11.5 /2 à 3
	11.5.3 Ligne tendue	11.5 /4
	11.5.4 Exécutions spéciales	11.5 /5
11.6	Ligne de contact des véhicules sous un ouvrage et système de protection	
	11.6.1 Transitions sous un ouvrage court et sous un ouvrage long	11.6 /1
	11.6.2 Dans une tranchée couverte ou un tunnel (ouvrage long)	11.6 /2
	11.6.3 Protection et tracé de la ligne de contact en trémie	11.6 /3
	11.6.4 Protection de la ligne de contact trams ou trolleybus	11.6 /4
11.7	Ligne de contact de trolleybus	11.7 /1 à 4
11.8	Mises à terre	
	11.8.1 Concept et risques	11.8 /1 à 2
	11.8.2 Protection contre le toucher	11.8 /3
	11.8.3 Protection par obstacle	11.8 /4 à 5
	11.8.4 Zone d'influence de la ligne aérienne de contact	11.8 /6
	11.8.5 Zone d'influence de la ligne aérienne de contact : Type haubané	11.8 /7

Directives techniques pour TRAM		
Chapitre :	11. INSTALLATION POUR LA TRACTION ELECTRIQUE	
Section :		
Article :		Version : mai 2016

11.8.6	Zone d'influence de la ligne aérienne de contact : Eléments conducteurs à l'intérieur de la zone	11.8 / 8 à 9
11.8.7	Protection MALT : Protection par éloignement	11.8 / 10 à 11
11.8.8	Mâts, poteaux et jous	11.8 / 12 à 14
11.9	Protection contre la corrosion	
11.9.1	Les courants vagabonds	11.9 / 1 à 4
11.10	Installation électrique non ferroviaire : éclairage public	11.10 / 1 à 3

Directives techniques pour TRAM		section n° / page n°
Chapitre :	11. Installation pour la traction électrique	11.1 / 1
Section :	11.1 Type de courant de traction	
Article :		Version : mai 2016

Les véhicules sont alimentés en courant continu à la tension nominale de 600 V par l'intermédiaire d'un pantographe captant le courant à un fil de contact. En exploitation, la tension peut varier de - 33 % à + 20 %; la tension à vide peut atteindre 680 V.

Le courant alternatif triphasé du réseau public SIG sous une tension de 18 kV est converti en courant continu au moyen de groupes transformateur-redresseur d'une puissance nominale d'environ 1340 kVA *. Une sous-station redresseur permet d'alimenter deux secteurs différents de la ligne (env. 1 à 3 km).

La distance séparant deux sous-stations dépend de plusieurs facteurs qui déterminent leurs emplacements et ceux des points d'alimentation de la ligne :

- profil en long de la ligne
- charge (fréquences de passage des véhicules, types de véhicules et charge des véhicules)
- diagramme de marche (vitesse, accélération, points d'arrêts)
- point de raccordement au réseau SIG
- disponibilité de locaux / terrains pour implanter la sous-station

Une étude est donc nécessaire dans chaque cas.

Une sous-station type comprend :

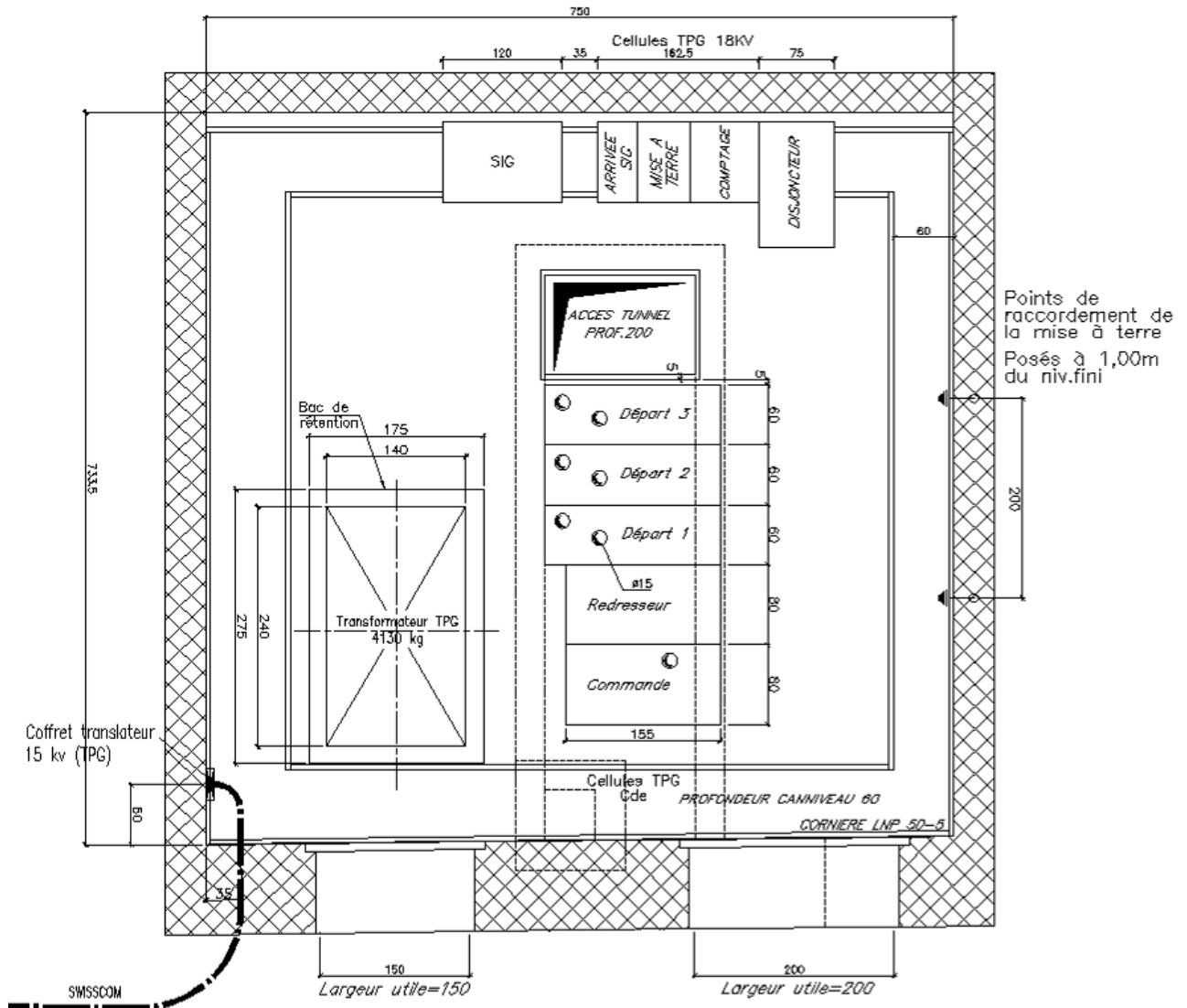
- l'alimentation / comptage 18 kV AC
- le ou les transformateurs AC (sec ou avec refroidissement à l'huile)
- le ou les redresseurs DC
- la distribution / séparation 0,6 kV DC

* 1340 kVA = puissance à raccorder au réseau primaire à 18 kV.

1200 kW = puissance en courant continu du redresseur.

Directives techniques pour TRAM	section n° / page n°
Chapitre : 11. Installation pour la traction électrique	11.2 / 1
Section : 11.2 SOUS-STATIONS	Version : mai 2016
Article : 11.2.1 Plans types	

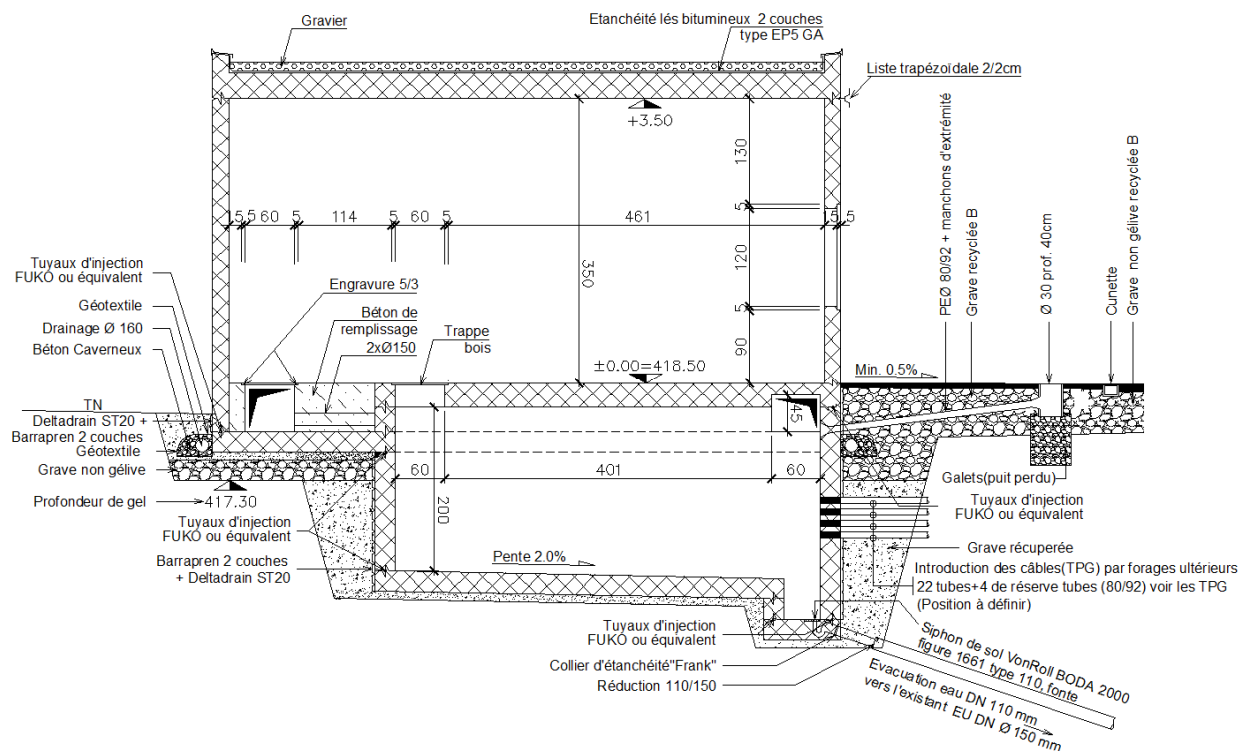
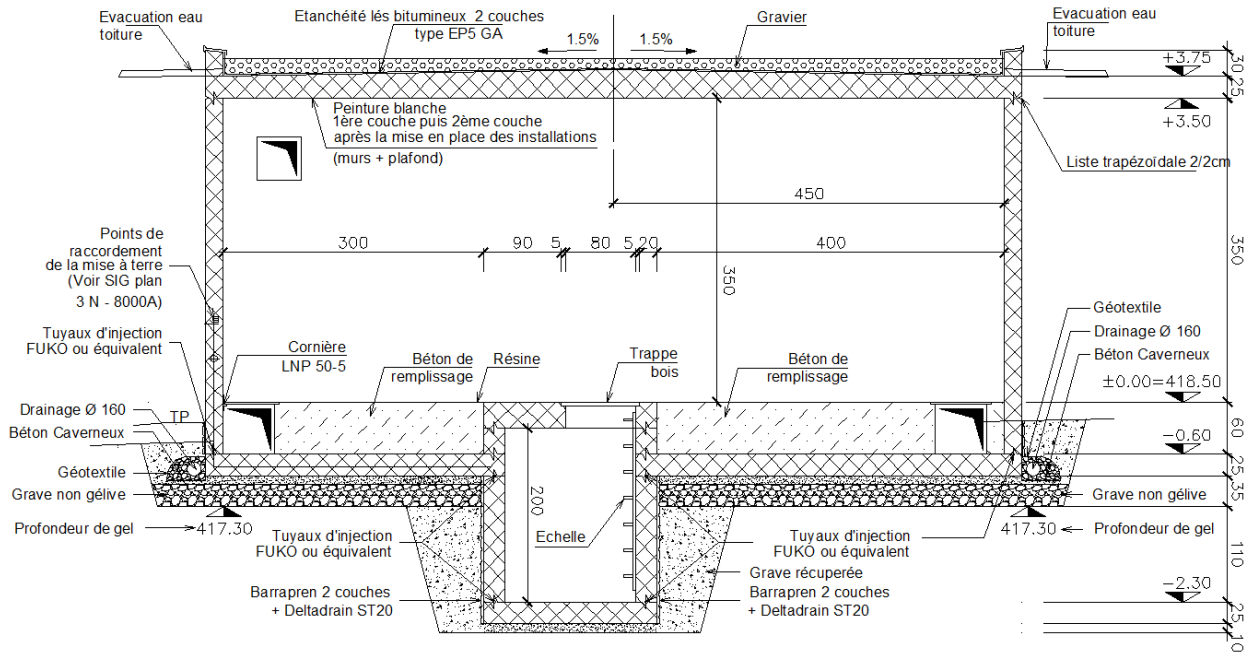
Exemple d'aménagement d'une sous-station (Pré-Bois)



Le nombre de cellules départ (minimum 2) peut varier d'une sous-station à l'autre. Selon les configurations, il est possible de procéder à un changement d'orientation des cellules départ (sous-station de Lancy par exemple). La taille de la station dépend du nombre de cellules départ. Pour les sous-stations les plus petites (1 groupe redresseur et 2 départs) la surface au sol minimum est d'environ 60m². Si des groupes ou départs supplémentaires sont à installer, la surface au sol devra-être augmentée.

Dans tous les cas, les plans des sous-stations doivent être validés par les TPG.

Exemple de coupes d'une sous-station (Mandement)



Hauteur minimum sous plafond dans local : 3,50m

Hauteur minimum sous plafond galerie: 2,00m

Directives techniques pour TRAM	section n° / page n°
Chapitre : 11. Installation pour la traction électrique	11.2 / 3
Section : 11.2 SOUS-STATIONS	Version : mai 2016
Article : 11.2.2 Accès	

Les portes et cornières sont fournies et posées par une entreprise spécialisée mandatée par les TPG. Elles doivent être posées en engravure dans la maçonnerie, et non en applique, afin d'éviter toute perte de place dans le vide de passage et tout arrachement lors de l'entrée de matériel. Un raccordement à la terre est nécessaire pour chacun des battants.

Le seuil des portes doit être au niveau du parvis extérieur avec une contre-pente vers l'extérieur pour éviter toute entrée d'eau. L'étanchéité des portes sera garantie par des casquettes sur les linteaux verticaux, ainsi que des joints entre la maçonnerie et les cadres fixes en embrasure si nécessaire. Les battants seront munis de brosse pour limiter au maximum l'entrée de feuilles et de poussières.

La classification des portes pour la résistance incendie est EI30 pour toutes les portes donnant vers l'extérieur. Les portes intérieures (si sous station collée à un autre bâtiment par exemple), doivent être EI90.

Porte d'accès personnel et cellules TPG

Dimension minimum: 150cm de largeur utile par 240cm de hauteur.

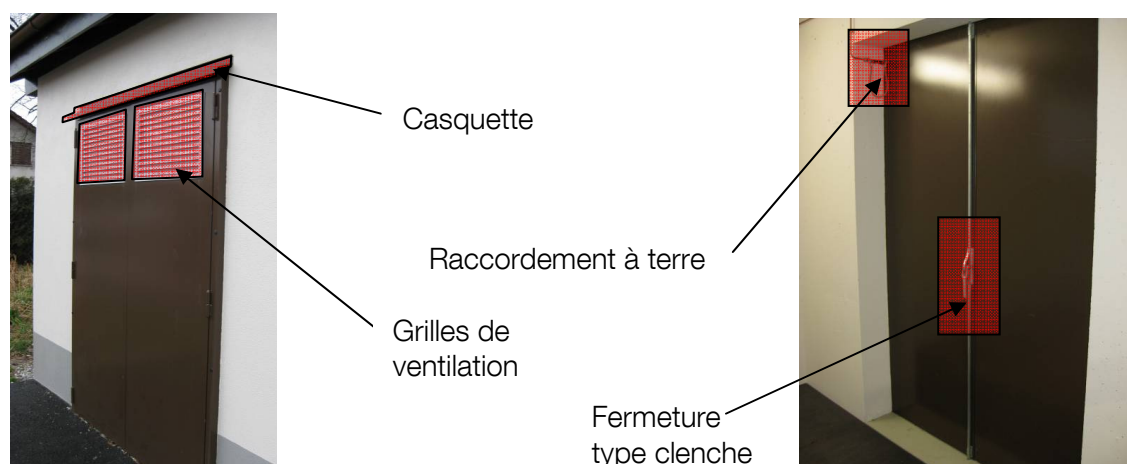
Unique porte accessible depuis l'extérieur. A l'extérieur, prévoir une boule et cylindre type Zeiss-Ikon 17, fournis et posés par les SIG (cylindre 18K), à l'intérieur prévoir une poignée simple.

Porte d'accès transformateur

Dimension minimum : 200cm de largeur utile par 240cm de hauteur.

Porte ouvrable uniquement depuis l'intérieur. A l'extérieur, pas de poignée, ni cylindre, à l'intérieur prévoir une poignée type clenche verticale.

Deux grilles de ventilation avec moustiquaire seront posées sur les battants des portes de cet accès. (Emplacements et dimensions à définir par les SIG).



Dans le cas de sous-stations enterrées, prévoir une trappe de 1,5 par 2,7m pour accès transformateur, avec accès routier à la trappe. Prévoir également une petite trappe, dimension min. 50 x 60cm, ou une porte d'entrée au niveau du sol du local pour accès personnel quotidien.

Directives techniques pour TRAM	section n° / page n°
Chapitre : 11. Installation pour la traction électrique	11.2 / 4
Section : 11.2 SOUS-STATIONS	Version : mai 2016
Article : 11.2.3 Niche de comptage SIG	

Les armoires de comptage sont accessibles uniquement depuis l'extérieur avec cylindre SIG 18K type Zeiss-Ikon 17 installé par les SIG.

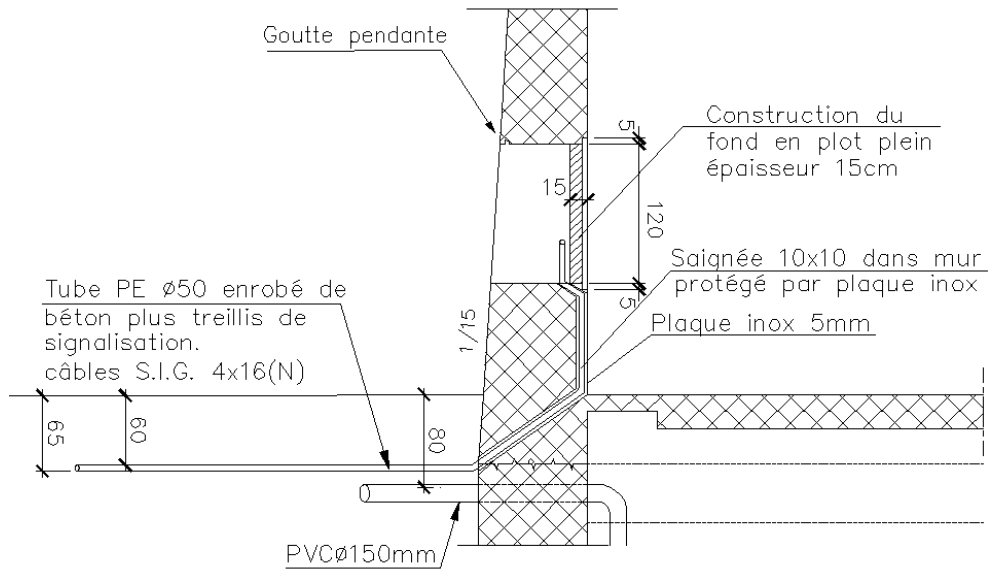
Les compteurs SIG sont raccordés directement depuis le caniveau vers l'armoire (en applique), des réservations seront faites dans les plateaux TPG pour permettre le passage de l'alimentation.



La dimension des niches est à coordonner avec les SIG.

Il faut garantir l'étanchéité des portes avec des casquettes sur les linteaux verticaux, ainsi que des joints entre la maçonnerie et les cadres fixes en embrasure si nécessaire.

Variante (niche de comptage dans l'épaisseur de maçonnerie)



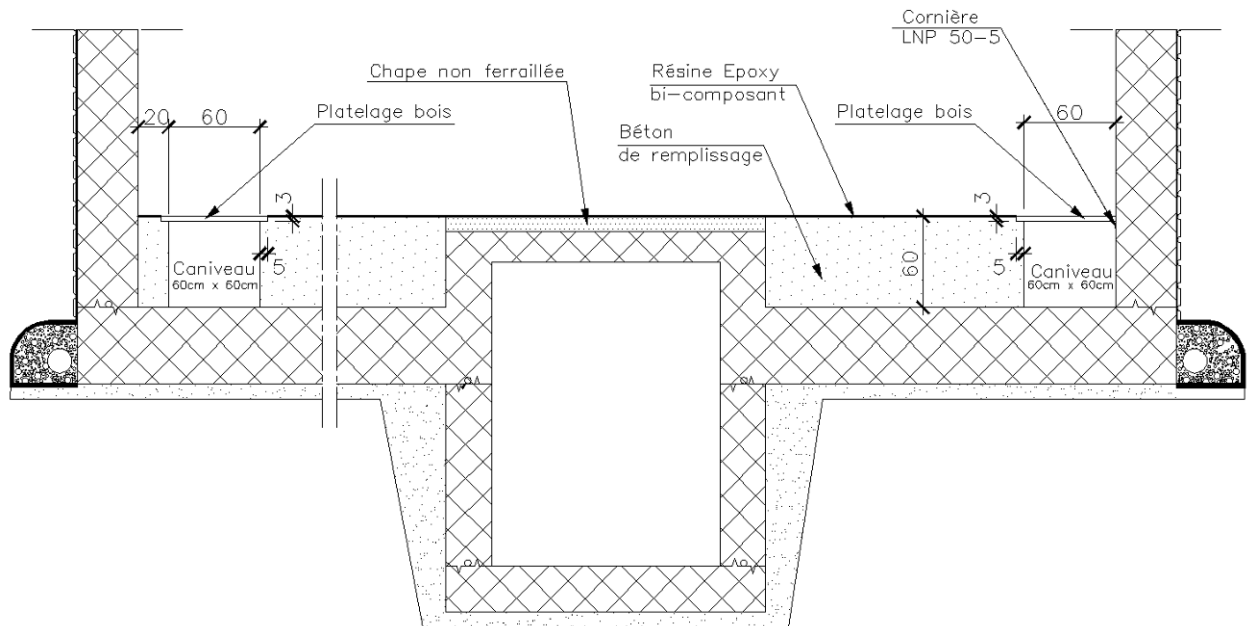
Dans cette configuration (Pré-Bois), le vide de maçonnerie nécessaire est de 1.15 x 1.20m (exigé par les SIG), Il faut aussi prévoir une descente directe sous la niche pour raccordement (dans la maçonnerie et non en applique). Les introductions en pieds de murs doivent se faire à 80cm minimum sous le sol fini. Deux plaques de métal de 15mm d'ép. et de 1m x 1m sont à poser sur le sable d'enrobage des tubes pour protection.

Directives techniques pour TRAM	section n° / page n°
Chapitre : 11. Installation pour la traction électrique	11.2 / 5
Section : 11.2 SOUS-STATIONS	Version : mai 2016
Article : 11.2.4 Sol et murs	

Sol de la sous-station

Un caniveau, profondeur 60cm et largeur 60cm, doit faire le tour complet de la sous-station.

Il est recouvert d'un platelage bois fourni et posé par les TPG. Sur un des côtés, prévoir un muret (ep. 20cm), avec engravure pour le platelage du caniveau. Le muret sert de support aux cellules SIG en périphérie de la sous-station. Sur l'extrait de plan ci-dessous, à droite avec cornière métallique 5 x 5cm et à gauche avec muret béton et engravure de 5 x 3cm.



Caractéristiques du sol des sous-stations:

Résine Epoxy bi-composant étanche type Sikafloor ou similaire comme suit:

- Primaire en résine Epoxy bi-composant Sikafloor 161 – 700gr/m²
- Finition antidérapante Epoxy bi-composant Sikafloor 161 – 4500gr/m²
- Couche de finition teintée à raison de 700g/m². Ral. : 7 040.

La résine Epoxy bi-composant doit être mise en place par une entreprise spécialisée.

La zone sous les futures cellules TPG (zone centrale) ne doit pas être armée sur une épaisseur d'au moins 10cm.

L'intérieur du caniveau et celui du tunnel restent en béton, sans revêtements (que ce soit au sol, aux murs ou dans les cornières).

Revêtements muraux

Une première couche de peinture blanche (Ral. : 9 010), à faire avant l'emménagement des TPG.

Une deuxième couche, de finition est à faire après intervention des TPG, et avant la mise sous tension de la sous-station.

Directives techniques pour TRAM	section n° / page n°
Chapitre : 11. Installation pour la traction électrique	11.2 / 6
Section : 11.2 SOUS-STATIONS	Version : mai 2016
Article : 11.2.5 Tunnel	

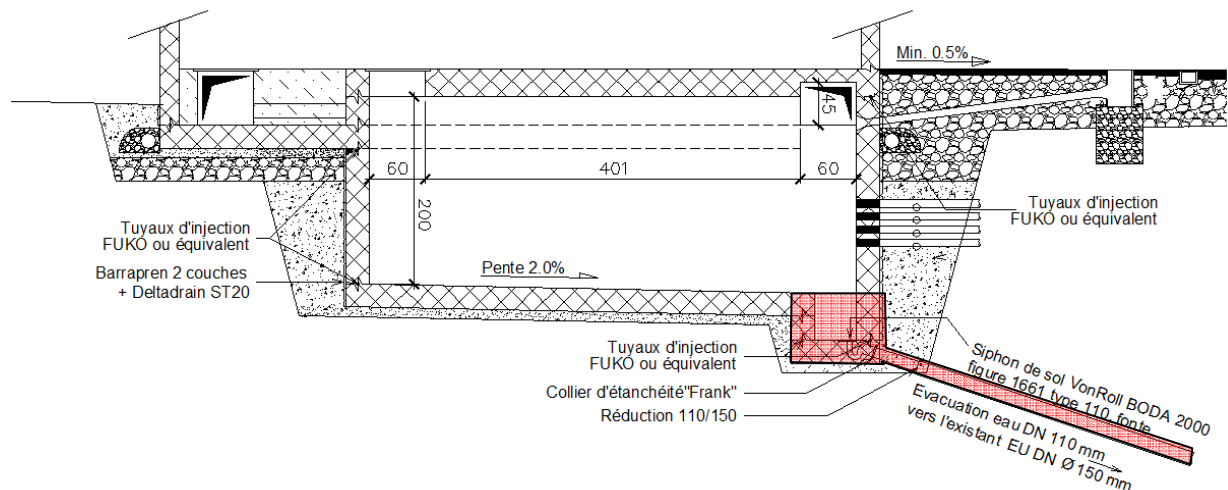
Accès

L'accès se fait par une trappe en bois d'un minimum de 80cm x 60cm fournie et posée par les TPG, prévoir une cornière dans le béton de 5 x 5cm dans ce but.

Une échelle (avec prise en main pour engagement et/ou arceaux de sécurité si nécessaire) est à mettre en place pour une descente sécurisée. La position de cette échelle ne doit en aucun cas gêner le tirage des câbles dans le tunnel (poulie du coté opposé à l'introduction).



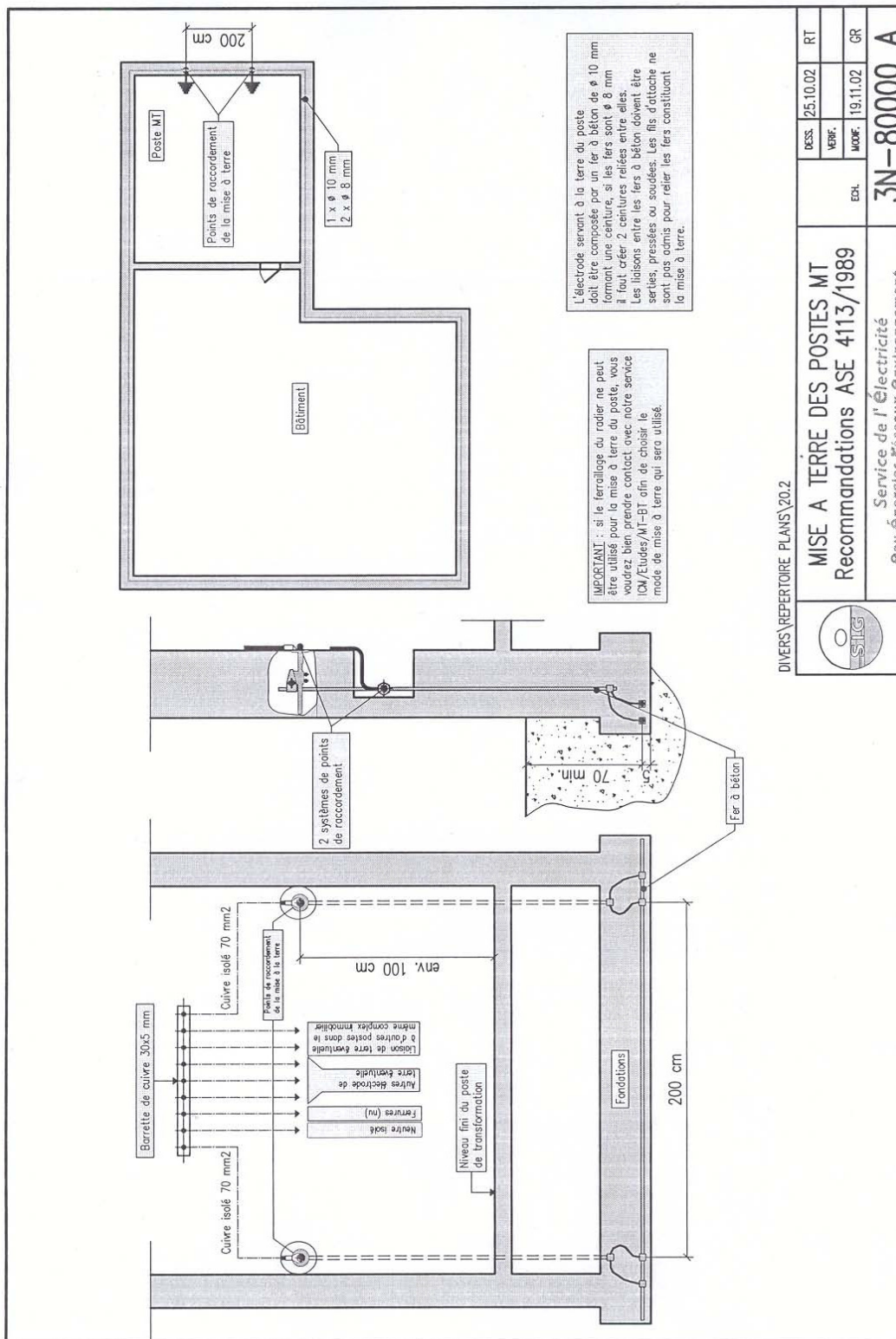
Evacuation des eaux



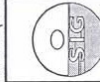
Il est indispensable de prévoir une évacuation des eaux dans le collecteur depuis le tunnel. Créer une pente de 2% en fond de galerie, vers un puisard (dim : 50 x 50 x 50cm) lui-même raccordé à une évacuation vers les collecteurs.

Dans le cas où aucun raccordement n'est possible sur les collecteurs, prévoir une pompe automatique à placer dans le puisard, afin de renvoyer l'eau vers l'extérieur de la sous station en vue d'évacuation sur le collecteur d'eaux usées. Celle-ci doit être branchée en continu, avec la possibilité d'être mise sous alarme.

Plan des mises à terre (SIG)



DIVERS\REPERTOIRE PLANS\20.2



MISE A TERRE DES POSTES MT
Recommandations ASE 4113/1989

Service de l'Électricité
Eau Énergies Réseaux Environnement

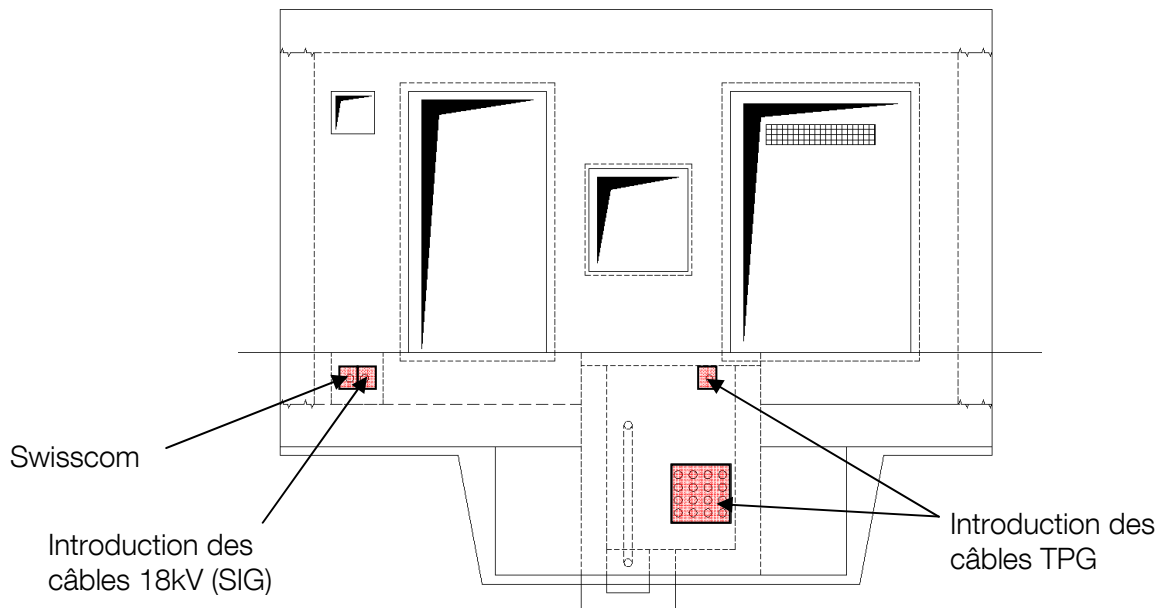
3N-80000 A

DESS.	25.10.02	RT
VERIF.		
MODIF.	19.11.02	GR
EXL.		

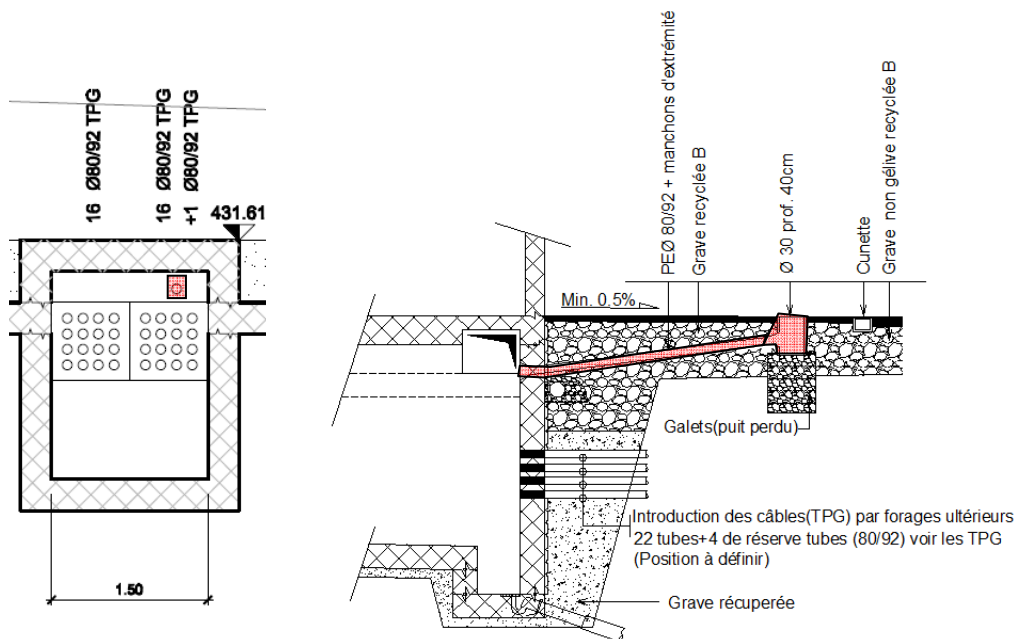
Les 2 pastilles de mise à terre sont à distance de 2m l'une de l'autre et à 1m du sol.

C'est à l'entreprise responsable des travaux d'entrer en contact avec l'entreprise spécialisée pour la mise en place des mises à terre ainsi qu'avec les SIG pour validation.

Introductions



Les TPG définiront les positions et le nombre d'introductions TPG. La position et le nombre d'introductions SIG et Swisscom seront aussi respectivement définis par l'un et l'autre. Tous ces forages se feront après exécution des travaux.

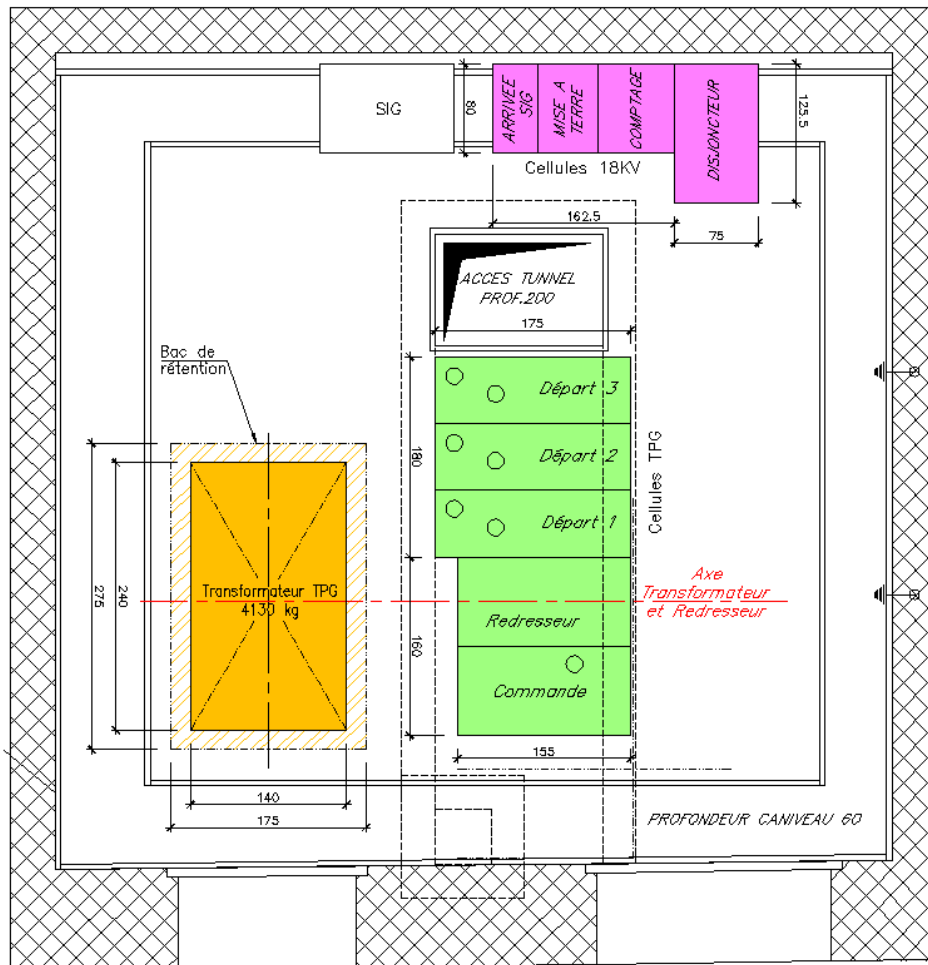


Un forage pour aider les TPG au tirage de leurs câbles depuis le regard de tirage (voir ci dessus) est nécessaire avec un tube diam. 80mm.

Dimensions chambre de tirage: diam. 40cm / prof. 30cm.

Directives techniques pour TRAM		section n° / page n°
Chapitre : 11. Installation pour la traction électrique		11.2 / 9
Section : 11.2 SOUS-STATIONS		Version : mai 2016
Article : 11.2.8 Equipements		

Exemple de disposition des équipements (Sous-station de Pré-Bois)



Transformateur

Il existe plusieurs types de transformateurs, les dimensions restent néanmoins sensiblement les mêmes, à savoir 240 x 140cm pour une hauteur de 220cm. Cet élément est le plus gros composant de la sous-station et pèse environ 5 tonnes.

Le transformateur est toujours posé dans un bac de rétention afin d'éviter tout contact avec l'eau. Ce bassin est fourni et posé par les TPG. Dimensions du bac de rétention: 275 x 175cm pour une hauteur de 15 cm.

Le redresseur doit toujours être dans le même axe que le transformateur. La distance entre les cellules (ou mur du tunnel) et le transformateur doit être de 80cm à 1m, pas plus (raccords par le haut entre transformateur et redresseur).

Une barrière de sécurité est installée autour de l'emplacement du transformateur par les TPG.



Cellules TPG

Il s'agit des **cellules** (Sécheron):

- 3x départs : 60x175cm / hauteur 230cm
- 1x redresseur : 80x155cm / hauteur 220cm
- 1x commande : 80x155cm / hauteur 220cm

Des cellules type « départ » peuvent être rajoutées si nécessaire. Les TPG fourniront un plan d'emplacement de ces cellules avec leur nombre ainsi que les carottages nécessaires (diam. 150mm) pour l'alimentation depuis le tunnel. Ces cellules sont posées sur un plexiglas, lui-même posé directement sur le sol.

**Cellules 18kV**

Il s'agit des cellules suivantes:

- Arrivée SIG
 - Mise à terre
 - Comptage
 - Disjoncteur
- } 94 x 162.5cm
- } 75 x 125.5cm

Il y a parfois une cellule supplémentaire.

**Bloc de ventilation**

Le bloc de ventilation et son tableau de commande sont fournis et posés par les SIG. Une réservation en façade est à prévoir pour l'installation du bloc ventilation. Les dimensions de la réservation et la grille sont fournies par les SIG.

Dans certaines configurations (notamment un éventuel manque de place), l'installation d'un bloc de ventilation plat est nécessaire (à coordonner avec les SIG).



Directives techniques pour TRAM	section n° / page n°
Chapitre : 11. Installation pour la traction électrique	11.2 / 11
Section : 11.2 SOUS-STATIONS	Version : mai 2016
Article : 11.2.8 Equipements (suite)	

Autres équipements

L'armoire de télécommande. Son emplacement est défini par les TPG. L'encombrement au sol est : 86 x 41cm.

Le système d'éclairage du local et de son tunnel est fourni et posé par une entreprise d'électricité mandatée par les TPG. L'emplacement des luminaires est défini aux endroits où ceux-ci gênent le moins possible l'accès vers les équipements, par exemple au dessus des zones de passage.

Le sectionneur régime de terre est fourni, posé et raccordé par les TPG

Les boîtiers téléphone et télécommande doivent se situer au dessus des entrées de câbles Swisscom. Ils sont installés par les TPG.

Divers équipements complémentaires sont fournis et posés par les TPG, notamment un téléphone, des fixations pour les outils, une lampe de poche et un extincteur près de l'entrée.



Armoire de télécommande

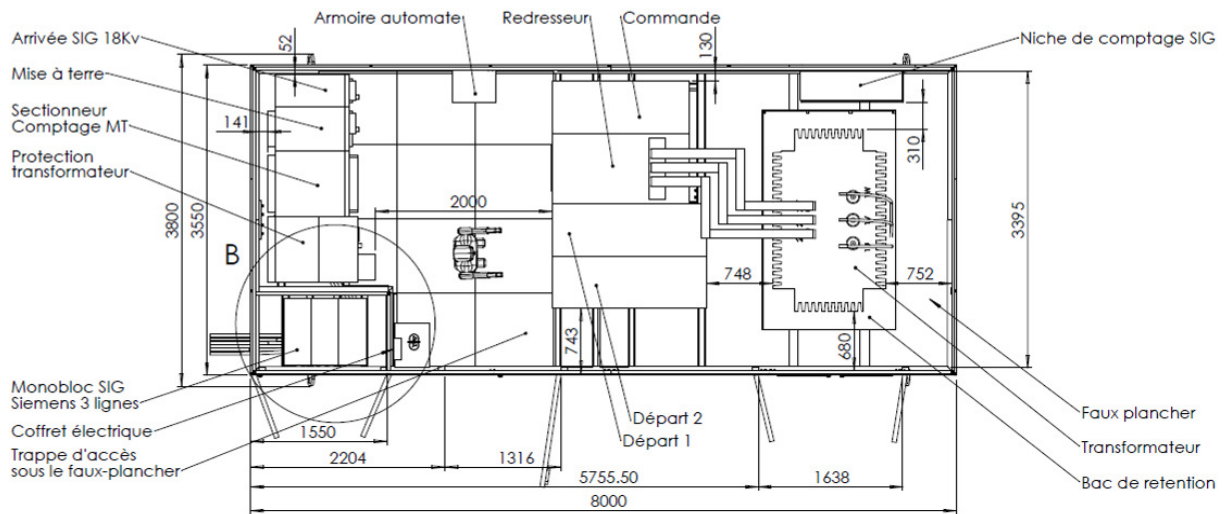


Distribution

Directives techniques pour TRAM		section n° / page n°
Chapitre : 11.	Installation pour la traction électrique	11.2 / 12
Section : 11.2	SOUS-STATIONS	Version : mai 2016
Article :	11.2.9 Sous-station pré-montée	

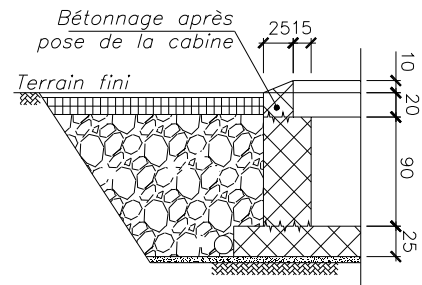
Pour les sous-stations de petites tailles (2 cellules départ), il est possible de mettre en place des cabines pré-montées sur socle d'une masse totale d'env. 13 tonnes. Une sous station pré-montée a les dimensions suivantes: au sol 8m x 3,55m / hauteur totale : 3,142m. L'espace vide du socle est utilisé pour l'introduction des câbles. Devant une des grandes faces (long. 8m), prévoir 2m de libre pour l'ouverture des portes. Le long des autres faces, laisser un passage possible (80cm min.). Un accès avec camion et grue pour mise en place doit être garanti.

Aménagement type d'une sous-station pré-montée (Exemple : Croisette-Poussy)

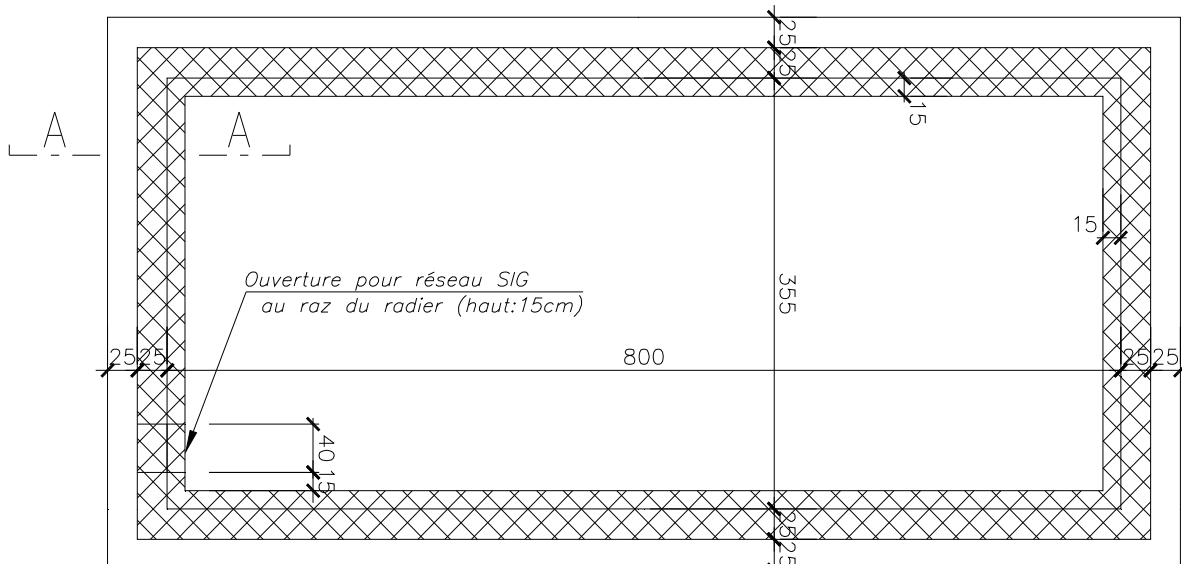


Plan du socle:

Coupe A-A



Vue en plan



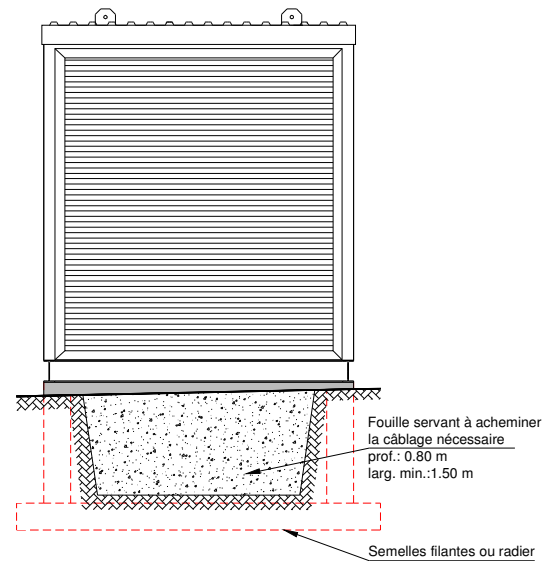
Directives techniques pour TRAM		section n° / page n°
Chapitre : 11. Installation pour la traction électrique		11.2 / 13
Section : 11.2 DISTRIBUTION DU COURANT DE TRACTION		Version : mai 2016
Article : 11.2.10 Sous-station mobile		

Lorsque des travaux doivent être entrepris sur le réseau alimentant une sous-station ou lors de la mise hors service de celle-ci pour des raisons d'entretien, les TPG mettent en place la sous-station mobile ci-dessous. Cette dernière ne peut remplacer que partiellement une sous-station conventionnelle de 1200kV, ceci pour l'alimentation d'un seul secteur du réseau 600V.

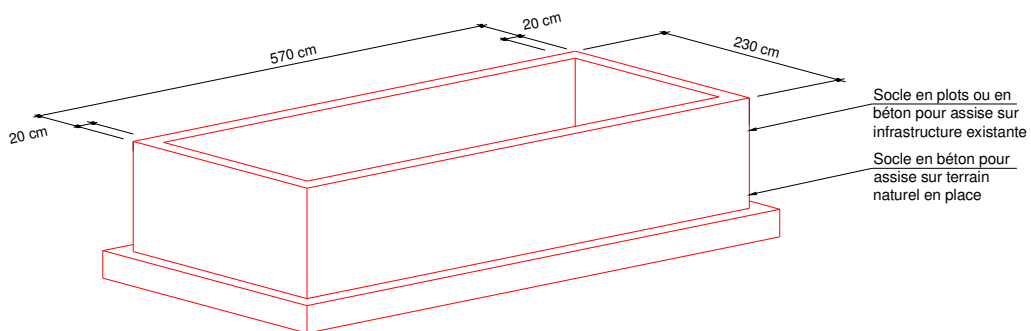
Sous-station mobile



Coupe



Dimension du socle



Le poids de la sous-station totalement équipée est d'environ 8 tonnes.

Alimentation de la sous-station :

- 1 câble 18 kV triphasé 630 kW
- 1 câble 400V basse tension 3x25 A

Câbles sortant de la sous-station :

- 2 câbles de 400mm² de section

Directives techniques pour TRAM		section n° / page n°
Chapitre : 11. Installation pour la traction électrique		11.3 / 1
Section : 11.3 DISTRIBUTION DU COURANT DE TRACTION		Version : mai 2016
Article : 11.3.1 Armoire de pontage et mise à terre		

A la hauteur de chaque sous-station se positionne un sectionnement électrique créant deux secteurs de ligne de contact indépendants électriquement l'un de l'autre. Chaque secteur est relié à une des deux alimentations ("départs") de la sous-station. Il y a donc 2 armoires d'alimentation à proximité de chaque sous-station.

Encombrement d'une armoire d'alimentation :

Surface au sol: 1,45m x 0,55m / hauteur totale : 1,05m.

En bordure de la voie, une armoire de pontage et de mise à terre-rail doit être implantée pour:

a) permettre de ponter l'isolation électrique entre les deux secteurs en cas de panne de sous-station

b) mettre à la terre-rail les lignes de contact de chacun des secteurs en cas de travaux.

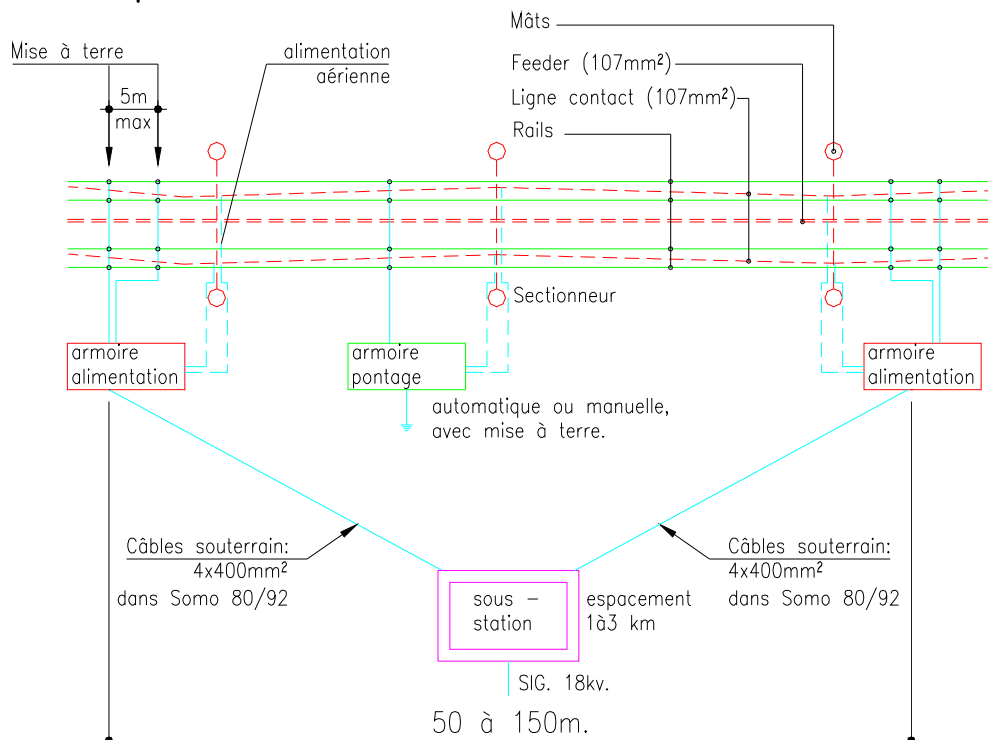
Deux types d'armoires de pontage sont utilisés :

- "automatique" (surface au sol 1,2m x 1,2m / h. = 2,31m)
- "manuelle" (surface au sol 1,2m x 0,6m / h. = 1,35m).

Le choix du type est déterminé de cas en cas en fonction des besoins de l'exploitation et de l'étude de l'alimentation 600 V du tronçon à réaliser.

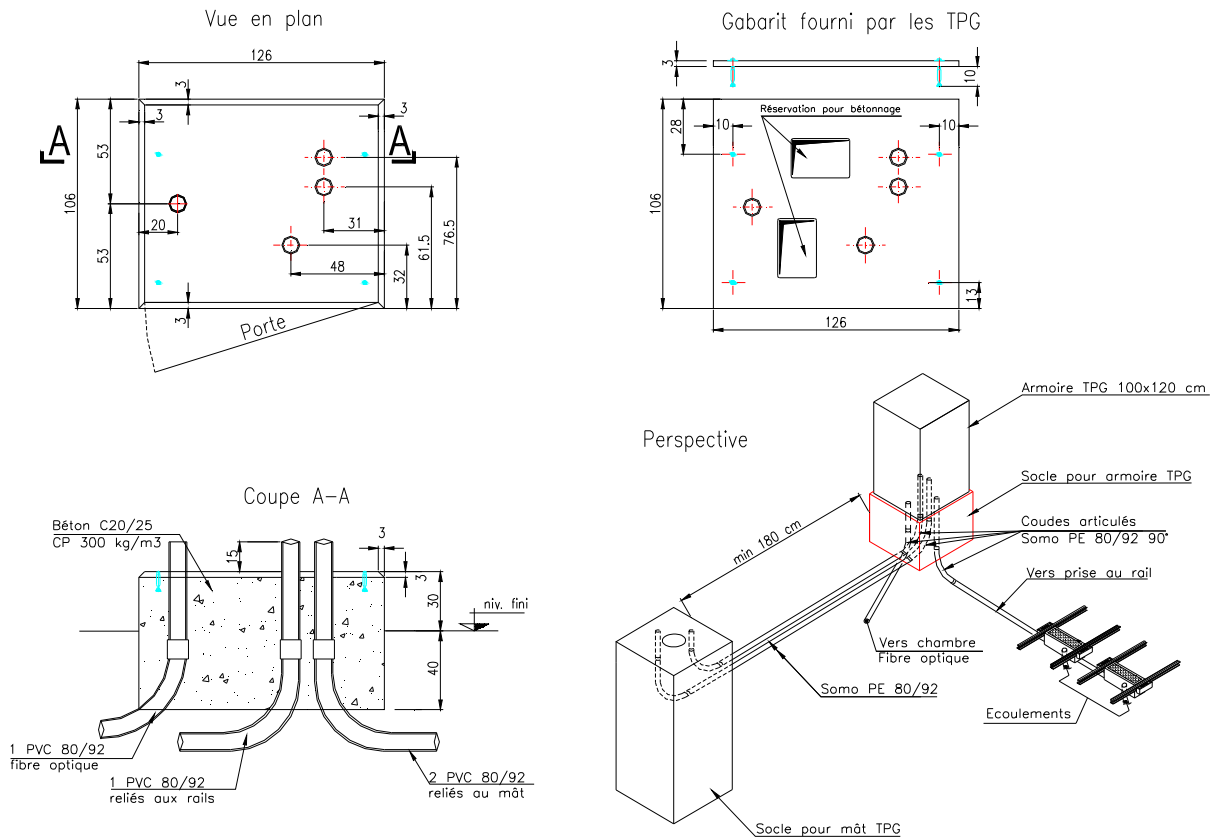
Remarque: les armoires d'alimentation ou de pontage doivent être posées sur un socle b.a. dépassant de h = 30cm (min. 20cm) le niveau du sol fini.

Plan schématique

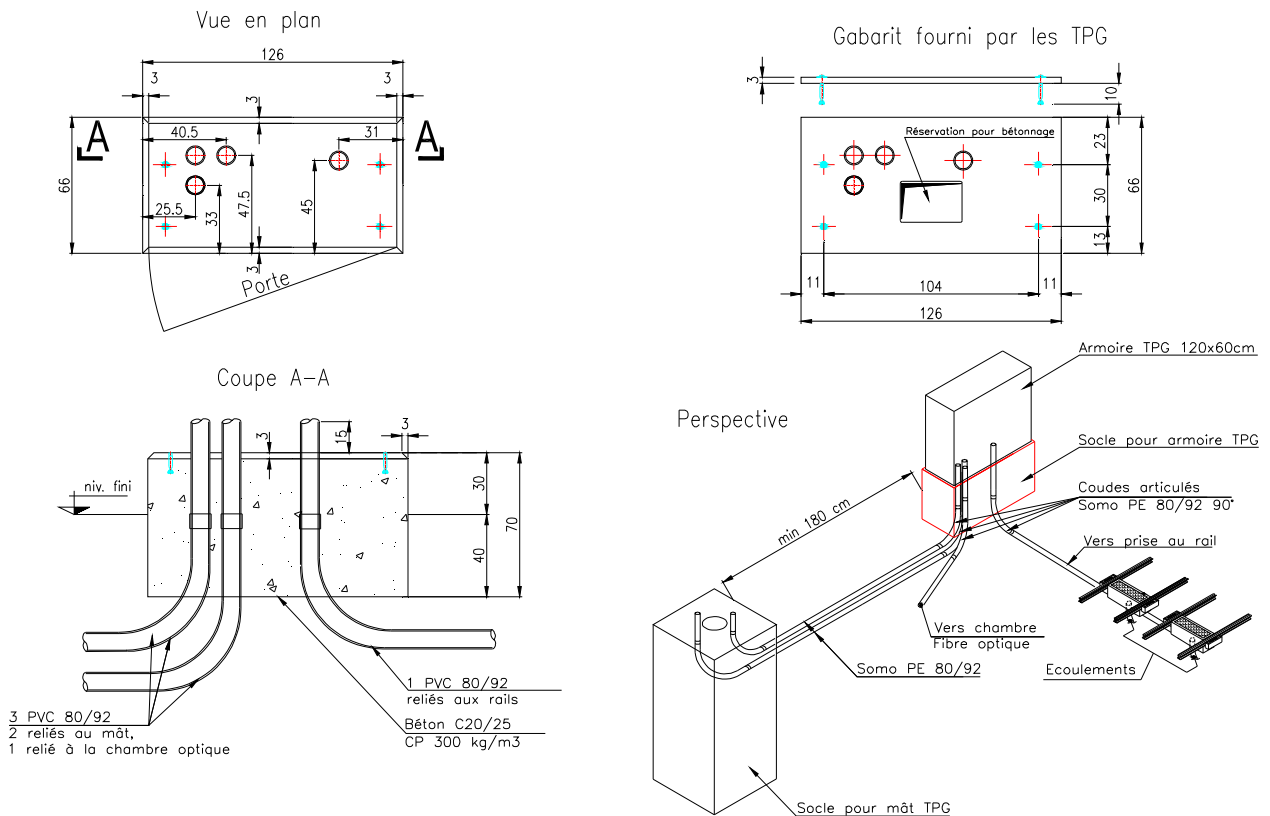


Directives techniques pour TRAM		section n° / page n°
Chapitre : 11.	Installation pour la traction électrique	11.3 / 2
Section : 11.3	DISTRIBUTION DU COURANT DE TRACTION	Version : mai 2016
Article :	11.3.2 Socle pour armoires de pontage	

Armoire de pontage automatique tramway (cotes en cm)



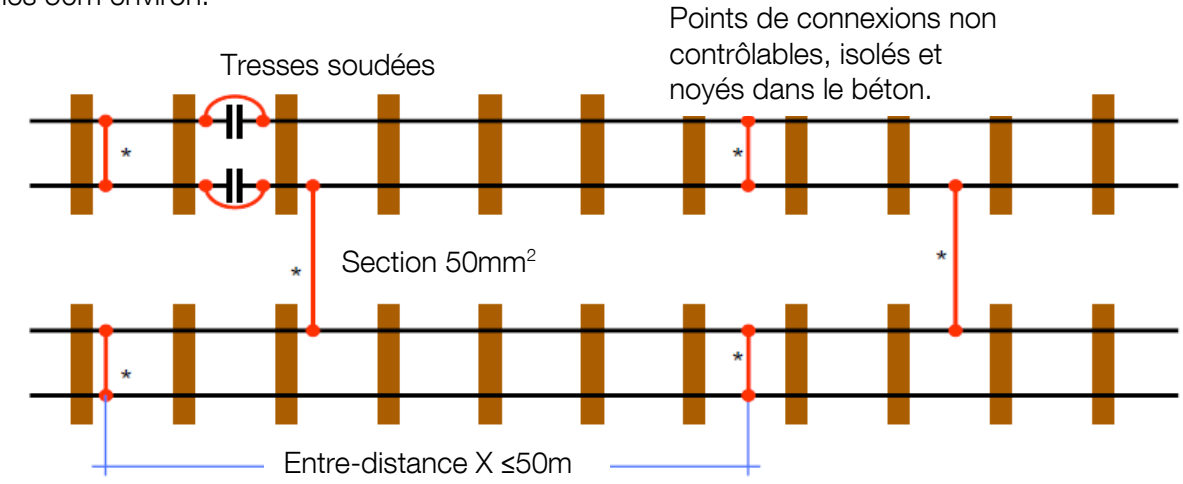
Armoire de pontage manuel tramway (cotes en cm)



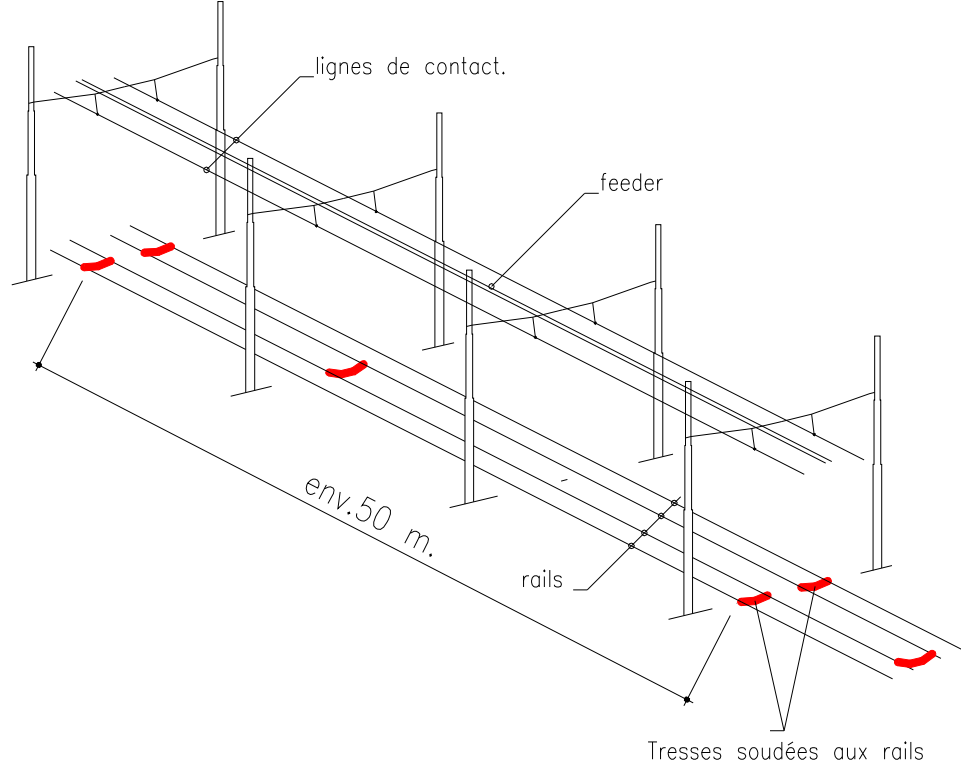
Directives techniques pour TRAM		section n° / page n°
Chapitre : 11. Installation pour la traction électrique		11.3 / 3
Section : 11.3 DISTRIBUTION DU COURANT DE TRACTION		Version : mai 2016
Article : 11.3.3 Retour de courant et liaisons équipotentielles entre rails		

Remarque préalable : Le terme « retour de courant » désigne le chemin emprunté par le courant électrique retournant à la sous-station. Il s'agit de la polarité reliée à la terre-rail du réseau 600VCC. Aux tpg, cela correspond au pôle positif ⊕.

Le retour de courant à la terre en pleine voie est assuré par les quatre files de rails. Ces derniers sont normalement soudés ; sinon il est indispensable de les relier encore par des tresses soudées. (Par exemple lors de travaux ou avant le soudage des rails si des rails éclissés sont utilisés). Le pontage entre les files de rails est assuré par des liaisons transversales par câbles isolés entre les rails d'une même voie et entre les voies voisines tous les 50m environ.

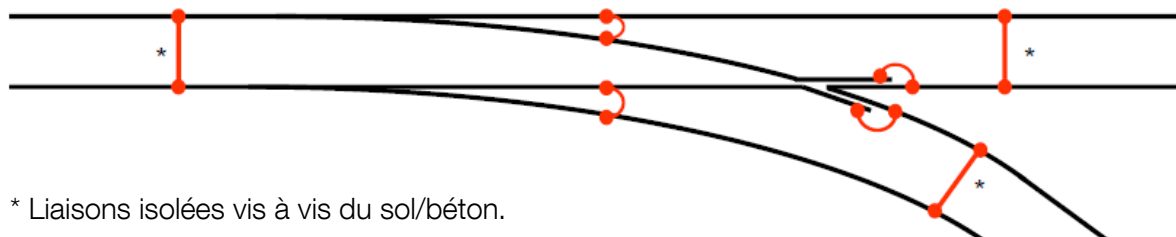


* liaison isolées vis-à-vis du sol/béton



Directives techniques pour TRAM	section n° / page n°
Chapitre : 11. Installation pour la traction électrique	11.3 / 4
Section : 11.3 DISTRIBUTION DU COURANT DE TRACTION	Version : mai 2016
Article : 11.3.3 Retour de courant et liaisons équipotentielles entre rails (suite)	

Les joints des rails de roulement servant à écouler le courant de retour de traction doivent être munis de connexions électriques de rails. Cela s'applique également aux aiguillages (voir le principe d'équipotentiel pour les appareils de voie ci-dessous).



* Liaisons isolées vis à vis du sol/béton.

Remarques :

Dans la zone de circuits de voies situés avant ou vers les appareils de voie électriques, il est impératif que :

- les rails soient sans joints (y compris les joints pontés par des terres).
- aucune liaison n'existe entre les deux files de rails (liaisons équipotentielles, tresses, prises de courant de retour, etc.).
- les traverses ne provoquent pas de liaisons électriques entre les deux files de rail.

Lors de la pose d'un nouvel appareil de voie sur un tracé existant, il est impératif que la zone de commande située entre la boucle de commande et la boucle HFK (1mètre après cette boucle) soit reliée directement à celui-ci sans que le courant puisse emprunter un autre cheminement (câble ou tresse, rail, voie adjacente).

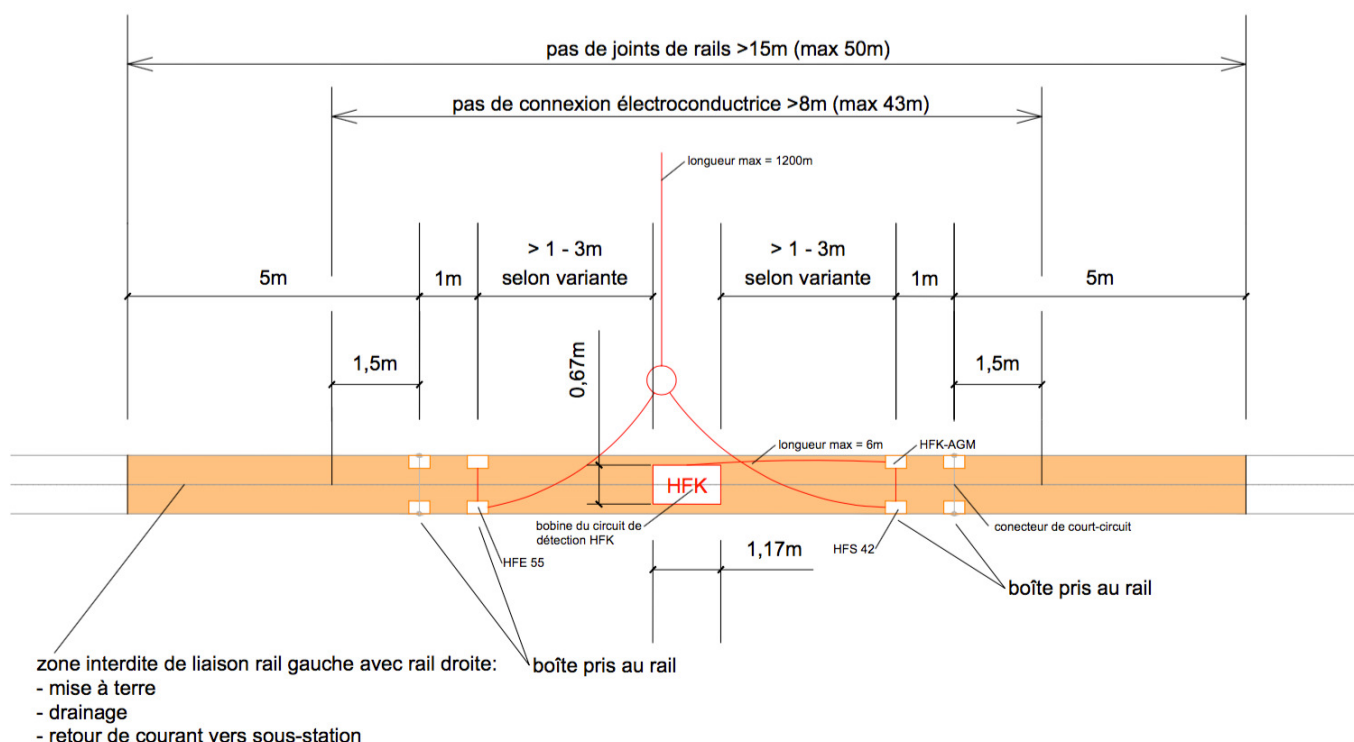
Pour ce faire, un trait de scie à travers le revêtement doit être exécuté pour couper les éventuelles câbles ou tresses conductrices et, si la voie est posée sur des traverses bi-blocs, il faut également couper les cornières métalliques.

Attention:

Dans des zones de « système isolé », les liaisons transversales doivent être noyées dans un système également isolé (Edilon).

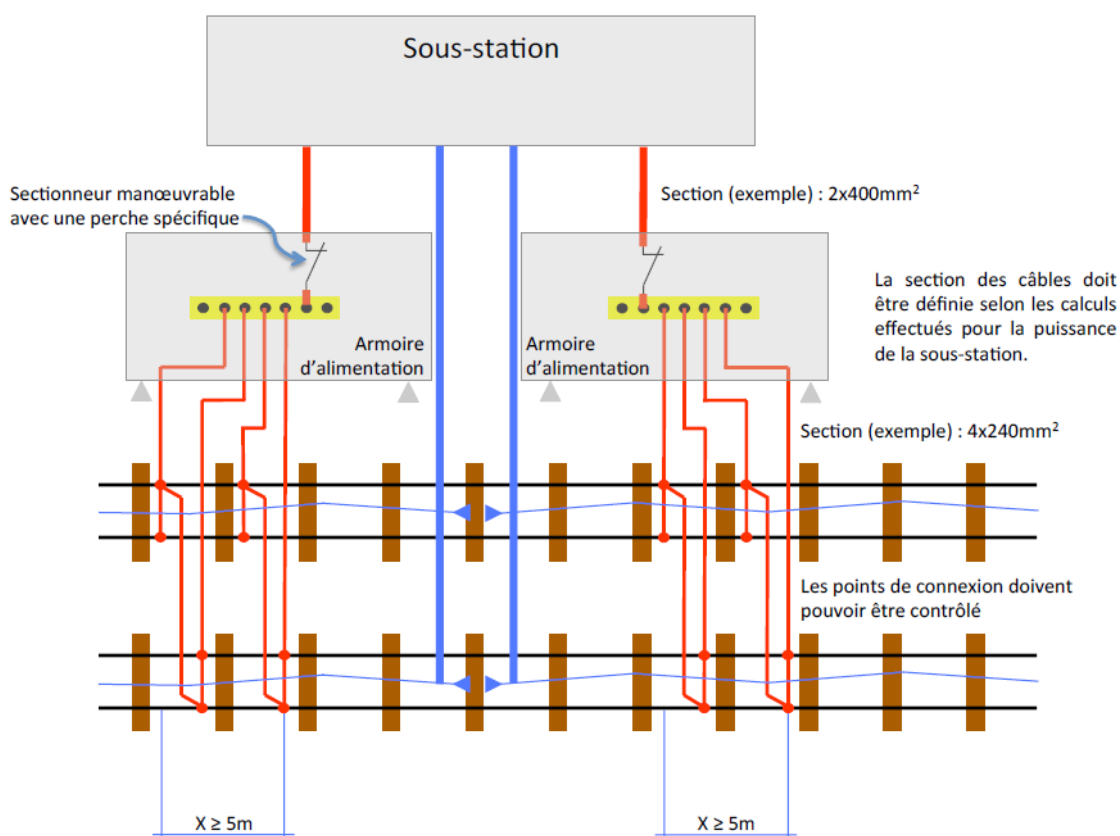
Directives techniques pour TRAM		section n° / page n°
Chapitre : 11. Installation pour la traction électrique		11.3 / 5
Section : 11.3 DISTRIBUTION DU COURANT DE TRACTION		Version : mai 2016
Article : 11.3.3 Retour de courant et liaisons équipotentielles entre rails (suite)		

En présence de circuits de voie, il n'est pas possible d'installer des connexions électriques de rails pour le courant de retour de traction (prises aux rails d'alimentation ou équipotentielles).



Directives techniques pour TRAM		section n° / page n°
Chapitre : 11. Installation pour la traction électrique		11.3 / 6
Section : 11.3 DISTRIBUTION DU COURANT DE TRACTION		Version : mai 2016
Article : 11.3.4 Liaisons à la sous-station		

Les connexions à la sous-station, à partir du rail de roulement, doivent être réparties sur au minimum 5m. Les connexions (aux rails et dans la sous-station) doivent être facilement accessibles et bien visibles ou marquées. Les sous-stations tpg alimentent toujours plusieurs secteurs de ligne aérienne de contact. Une liaison entre la « barre collectrice de retour » dans la sous-station et les rails est réalisée pour chaque secteur. En principe, chaque départ de sous-station comprend deux conducteurs de retour. Pour certains départs alimentant de très courts secteurs, un seul conducteur de retour 400m² est installé si la sous-station possède au moins un autre départ avec deux conducteurs de retour. Aucune partie du circuit de retour ne doit avoir de connexions conductrices directes avec des installations, des composants ou des structures métalliques. Le circuit de retour ne doit pas comporter de fusibles, de dispositifs de coupure non verrouillables ou de plages de raccordement qui peuvent être démontés sans l'aide d'un outil. Lorsqu'un organe de coupure est inséré dans le système de retour par la voie, un autre organe de coupure doit être installé dans le circuit d'alimentation. Ces liaisons entre le circuit de retour et l'installation de mis à la terre de la sous-station doivent être conçues conformément à l'EN 50122-2.



Est considéré comme cheminement indépendant :

- tout rail de roulement courant soudé ou équipé de liaisons présentant une bonne conduction électrique, y compris les dispositifs d'annonce de voie libre sans joint isolant.
- une corde de retour de courant d'au moins 95mm² de section (en équivalent cuivre), posé sur des mâts ou dans le sol de manière contrôlable.

Récapitulatif :

Le courant de retour s'écoule grâce à deux cheminements à travers les rails de roulement. A l'approche d'une sous-station, tous les points de connexions doivent être réalisés sur une distance minimale de 5m. A partir de la barre de terre, deux cordes de terre pouvant chacune écouler la totalité du courant de retour assurent la liaison à la sous-station.

Les sous-stations sont à la terre SIG (réseau primaire alternatif). A l'intérieur d'une sous-station, les cellules contenant les départs pour l'injection du 600VDC dans la ligne aérienne de contact doit être montée sur une isolation basse impédance vis à vis du bâtiment, et les carcasses métalliques de ces cellules sont reliées à la terre SIG par une liaison surveillée par un relais d'intensité. De plus, le potentiel entre la terre SIG et la polarité + du redresseur (isolé de la terre SIG) est surveillé par une mesure de tension.

Dans le cas d'une sous-station située dans un bâtiment en îlot vis à vis de la terre SIG, la sous-station est reliée à la terre ouvrage.

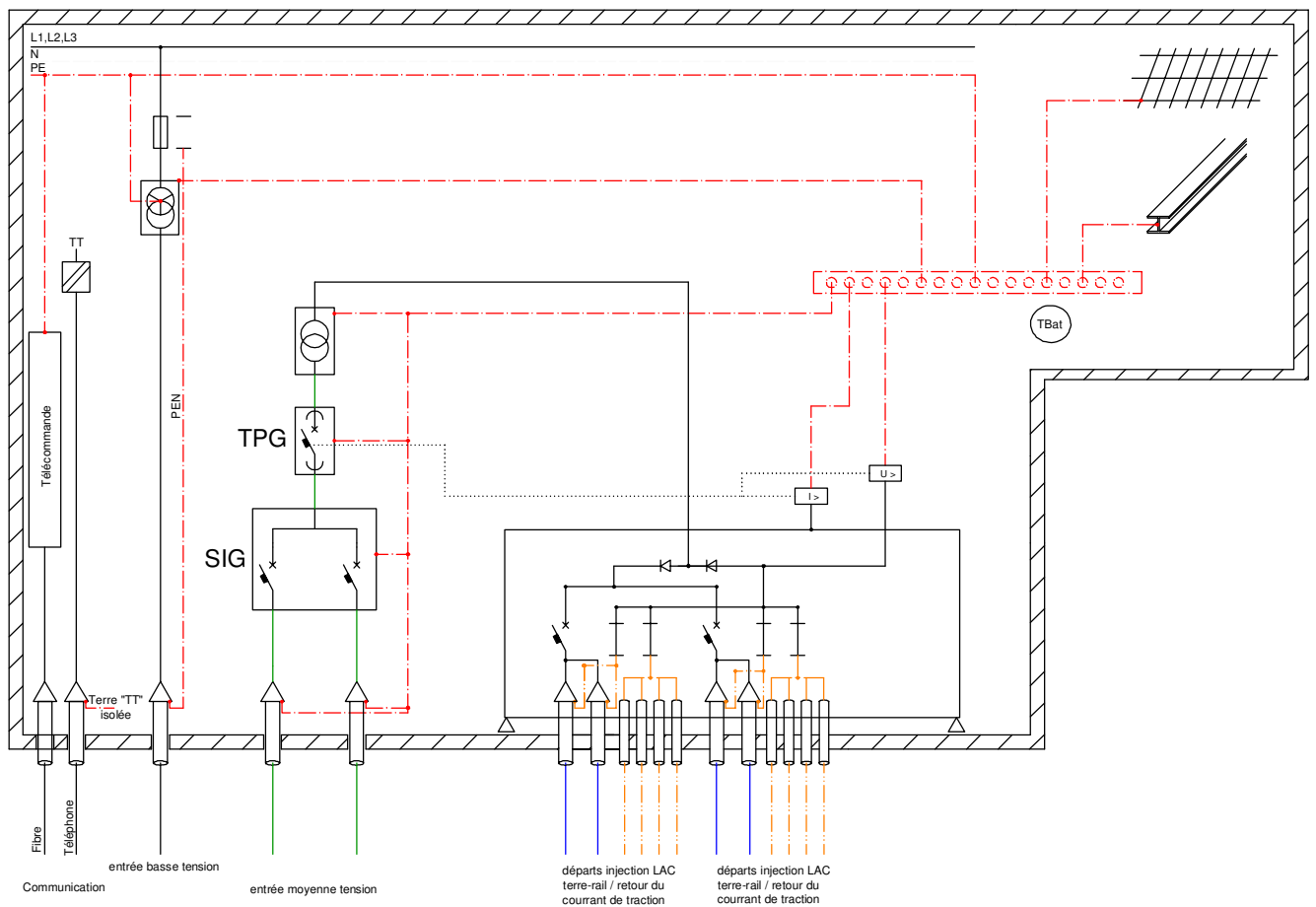
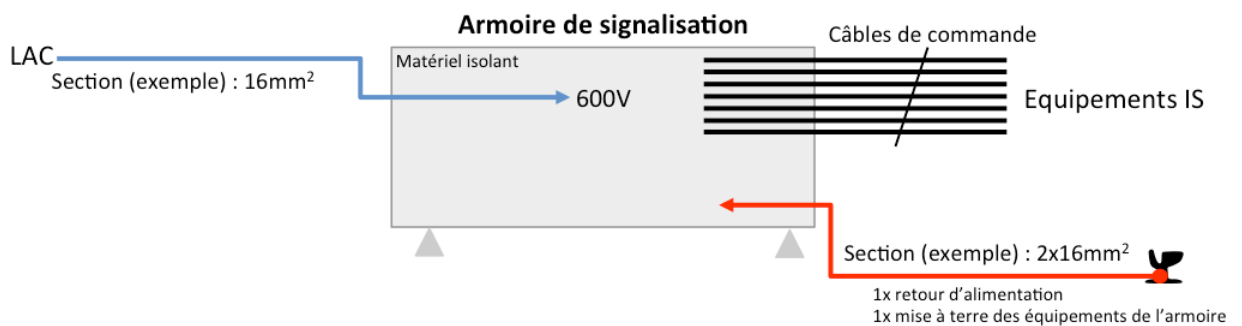
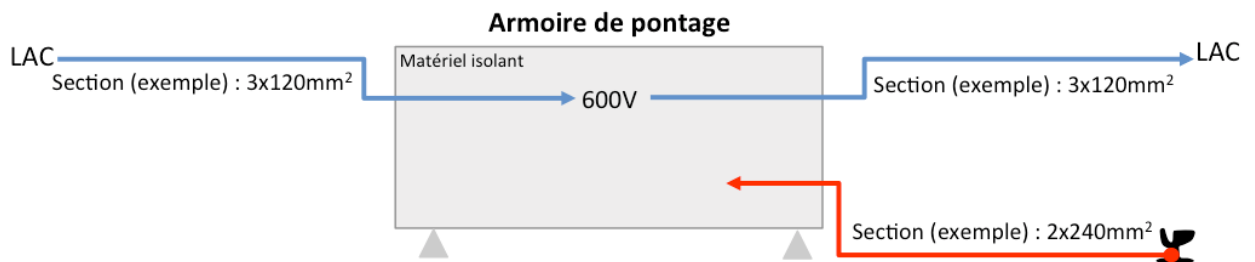
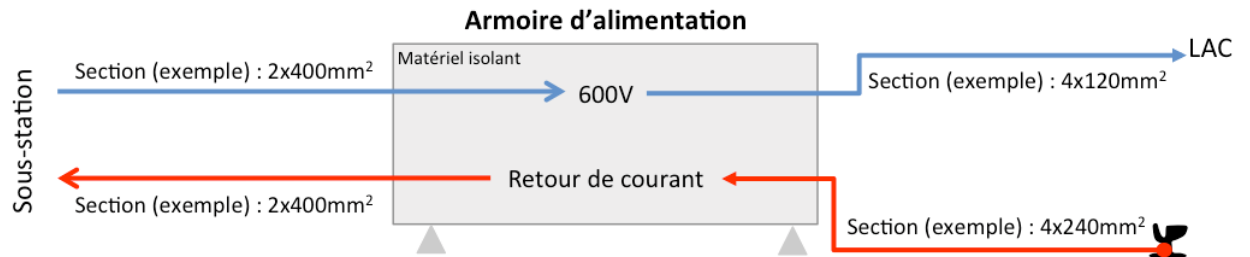


Schéma mise à terre, équipements dans les sous-stations

Directives techniques pour TRAM		section n° / page n°
Chapitre : 11. Installation pour la traction électrique		11.3 / 8
Section : 11.3 DISTRIBUTION DU COURANT DE TRACTION		Version : mai 2016
Article : 11.3.5 Armoires		

Toutes les armoires doivent être montées de manière totalement isolées. Les composants présents à l'intérieur doivent être reliés à la terre rail et le matériel utilisé pour les armoires doit être totalement isolant.



Principe

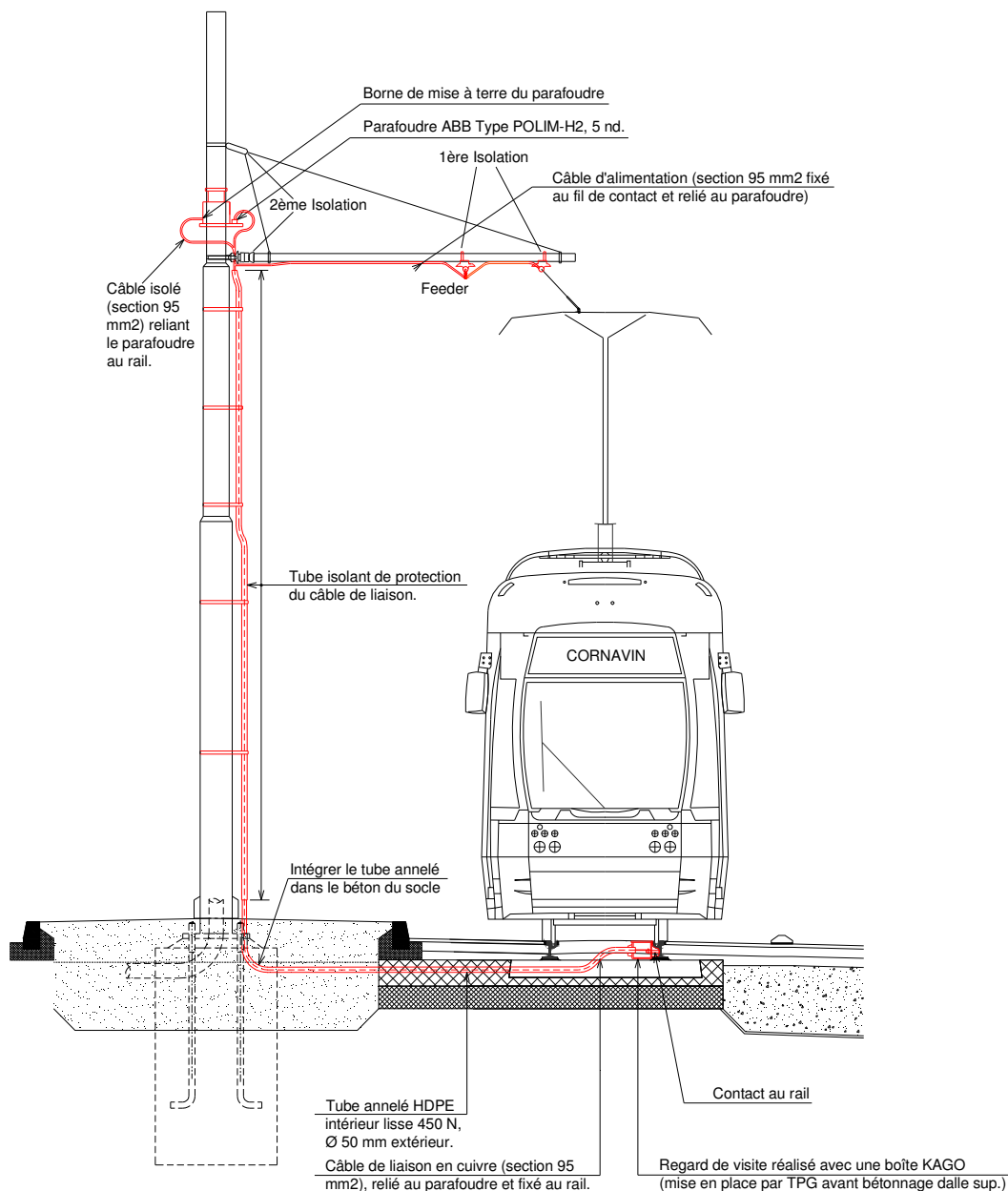
Un parafoudre peut être installé en différents points sur la ligne de contact :

- Au droit des alimentations et au droit des armoires de pontage isolées sur le réseau.
- Au droit des commandes d'aiguilles éloignées d'une alimentation.
- Aux extrémités des lignes Tw.

Remarques:

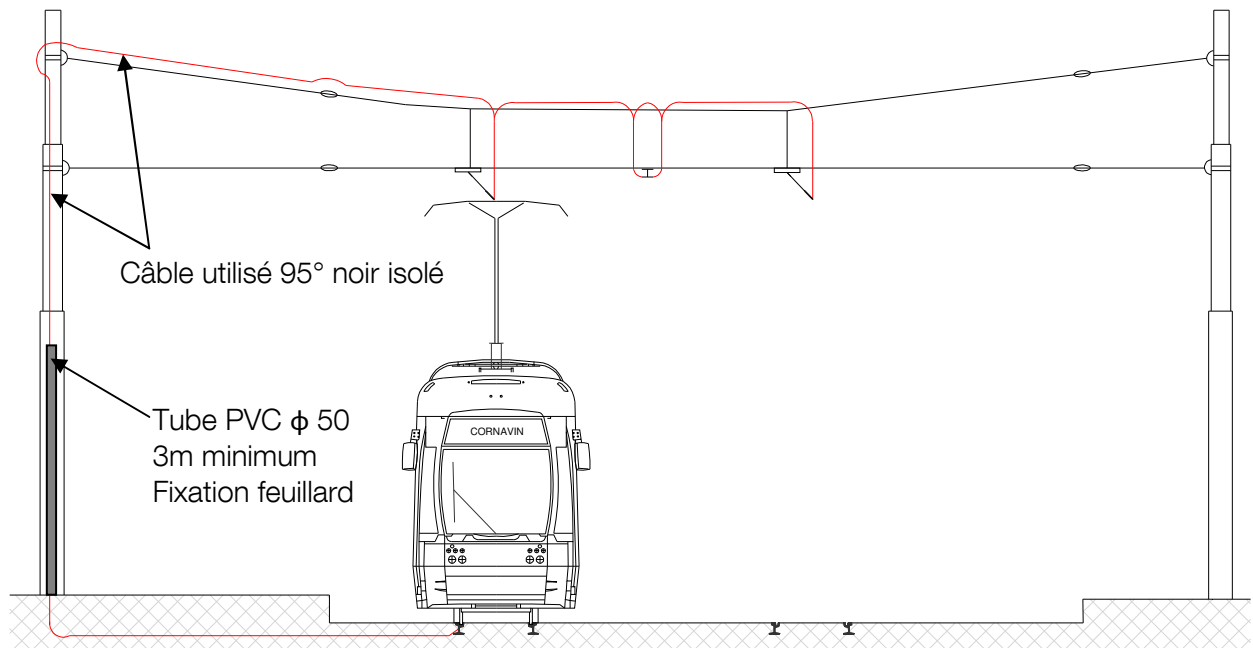
L'installation d'un parafoudre est réalisée dans son ensemble par le personnel qualifié et spécialisé des TPG.

Il est autorisé de mettre de l'éclairage public sur des mâts équipés d'un parafoudre sous condition du respect du régime des mises à terre.

Coupe type sur console

Directives techniques pour TRAM		section n° / page n°
Chapitre : 11.	Installation pour la traction électrique	11.3 / 10
Section : 11.3	DISTRIBUTION DU COURANT	
Article : 11.3.6	Installation du parafoudre (suite)	Version : mai 2016

Principe de pose du parafoudre sur hauban

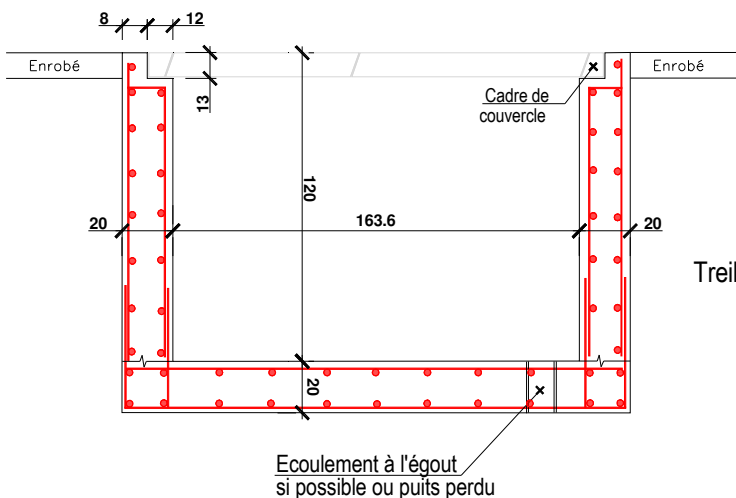
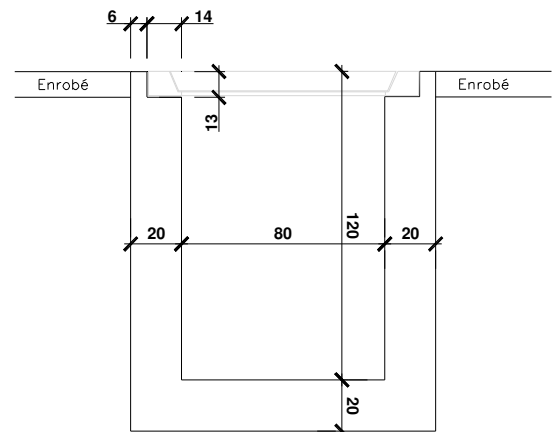
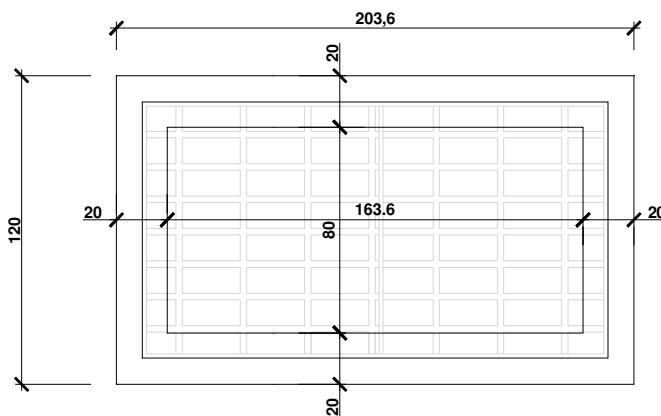


Directives techniques pour TRAM		section n° / page n°
Chapitre : 11. Installation pour la traction électrique		11.3 / 11
Section : 11.3 DISTRIBUTION DU COURANT		Version : mai 2016
Article : 11.3.7 Chambre de tirage réseau 600v		

Les chambres de tirage réseau 600v. peuvent être préfabriquées ou coulées sur place selon les besoins. Elles doivent être équipées d'un écoulement à l'égout ou d'un puits perdu permettant l'évacuation de l'eau. Le couvercle est de type Couvercle VonRoll, type 2535ME-EE0-800-1636-2E-52 (modèle avec remplissage béton, avec verrouillage). Une plaque d'identification « TRAM », fournie par les TPG, est à sceller sur le couvercle.



Plan de la chambre de tirage



Treillis Ø 6 / 20

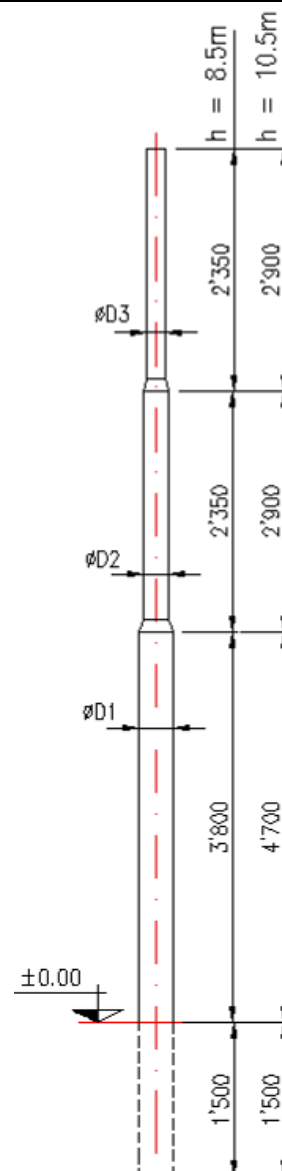
Directives techniques pour TRAM		section n° / page n°
Chapitre : 11. Installation pour la traction électrique		11.4 / 1
Section : 11.4 LIGNE DE CONTACT ET SUPPORTS DE LA LIGNE DE CONTACT		
Article : 11.4.1 Préambule et poteaux		Version : mai 2016

Le fil de contact doit être maintenu à une altitude relativement constante. Il est soutenu tous les 20m environ par suspensions transversales ou par des consoles (l'espacement est fonction de la géométrie en plan, de la présence d'autres lignes de contact et de particularités locales).

Les suspensions transversales sont fixées soit à des poteaux, soit à des ancrages scellés ou soudés dans les façades des bâtiments ou ouvrages d'art.

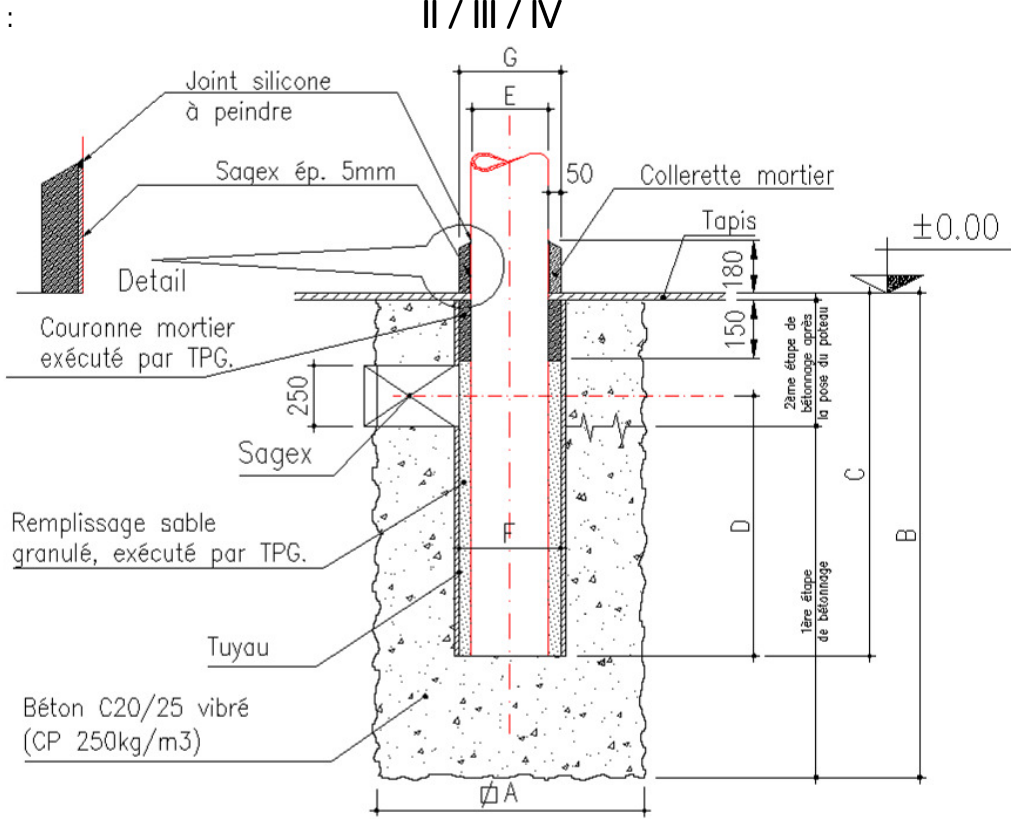
Les consoles sont fixées à des poteaux ou directement à des ouvrages (voir chapitre 10 « Ouvrages d'art »).

Les poteaux standards utilisés par les TPG sont en acier de section circulaire. Pour permettre une fixation aisée au moyen de colliers, leur diamètre est variable par tranches de hauteur (voir dessin ci-contre). Ces poteaux sont encastrés ou vissés (voir dessins chapitres 11.4.2 et 11.4.3) dans ou sur des socles de fondation en béton. Les SIG ont la faculté d'adjoindre à ces poteaux des éléments d'éclairage public.



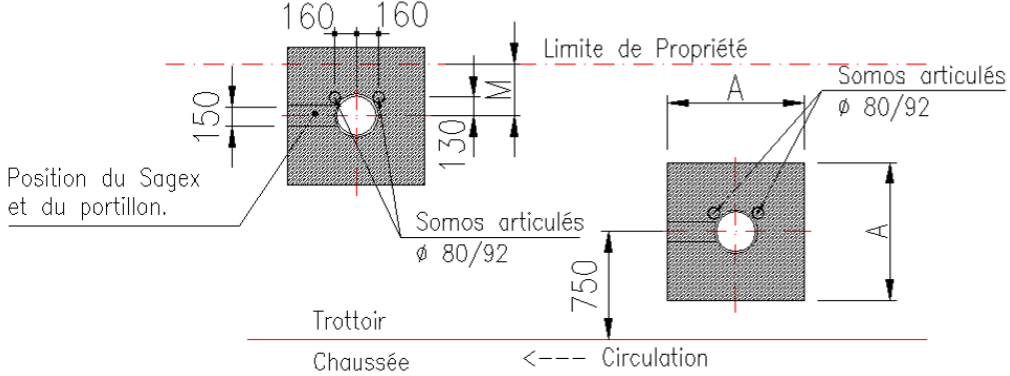
Type de poteau	Fixation	Moment à l'encastrement [kNm]	Effort en tête Pour h=8.5m [kN]	Effort en tête Pour h=10.5m [kN]	Diamètre des poteaux TPG						Poids pour h=8.5m [kg]	Poids pour h=10.5m [kg]
					D1 φ ext. [mm]	D1 φ int. [mm]	D2 φ ext. [mm]	D2 φ int. [mm]	D3 φ ext. [mm]	D3 φ int. [mm]		
II	Vissé	88	10.4	8.4	298.5	280.9	244.5	231.9	177.8	167.8	545	631
	Encastré										535	621
III	Vissé	106	12.5	10.1	323.9	307.9	244.5	230.3	193.7	182.9	563	810
	Encastré										562	821
IV	Vissé	143	16.8	13.6	368	352	298.5	284.3	219.1	207.9	579	826
	Encastré										579	698
SPECIAL	Vissé	170	20.0	16.2	406.4	386.4	323.9	307.9	244.5	230.3	796	1096
	Vissé	200	23.5	19.0								
	Vissé	250	29.4	23.8								
SPECIAL-SPECIAL	Vissé	400	47.1	38.1	406.4	200	323.9	160	244.5	125	1424	1912

Poteau type :



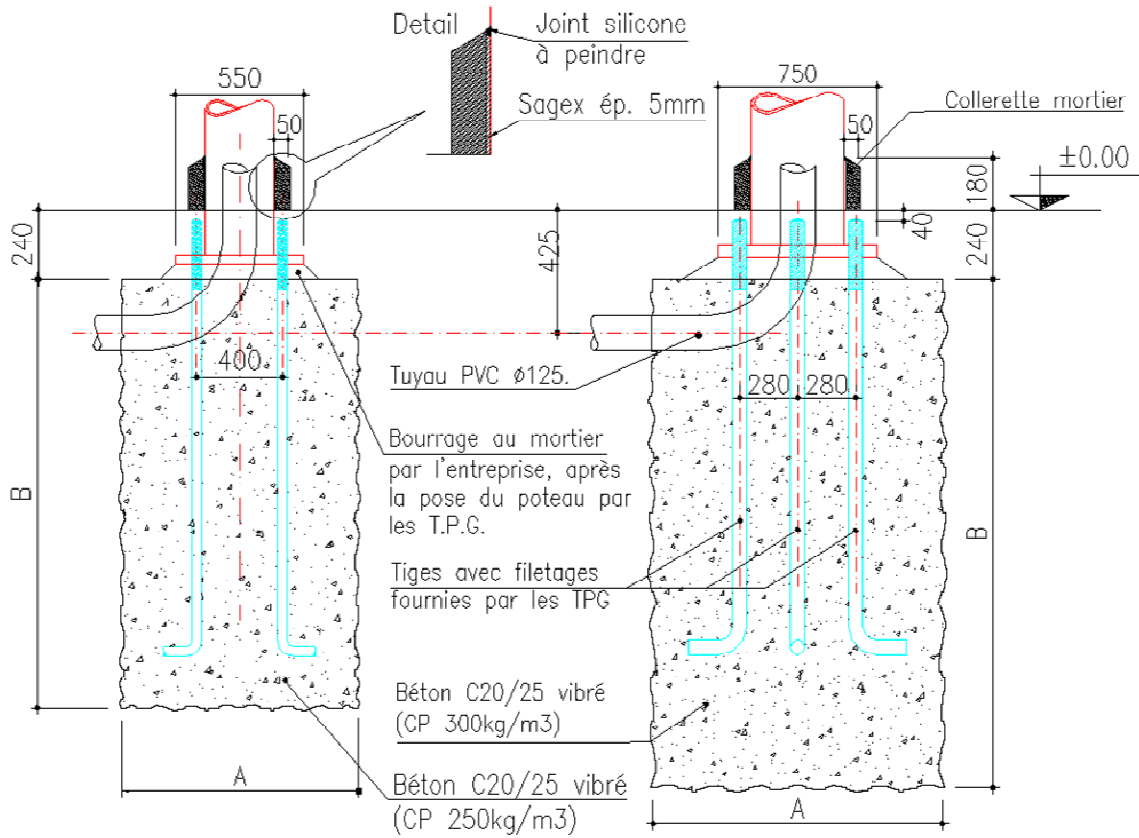
Important : La première étape doit être coulée en une seule fois contre terre. Si cela n'est pas possible l'entreprise placera les fers de liaison et avertira le service de l'ingénierie des TPG.

DIMENSIONS [mm]		Type II	III	IV
Pour une résistance au sol de 3kg/cm2				
Charge: Moment en kNm.		88	106	143
Côté	A	1000	1100	1200
Profondeur socle	B	2000	2000	2300
Hauteur tuyau	C	1500	1500	1500
Axe sagex	D	1075	1075	1075
∅ Poteau	E	298.5	323.9	368
∅ Tuyau ciment / Somo	F	400	400	500
∅ Collerette	G	400	420	470
Hauteur scellement	H	200	250	300
Hauteur collerette	L	150	150	150
Distance Axe Limite de propriété	M	210	230	260



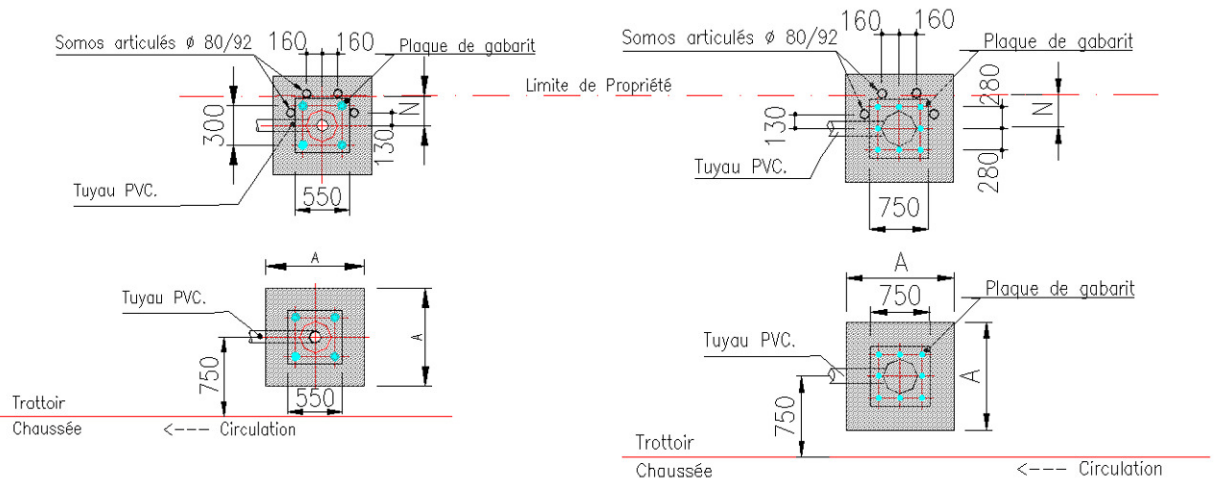
Directives techniques pour TRAM		section n° / page n°
Chapitre : 11.	Installation pour la traction électrique	11.4 / 3
Section : 11.4	LIGNE DE CONTACT ET SUPPORTS DE LA LIGNE DE CONTACT	
Article : 11.4.3	Socles poteaux vissés	Version : mai 2016

Poteau type : **II / III / IV / spéciaux** **spécial-spécial**



Important : La première étape doit être coulée en une seule fois contre terre. Si cela n'est pas possible l'entreprise placera les fers de liaison et avertira le service de l'ingénierie des TPG.

		DIMENSIONS						mm
Pour une résistance au sol de 3kg/cm ²		Type II	III	IV	SPECIAUX		SPECIAL-SPECIAL	
Charge: Moment en kNm.		88	106	143	170	200	250	400
Côté	A	1000	1100	1200	1300	1350	1450	2000
Profondeur socle	B	2000	2000	2300	2400	2500	2700	3300
Distance Axe Limite de propriété	N	300	300	300	300	300	300	300

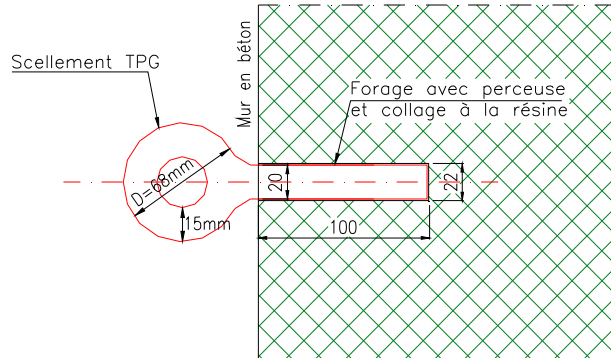


Directives techniques pour TRAM		section n° / page n°
Chapitre : 11.	Installation pour la traction électrique	11.4 / 4
Section : 11.4	LIGNE DE CONTACT ET SUPPORTS DE LA LIGNE DE CONTACT	
Article : 11.4.4	Ancrages des transversales	Version : mai 2016

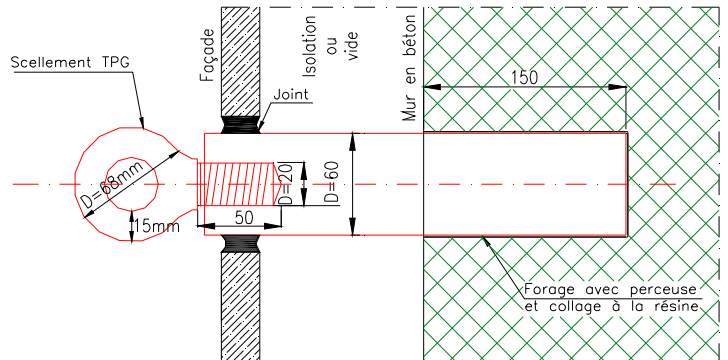
Divers types de scellement :

Pour les cas non standards, l'incidence de ces ancrages sur la structure du bâtiment doit être vérifiée par un ingénieur civil.

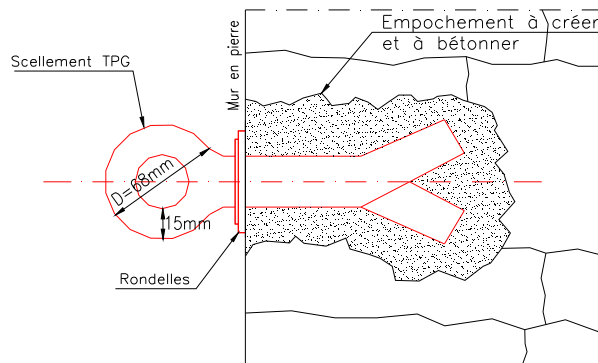
Dans un mur béton



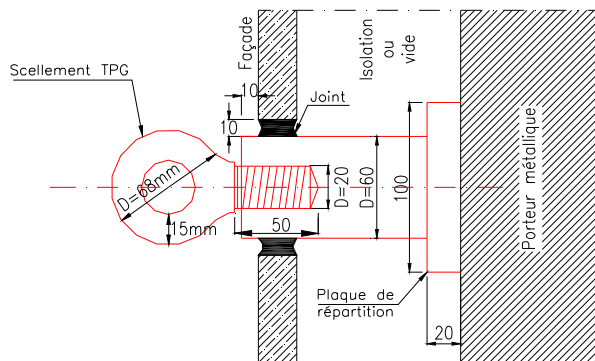
Dans un mur béton à travers façade



Dans un mur en maçonnerie de moellons



Sur un porteur métallique

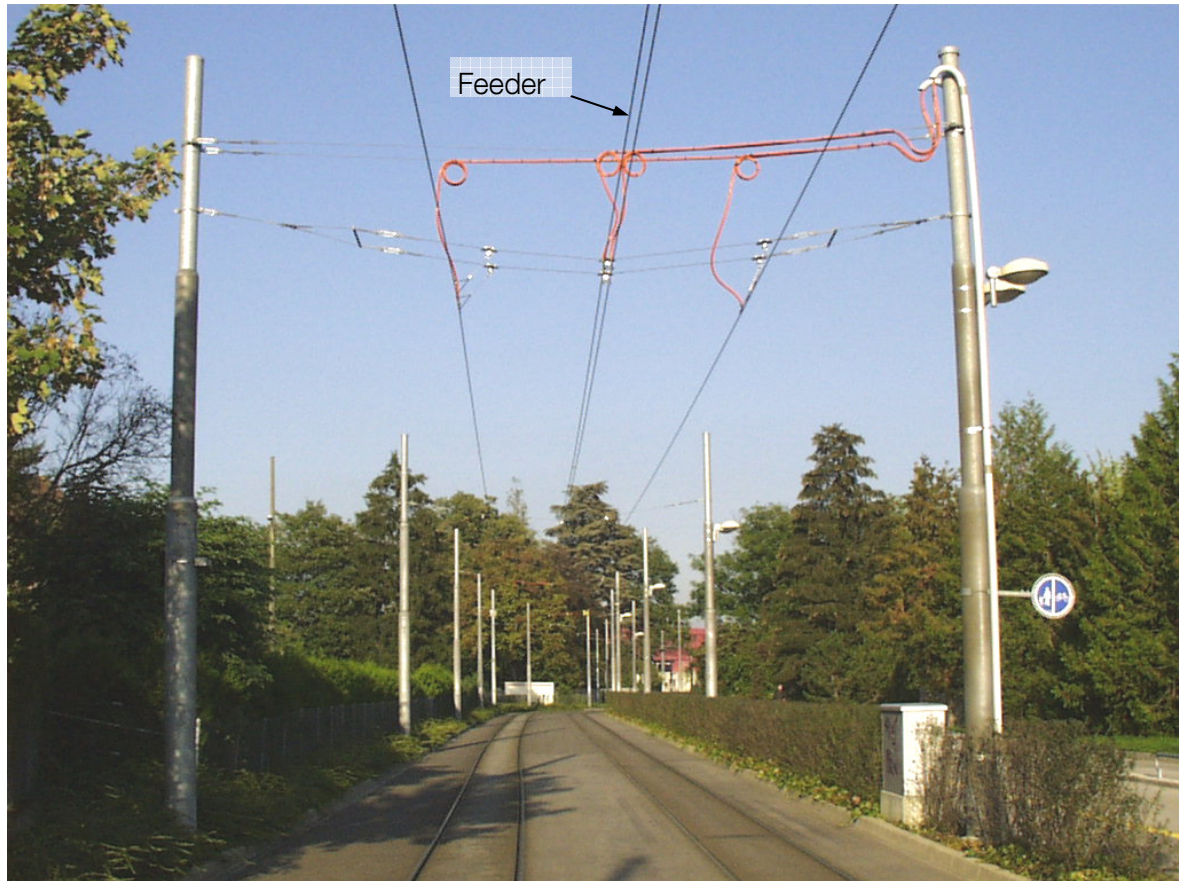


Selon les cas, des pièces spéciales peuvent être conçues par un façadier et validées par un ingénieur.

Directives techniques pour TRAM		section n° / page n°
Chapitre : 11. Installation pour la traction électrique		11.5 / 1
Section : 11.5 TYPES DE LIGNE DE CONTACT		Version : mai 2016
Article : 11.5.1 Préambule		

Les deux fils de contact proprement dit sont alimentés en parallèle par deux feeders avec lesquels ils sont reliés entre eux tous les 50m environ. Les fils de contact et les feeders sont alimentés par les sous-stations au moyen de câbles descendant dans des tubes le long des supports et, depuis le socle des supports, par des câbles souterrains.

Les fils de contact et les feeders sont reliés selon la même logique que les rails (voir 11.3.3).

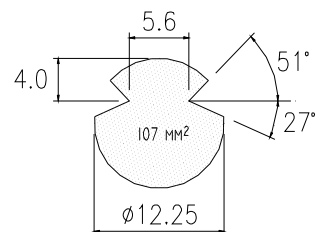


Ligne de contact : Hauteur du fil de contact : Tramway 5,60m
Trolleybus 5,80m } Valeurs standards

Prescription OIEC : hauteur minimum 5,50m sauf dérogation.

Diamètre et profil du fil de contact et des feeders : 12,25mm

Section du fil : 107mm² type rainuré



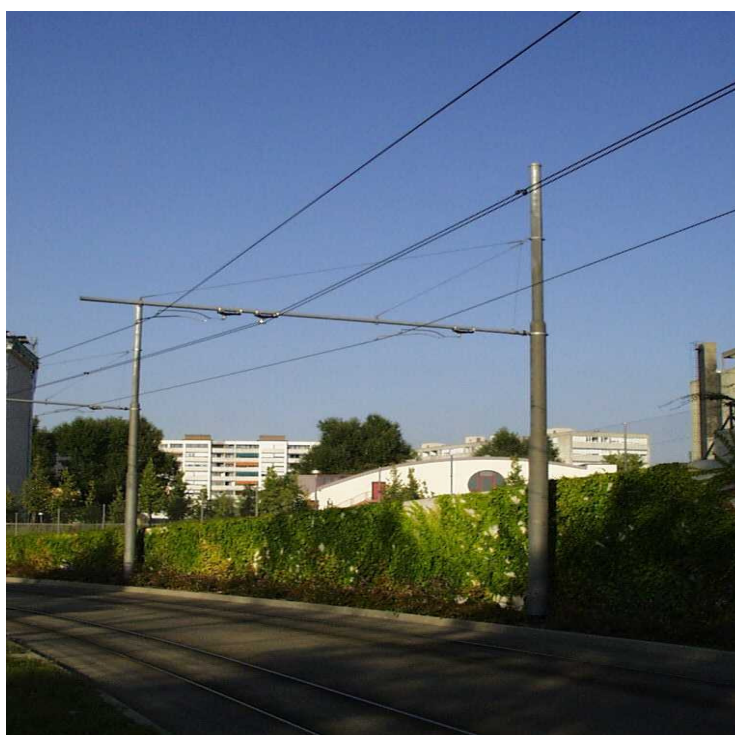
- 4 types de lignes de contact :
- a) ligne standard
 - b) ligne tendue
 - c) ligne rigide
 - d) exécutions spéciales pour des sites particuliers

Directives techniques pour TRAM	section n° / page n°
Chapitre : 11. Installation pour la traction électrique	11.5 / 2
Section : 11.5 TYPES DE LIGNE DE CONTACT	Version : mai 2016
Article : 11.5.2 Ligne standard	

Elle est constituée d'un fil de contact supporté tous les 20m environ par :

- des transversales fixées sur des supports ou des suspensions transversales aux façades des immeubles bordant la ligne,
- ou par des consoles en porte-à-faux sur une seule rangée de supports (simple ou double voie),
- ou par des consoles symétriques fixées sur des supports disposés dans l'entre voie.

Dans tous les cas on rencontre parallèlement aux fils de contact deux feeders avec lesquels ils sont reliés tous les 50m environ (voir schémas 11.5.2 page 3).

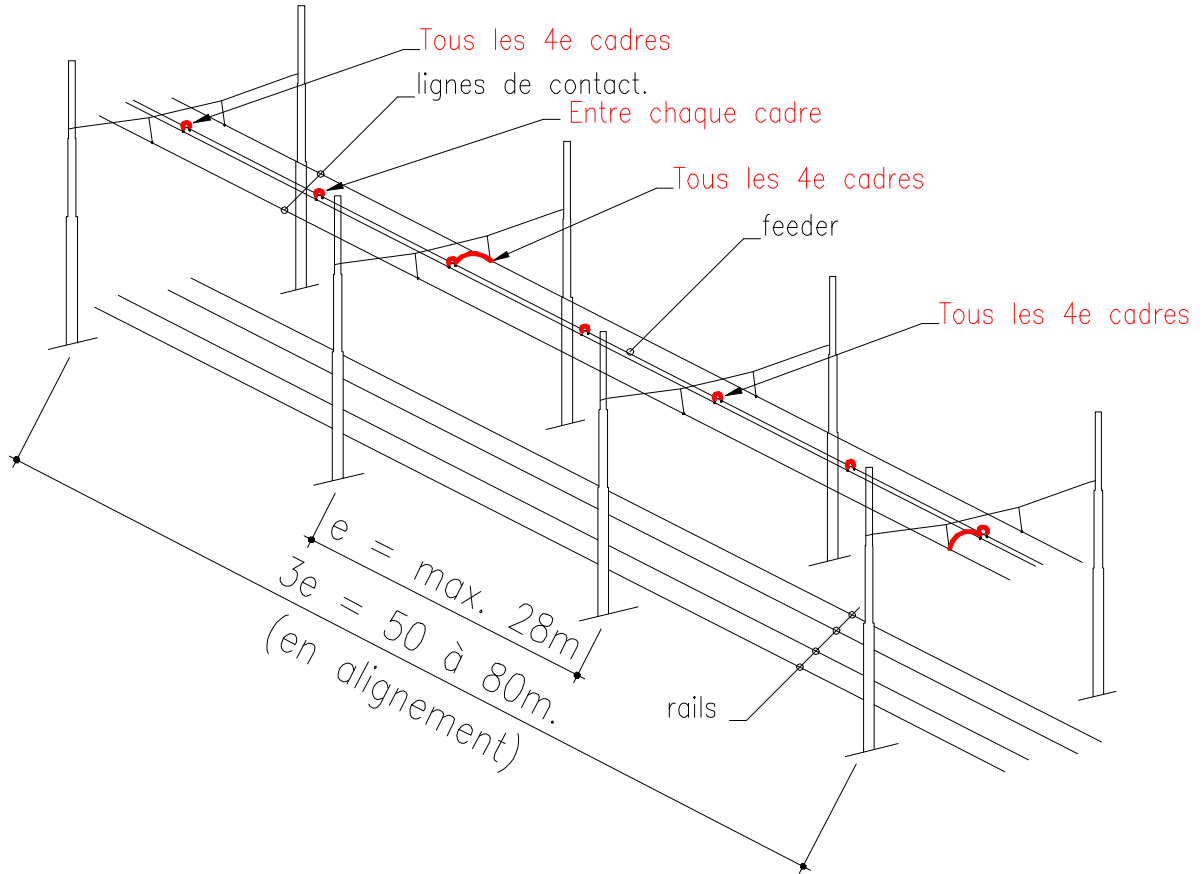


Sectionneur de ligne aérienne : pièce isolante de la ligne de contact séparant les différents secteurs du réseau 600 volts.

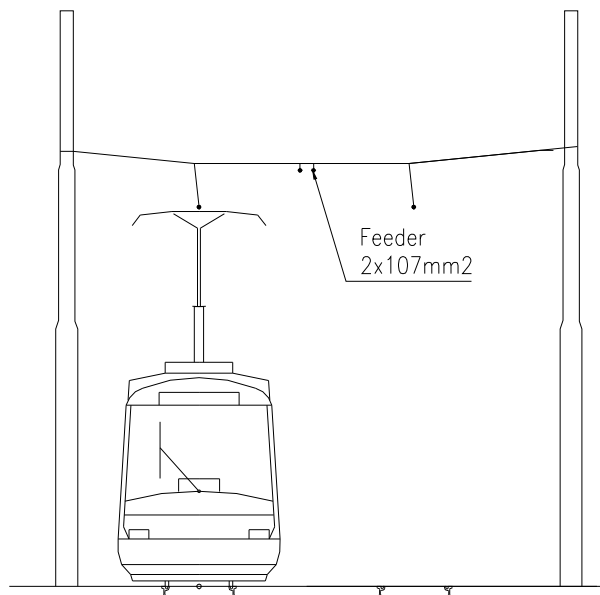


Directives techniques pour TRAM		section n° / page n°
Chapitre : 11.	Installation pour la traction électrique	11.5 / 3
Section : 11.5	TYPES DE LIGNE DE CONTACT	Version : mai 2016
Article : 11.5.2	Ligne standard (suite)	

Perspective schématique



Coupe schématique de principe



Directives techniques pour TRAM	section n° / page n°
Chapitre : 11. Installation pour la traction électrique	11.5 / 4
Section : 11.5 TYPES DE LIGNE DE CONTACT	Version : mai 2016
Article : 11.5.3 Ligne tendue	

Elle est constituée d'un fil de contact généralement supporté par une caténaire dans les zones de recouvrement des fils de contact. Elle est fixée comme la ligne standard. Aux extrémités du fil de contact, ce dernier est déporté par un système de poulies contre un support avec contrepoids assurant la tension constante du fil de contact, quel que soit ses variations de longueur sous l'effet des variations de température.



Directives techniques pour TRAM	section n° / page n°
Chapitre : 11. Installation pour la traction électrique	11.5 / 5
Section : 11.5 TYPES DE LIGNE DE CONTACT	Version : mai 2016
Article : 11.5.4 Exécutions spéciales	

Dans des sites particuliers, notamment pour des raisons architecturales, l'espacement des transversales (env. 20m dans la règle) peut être augmenté; le fil de contact est alors supporté par des structures en câbles tendus (exemples : pont de la Coulouvrenière à Genève). On peut aussi réaliser des structures architecturées en acier ou même en bois.



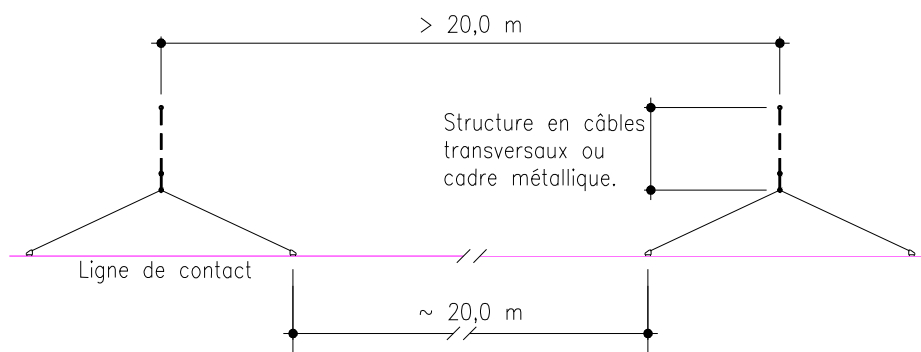
Pont de la Coulouvrenière



Pont de l'île

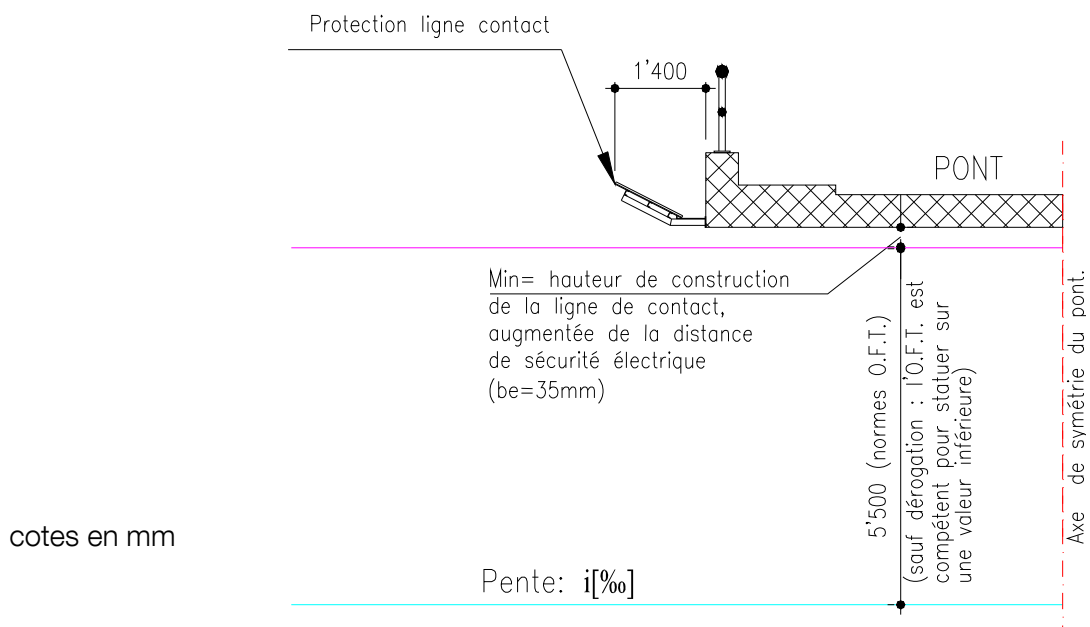
Route de Meyrin

Autre solution pour des supports avec des entraxes supérieures à 20m (exemple schématique):

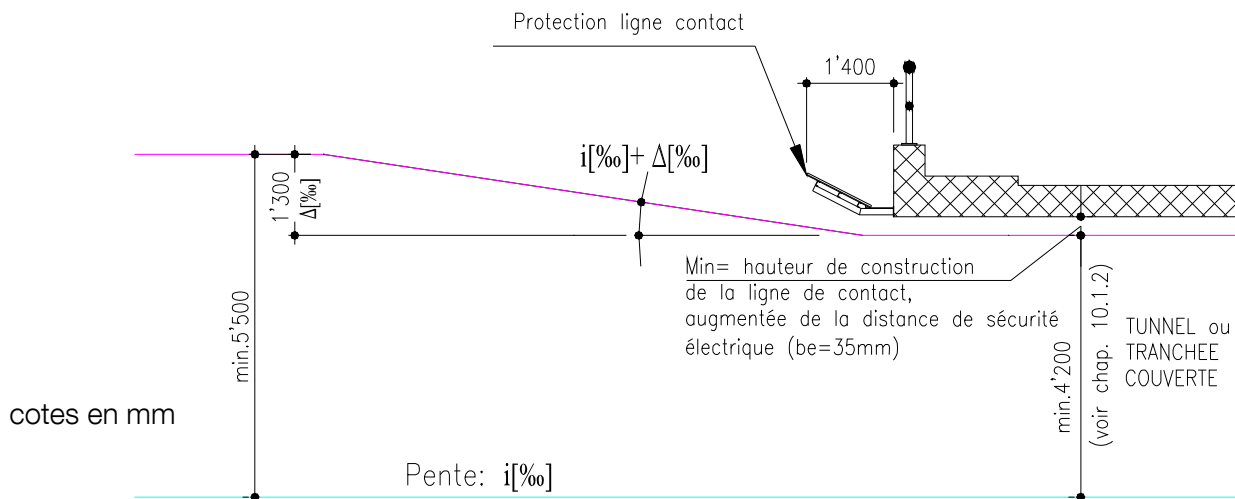


Directives techniques pour TRAM		section n° / page n°
Chapitre : 11.	Installation pour la traction électrique	11.6 / 1
Section : 11.6	LIGNE DE CONTACT DES VEHICULES SOUS UN OUVRAGE ET SYSTEME DE PROTECTION	Version : mai 2016
Article : 11.6.1	Transitions sous un ouvrage court et sous un ouvrage long	

Sous un pont (ouvrage court)



Sous une tranchée couverte ou un tunnel (ouvrages longs)

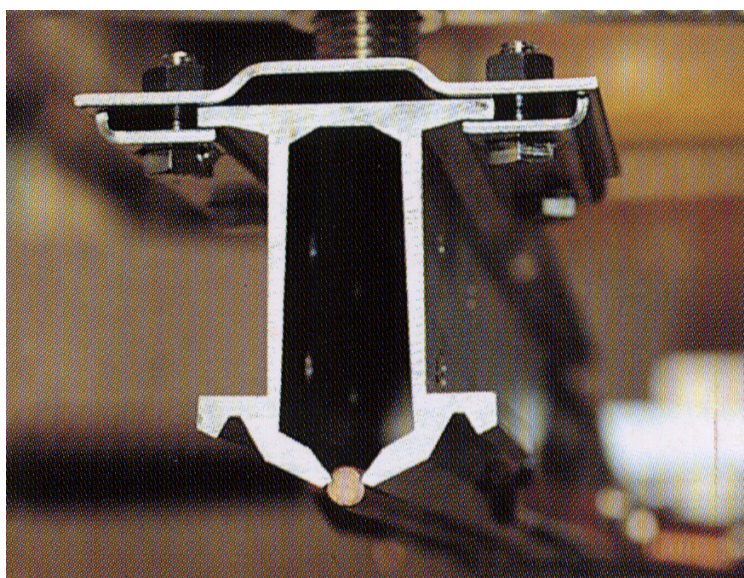
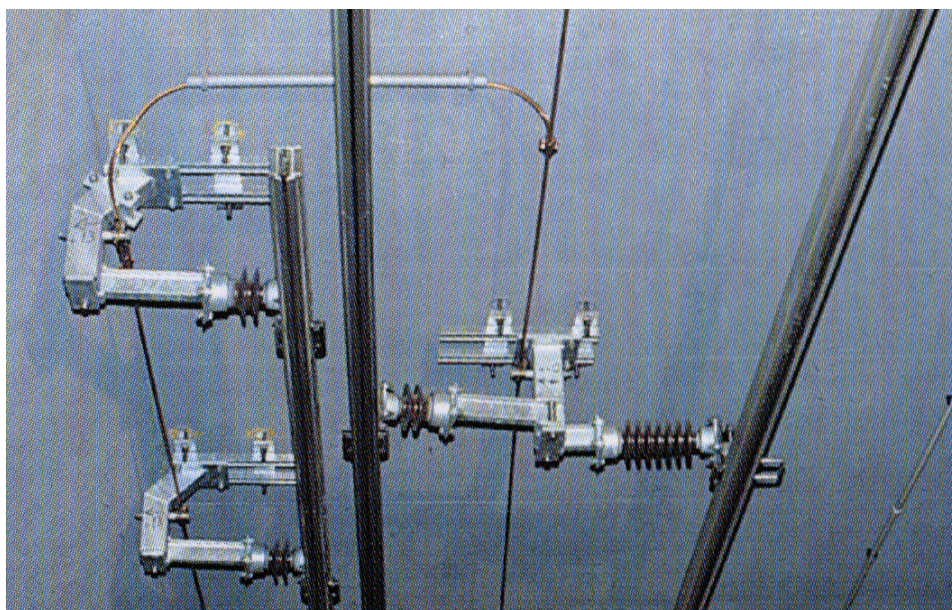


Vitesse de projet km/h.	Δ_{max} de pente du fil de contact en ‰
20	15
30	10
40	7.5
50	6
60	5
65	4.5

Remarque : Si le profil en long de la voie se modifie à la sortie de l'ouvrage, la ou plusieurs portées sont posées avec un Δ_{max} réduit de moitié pour éviter un choc du pantographe sur le fil (voir schéma trémie : 11.6.3).

Directives techniques pour TRAM		section n° / page n°
Chapitre : 11.	Installation pour la traction électrique	11.6 / 2
Section : 11.6	LIGNE DE CONTACT DES VEHICULES SOUS UN OUVRAGE ET SYSTEME DE PROTECTION	
Article : 11.6.2	Dans une tranchée couverte ou un tunnel (ouvrage long)	Version : mai 2016

Pour réduire la hauteur de l'ouvrage, on peut remplacer le fil suspendu par un fil inséré dans un rail rigide fixé au plafond par l'intermédiaire d'une pièce isolante.



Ce type de fixation peut être utilisé dans les centres de maintenance ou sur des ouvrages existants de hauteur réduite.

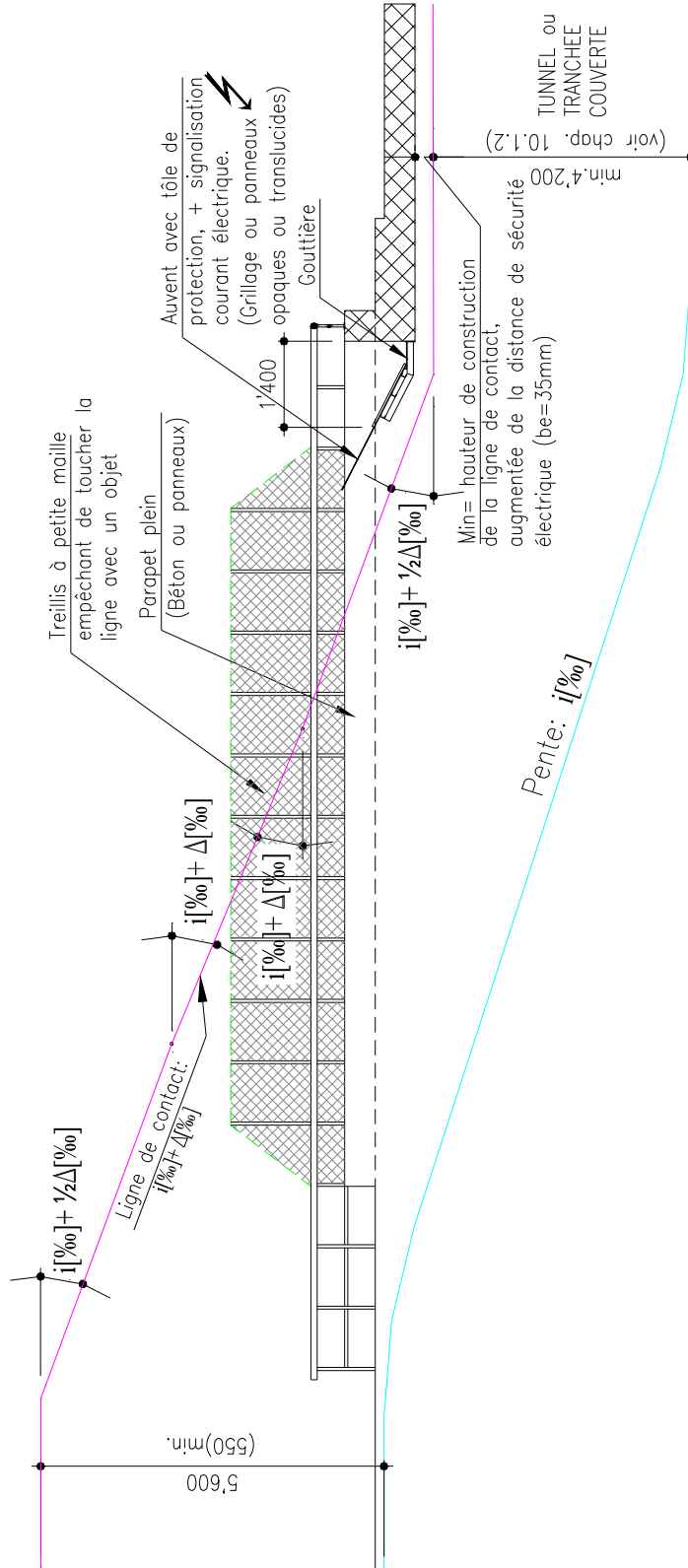
Voir également 10.1.2.

Chapitre : 11. Installation pour la traction électrique
 Section : 11.6 LIGNE DE CONTACT DES VEHICULES
 SOUS UN OUVRAGE ET SYSTEME DE PROTECTION
 Article : 11.6.3 Protection et tracé de la ligne
 de contact en trémie

11.6 / 3

Version : mai 2016

Coupe type sur trémie

Remarques :

Il faut éviter un changement trop brusque de la hauteur de la ligne de contact.

Le profil en long du fil de contact ne doit pas différer de plus de 20 % par rapport au profil en long de la ligne pour garantir un bon captage du courant.

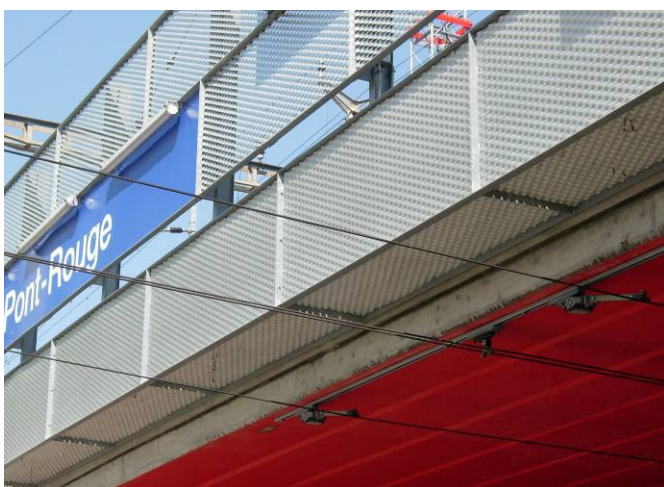
Voir également 11.6.1.

Directives techniques pour TRAM		section n° / page n°
Chapitre : 11.	Installation pour la traction électrique	11.6 / 4
Section : 11.6	LIGNE DE CONTACT DES VEHICULES SOUS UN OUVRAGE ET SYSTEME DE PROTECTION	
Article : 11.6.4	Protection de la ligne de contact pour trams ou trolleybus	Version : mai 2016

Autres exemples de protection empêchant de toucher le fil de contact avec un objet depuis un ouvrage:



Ligne de contact trolleybus



Ligne de contact tramway



Ligne de contact tramway

Directives techniques pour TRAM		section n° / page n°
Chapitre : 11.	Installation pour la traction électrique	11.7 / 1
Section :	11.7 Ligne de contact de trolleybus	
Article :		Version : mai 2016

- La ligne de contact alimentant les trolleybus est composée de deux fils, l'un d'eux garantissant le retour du courant (il remplace le rail assurant le retour du courant pour les trams). L'espacement des fils est de 70cm.
- La hauteur des fils de contact est de 5,80m (5,60m pour les trams).
Prescription OIEC : hauteur minimum 5,50m, sauf dérogation.
- Section du fil : 107mm².
- Les fils de contact sont en principe fixés élastiquement à des transversales qui sont ancrées comme pour les lignes de trams (voir 11.4.4).





- Le guidage des véhicules étant assuré par le chauffeur à son volant, des aiguillages de la ligne de contact télécommandés sont indispensables lorsque deux lignes divergent. La zone de commande de l'aiguille trolleybus est indiquée par un écran **A** suspendu.




Directives techniques pour TRAM		section n° / page n°
Chapitre : 11.	Installation pour la traction électrique	11.7 / 2
Section :	11.7 Ligne de contact de trolleybus (suite)	
Article :		Version : mai 2016


Des signaux lumineux suspendus aux transversales indiquent la direction de l'aiguillage trolleybus et son verrouillage lorsqu'un véhicule est engagé afin que le véhicule suivant ne puisse changer la position de l'aiguille avant que le premier trolleybus ne l'ait franchie.



 = aiguille verrouillée
 = position de l'aiguille

- Dans les zones de croisement avec une ligne de tram, la géométrie doit répondre à certaines règles pour que le pantographe ne puisse s'accrocher aux fils du trolleybus
- Des systèmes isolants sont nécessaires pour que le fil d'alimentation n'ait aucun contact avec les fils de retour des lignes croisées. Les zones sans courant sont indiquées par des écrans  suspendus.

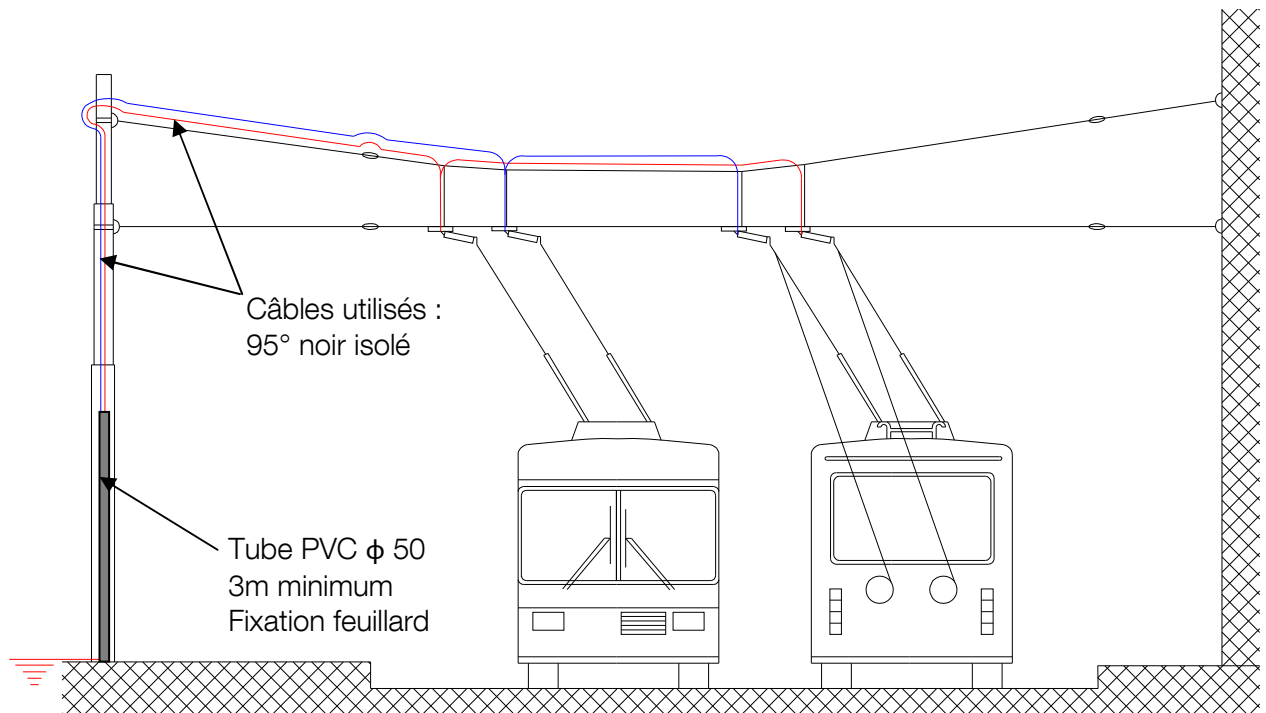


 = écran signalant la zone sans courant

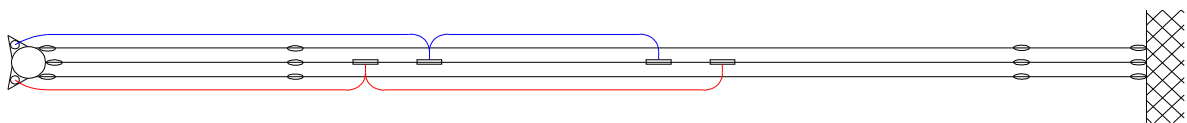
Directives techniques pour TRAM		section n° / page n°
Chapitre : 11.	Installation pour la traction électrique	11.7 / 3
Section :	11.7 Ligne de contact de trolleybus (suite)	
Article :		Version : mai 2016

Principe d'installation du parafoudre sur ligne de contact trolleybus

Coupe sur hauban



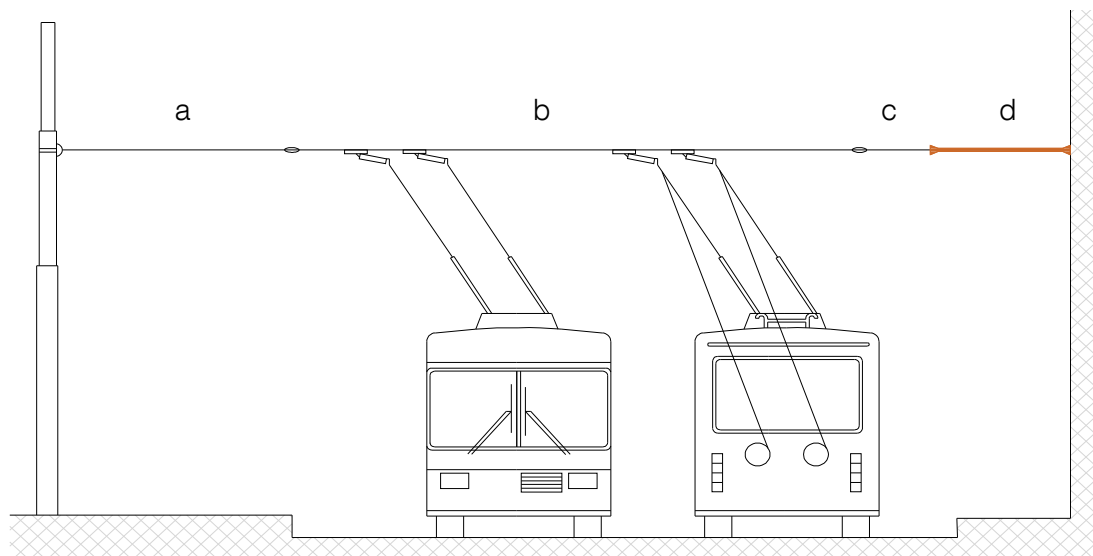
Vue de dessus



Directives techniques pour TRAM		section n° / page n°
Chapitre : 11. Installation pour la traction électrique		11.7 / 4
Section : 11.7 Ligne de contact de trolleybus (suite)		
Article :		Version : mai 2016

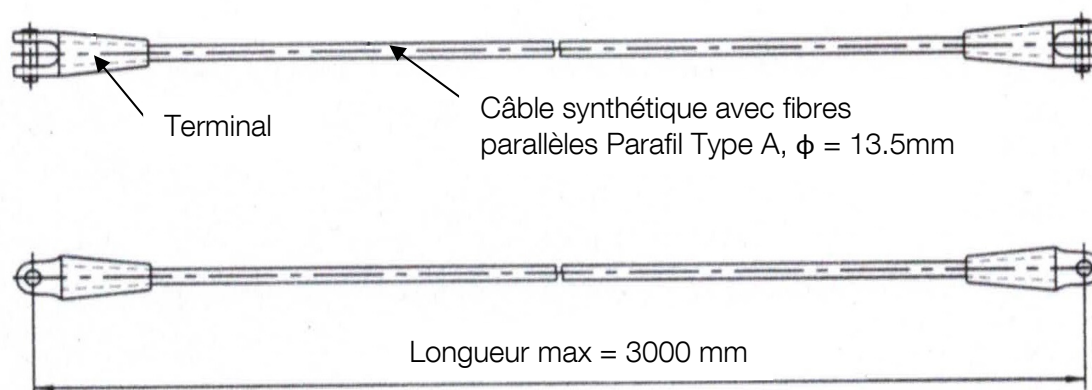
Sourdines isolées

Les sourdines isolées se posent uniquement sur les façades des bâtiments. Elles permettent de réduire les nuisances sonores.



Si la longueur de la sourdine est inférieure à 1800mm, une boucle isolante entre c et d est nécessaire. Si la longueur est supérieure à 1800mm, le Parafil remplace une boucle isolante.

Détail des sourdines



Directives techniques pour TRAM	section n° / page n°
Chapitre : 11. Installation pour la traction électrique	11.8 / 1
Section : 11.8 MISES A TERRE	Version : mai 2016
Article : 11.8.1 Concept et risques	

Concept de mise à la terre

Ce chapitre donne le concept de mise à la terre qui est à respecter dans la conception du tram. Un rapport plus précis et spécifique à chaque objet ou construction pourra ainsi être fait sur la base du présent concept dans le cadre de chaque projet de détail.

Ce concept spécifique à chaque réalisation devra présenter :

- le système de mise à terre retenu.
- l'analyse des risques.
- les éventuelles mesures spécifiques à prendre (par exemple en particulier pour les ouvrages d'art, les zones d'îlot galvanique, la présence d'éléments extérieurs spécifiques).

Système de mise à la terre

Les véhicules ferroviaires(châssis et carrosserie de tramways) sont à la terre rail.

Les équipements basse tension présents sur le périmètre du tram seront alimentés par deux sources:

- aux arrêts, par le réseau basse tension des services industriels
- en ligne, par le courant 600V de la ligne aérienne de contact (LA) pour les installations ferroviaires (comme les aiguillages).

Par conséquent, les équipements basse tension aux arrêts seront mis à la terre des services industriels (SIG ou TSI), alors que les véhicules et les éléments en ligne approvisionnés via la ligne de contact seront mis à la terre rail (TR). Ainsi, de part le mode d'alimentation choisi et le milieu urbain dans lequel évolue le tram, deux systèmes de mise à terre se côtoient.

Risques

Les risques à prendre en considération concernant la mise à terre sont les suivants:

1. choc électrique lorsqu'une personne touche simultanément 2 objets n'étant pas au même potentiel:
 - contact avec une partie sous tension (y compris en cas d'arrachage de la ligne de contact ou de chute d'objet sur celle-ci).
 - tension de contact : en cas de contact simultané avec deux terres distinctes.
2. interruption du circuit de retour de courant de traction entre le véhicule et la sous-station (conduirait à un défaut d'alimentation du tram et à une tension de contact des voies plus élevée).
3. corrosion par les courants vagabonds (partie du courant de traction retournant à la sous-station par un autre chemin que les conducteurs de retour prévus dans le système de traction).
4. protection des systèmes particuliers contre les courants vagabonds (station service, gazoducs, etc...).

Directives techniques pour TRAM		section n° / page n°
Chapitre : 11.	Installation pour la traction électrique	11.8 / 2
Section : 11.8	MISES A TERRE	Version : mai 2016
Article : 11.8.1	Concept et risques (suite)	

Mesures

- Contre les tensions de contact, les 3 types de mesures suivantes peuvent être prises:
 - écart: empêcher le contact simultané de deux surfaces conductrices n'ayant pas le même potentiel.
 - isolation: empêcher le contact avec une des parties conductrices.
 - liaison: relier électriquement les deux éléments afin de les mettre au même potentiel.
- Afin d'éviter une interruption du circuit de retour du courant, deux chemins distincts de retour de courant doivent être prévus du véhicule à la sous-station.
- Contre les courants vagabonds, les mesures suivantes peuvent être prises afin d'éviter le courant de retour de la traction dans les conducteurs prévus à cet effet (rails et câbles retour):
 - séparation consécutive de la terre rail des terres étrangères.
 - isolation des conducteurs de retour et des rails du milieu environnant.

Le diagramme ci-dessous montre le processus à appliquer à chaque objet métallique et à une terre étrangère se trouvant sur le périmètre du tram. Après avoir parcouru ce diagramme, les mesures à prendre pour chaque objet sont définies:

		L'objet en question se trouve dans l'espace LA? < 2m de l'axe de la voie plus proche	non	L'objet en question n'est pas dans l'espace LA? > 2m de l'axe de la voie plus proche		
		oui		oui		
Aucune mesure à prendre	oui	L'objet en question est une petite pièce ? selon EN 50122-1, ch. 6.3		L'objet en question a au minimum une distance de 1.75m par rapport à la terre rail (TR) ?	oui	Aucune mesure à prendre
		non		non		
		L'objet en question doit être mis à la terre rail (TR) et construit isolé des autres terres pour éviter des problèmes avec les courants vagabonds.		Soit l'objet en question doit être isolé (protection contre le toucher), soit l'objet en question doit être mis à la terre rail et isolé des autres terres.		

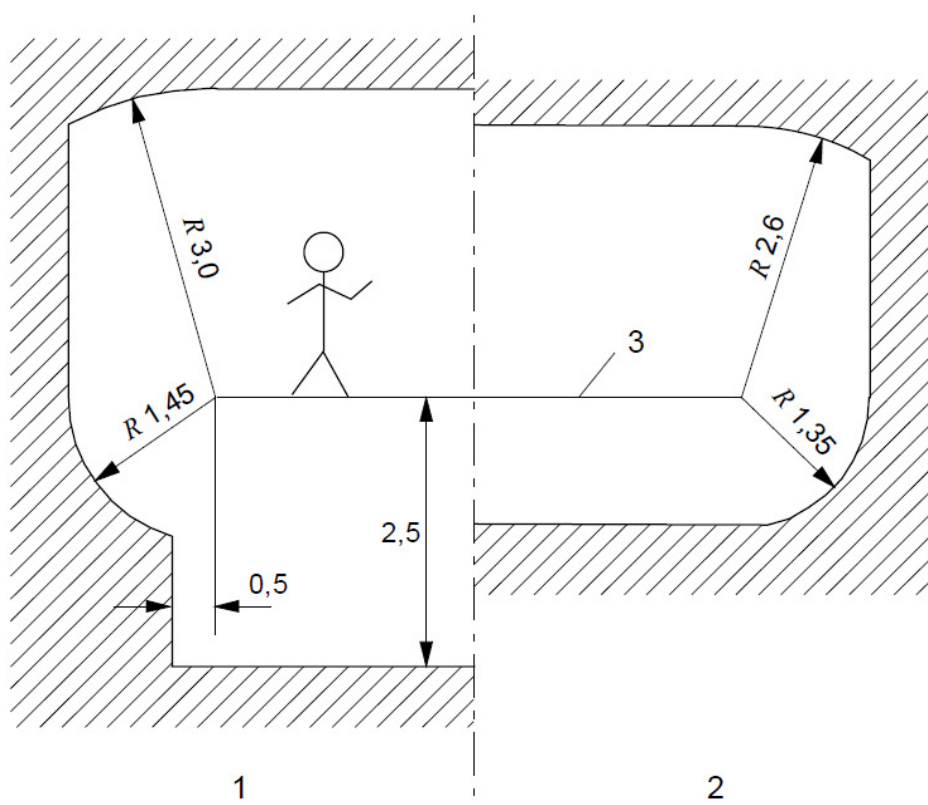
Remarque : Si on se trouve dans une courbe et en cas de rupture du fil de contact, il est possible que le fil qui tombe touche un mât. L'espace LA doit être agrandi à l'intérieur de la courbe.

Les mesures à prendre sont traduites graphiquement dans une série de dessins dans l'article suivant

Directives techniques pour TRAM	section n° / page n°
Chapitre : 11. Installation pour la traction électrique	11.8 / 3
Section : 11.8 MISES A TERRE	Version : mai 2016
Article : 11.8.2 Protection contre le toucher	

Afin d'éviter qu'une personne puisse entrer en contact avec une partie sous tension (y compris en cas d'arrachage ou de chute d'objet sur celle-ci), des obstacles ou des distances suffisantes doivent être mis en oeuvre. Les distances d'éloignement indiquées à la figure sont des valeurs minimales qui doivent être maintenues quelles que soient les températures et dans toute la plage des charges électriques et mécaniques des conducteurs. Cette protection n'est pas obligatoire si, bien que le contact soit possible avec des parties sous tension, d'autres mesures ont été prises pour garantir l'isolement par rapport à la source (obstacles).

Les aires de passage ou les quais utilisés pour la seule exécution de travaux sur ou au voisinage du système de ligne de contact ne sont pas inclus.



1. Zones accessibles au public
2. Zones non accessibles au public
3. Aire de passage

En cas d'intervention à proximité de la ligne de contact, les zones dangereuses et interdites sont définies dans le chapitre 13.4.1.

Directives techniques pour TRAM	section n° / page n°
Chapitre : 11. Installation pour la traction électrique	11.8 / 4
Section : 11.8 MISES A TERRE	Version : mai 2016
Article : 11.8.3 Protection par obstacle	

Si les distances d'éloignement indiquées au chapitre 11.8.2 ne peuvent pas être respectées, des obstacles doivent être mis en place pour assurer la protection contre les contacts directs avec les parties sous tension. La disposition de ces obstacles dépend de l'emplacement des aires de passage par rapport aux parties sous tension, de la tension nominale, de l'espace libre entre l'obstacle et les parties sous tension, et du statut de l'aire de passage, à savoir une zone accessible ou non au public.

Les dimensions des obstacles doivent être telles que les personnes se tenant sur l'aire de passage ne puissent toucher en ligne droite les parties sous tension.

Seuls des obstacles du type suivant peuvent être mis en œuvre :

- Écrans ou portes constitués d'un matériau massif
- Grillages avec mailles de moins de 900mm² (moins de 30mm de côté)

A l'intérieur de la zone d'influence de la ligne aérienne de contact et de la zone de captage du courant (voir 11.8.4 et 11.8.5), les obstacles doivent être non conducteurs et constitués d'écrans ou de portes en matériau massif. Les matériaux doivent être choisis de façon à ce qu'ils ne deviennent pas conducteurs ni suite aux effets probables de l'humidité, des rayonnements ultraviolets, d'une agression chimique ou de tout autre dommage environnemental, ni au contact de parties sous tension. On ne doit pas utiliser d'écrans grillagés en métal ou à revêtement plastifié.

Les obstacles doivent être construits de façon à empêcher tout contact fortuit (accidentel) des parties sous tension avec des parties du corps. Leur fixation doit être réalisée de façon fiable. Ils ne doivent pouvoir être enlevés qu'avec des outils.

Les obstacles doivent être installés de manière à garantir que la distance d'éloignement par rapport aux parties sous tension est maintenue. L'exemple ci-dessous illustre une protection par barrière.

Directives techniques pour TRAM		section n° / page n°
Chapitre : 11.	Installation pour la traction électrique	11.8 / 5
Section : 11.8	MISES A TERRE	Version : mai 2016
Article : 11.8.3 Protection par obstacle		

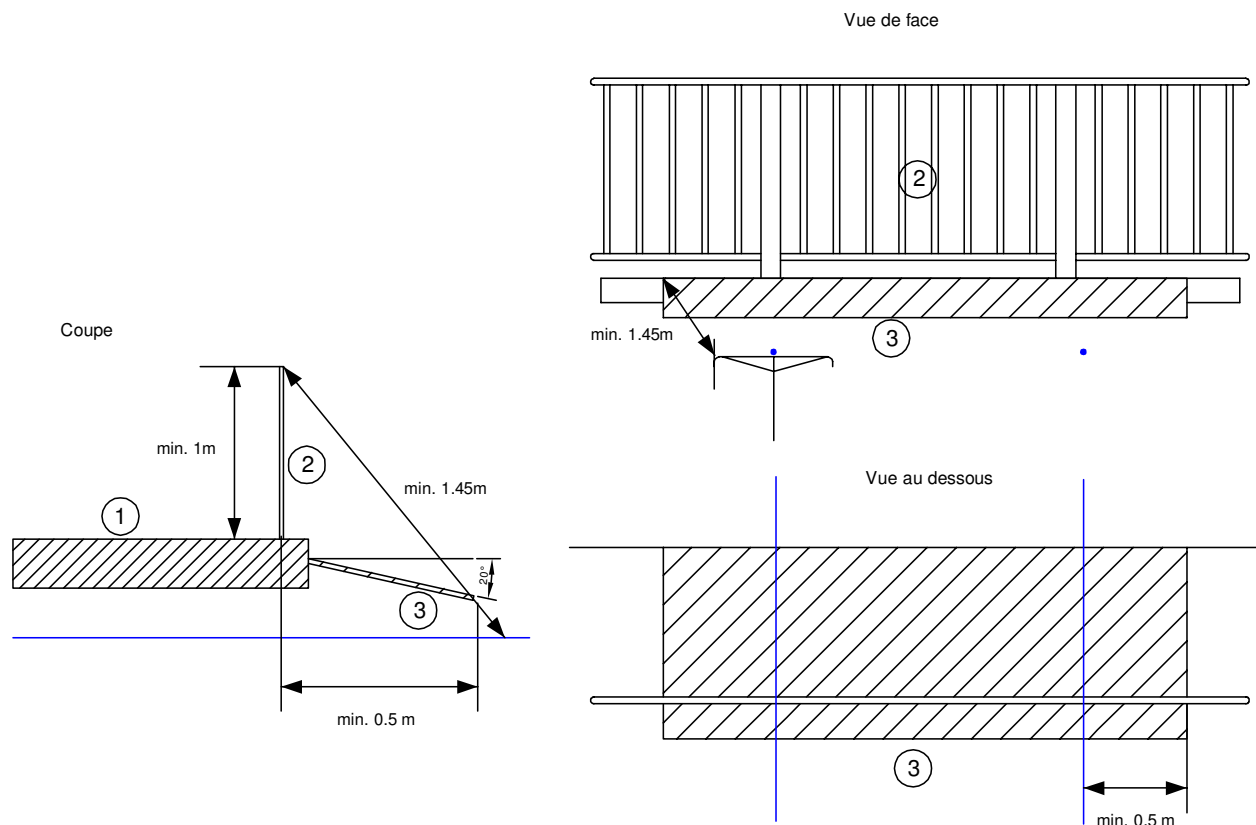


Schéma mise à terre, barrières de protections

1. chemin public.
2. barrière, grillage ou mur.
3. paroi sans trous.

Normes et lois à respecter :

1. OCF (Ordonnance sur les Chemins de fer) et ses dispositions d'exécution (DE-OCF) dans sa version actuellement en vigueur (1er juillet 2012).
2. Norme suisse SN-EN 50122-1 et 50122-2.
3. C3, *Richtlinie zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen* (directive C3 de la SGK pour la protection contre la corrosion provoquée par les courants vagabonds des installations à courant continu), Société suisse de protection contre la corrosion (SGK), mai 2011.
4. Ordonnance sur les installations électriques à courant fort, 20 janvier 1998.
5. Spécification technique CLC/FprTS 50562, CENELEC, janvier 2011.

Directives techniques pour TRAM		section n° / page n°
Chapitre : 11.	Installation pour la traction électrique	11.8 / 6
Section : 11.8	MISES A TERRE	Version : mai 2016
Article : 11.8.4	Zone d'influence de la ligne aérienne de contact	

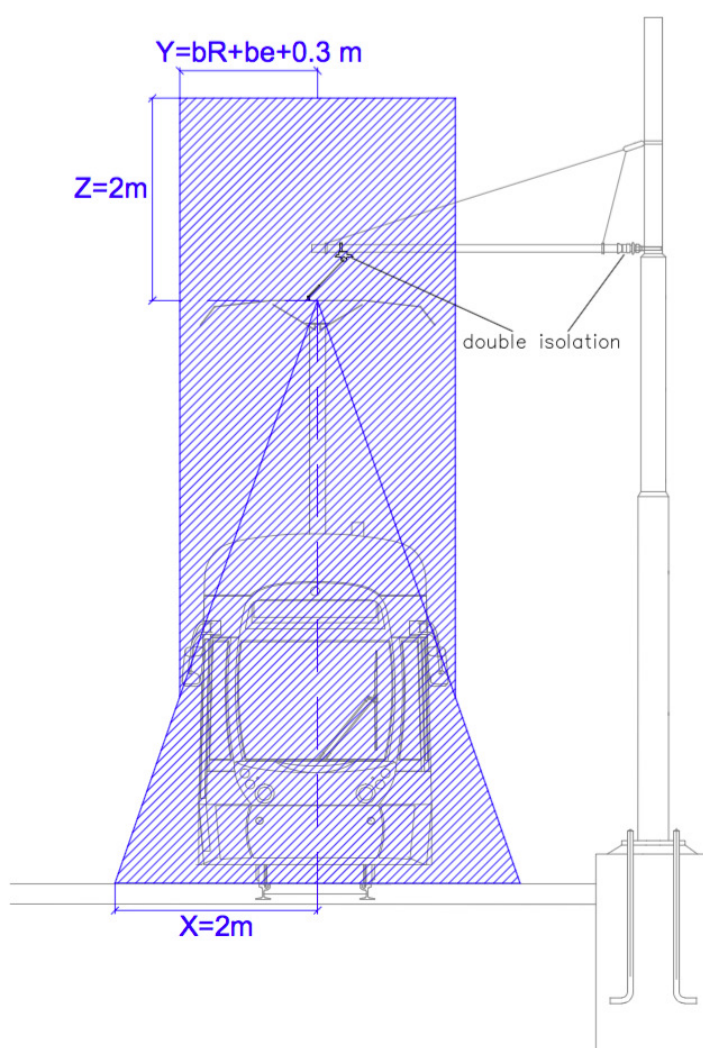
Une ligne aérienne de contact sous tension rompue ou des parties sous tension d'un organe de captage de courant brisé ou déraillé peuvent mettre accidentellement en contact des structures et des équipements qui deviennent alors sous tension. Les figures définissent les zones dans lesquelles un tel contact peut se produire. Ces zones sont définies pour des mesures de protection spécifiées et dont les limites ne sont en général pas franchies par une ligne aérienne de contact rompue ou par un organe sous tension de captage de courant déraillé ou brisé par ses débris.

Dans le cas où les lignes aériennes de contact quittent l'axe de la voie, la zone de la ligne aérienne de contact doit être étendue en conséquence.

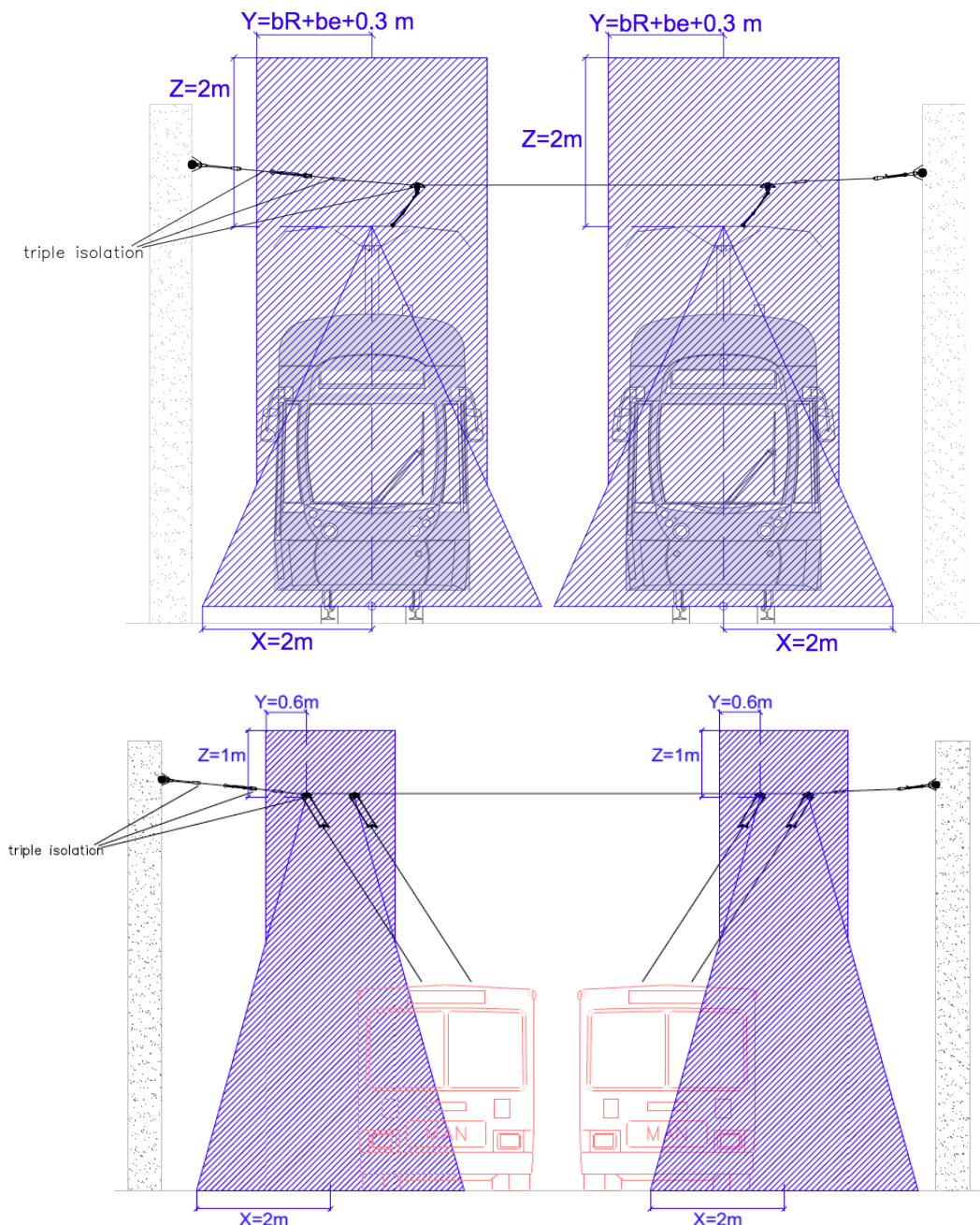
$X = 2\text{m}$ (basse tension)

$Y = bR + b_e + 0.3$ (où bR représente la demi-largeur du pantographe et b_e vaut 0.1m)

$Z = 2\text{m}$ (rames dotées du freinage par récupération)



Directives techniques pour TRAM		section n° / page n°
Chapitre : 11.	Installation pour la traction électrique	11.8 / 7
Section : 11.8	MISES A TERRE	Version : mai 2016
Article : 11.8.5	Zone d'influence de la ligne aérienne de contact : Type haubané	



Le système trolleybus est également relié à la terre-rail.

Règles à respecter à l'intérieur de la zone d'influence de la ligne de contact :

- Aucun objet métallique ne doit être mis à une autre terre que la terre rail.
- Dans la mesure du possible, il faut éviter de mettre en place des objets nécessitant une mise à terre dans ces zones.
- Si des objets métalliques nécessitant une mise à la terre doivent absolument se trouver dans ces zones, ils doivent être mis à la terre rail et isolés de la terre ouvrage respectivement SI (services industriels).

Directives techniques pour TRAM		section n° / page n°
Chapitre : 11.	Installation pour la traction électrique	11.8 / 8
Section : 11.8	MISES A TERRE	Version : mai 2016
Article : 11.8.6	Zone d'influence de la ligne aérienne de contact : Eléments conducteurs à l'intérieur de zone	

Les parties conductrices accessibles de l'alimentation de traction et de l'alimentation non destinée à la traction situées dans la zone de la ligne de contact ou la zone de captage du courant, et qui ne sont pas isolées de la terre ne doivent pas être reliées directement au circuit de retour en raison des effets de la corrosion due aux courants vagabonds, voir les solutions proposées au chapitre 11.9.1.

Les mâts (LC ou signaux) qui n'empiètent pas sur la zone d'influence de la ligne de contact ne sont pas liés à la terre. Ils possèdent un potentiel flottant. Les exceptions qui suivent sont autorisées, à condition que tous les risques de chocs électriques soient pris en compte et réduits à des niveaux acceptables tels que définis dans les réglementations nationales (NIBT).

- Il n'est pas nécessaire de mettre à la terre ou de relier au circuit de retour les supports, y compris les mâts pour les systèmes de lignes aériennes de contact, si l'isolation de la ligne aérienne de contact est double ou renforcée. Les instructions et procédures de maintenance doivent stipuler que des isolateurs défectueux ou shuntés par des objets ou des matériaux étrangers à l'installation doivent être remis en état rapidement pour éviter que la structure ne soit sous tension et dangereuse à cause d'un isolateur défaillant.
- Dans un réseau à basse tension en courant continu, si les supports de la ligne aérienne de contact sont, contrairement aux indications données précédemment, connectés au circuit de retour, les supports doivent être isolés de la terre. L'isolation doit être vérifiée par des mesures.
- Dans le cas d'éléments conducteurs de petites dimensions, il n'est pas nécessaire de prendre des mesures de protection, à condition que les conditions suivantes soient satisfaites :
 - l'élément ne supporte ou ne contient aucun appareil électrique, ou ne contient que des appareils électriques conformes à la Classe II
 - une personne s'en approchant depuis n'importe quelle direction peut voir si un conducteur sous tension est en contact avec l'élément
 - la dimension maximale de l'élément - parallèlement à la voie - est 15m
 - la dimension maximale de l'élément - horizontalement, perpendiculaire à la voie - est 2m

La distance minimale entre deux ou plusieurs petits éléments conducteurs doit être supérieure à la distance d'isolement électrique indiquée dans l'EN 50119 (100mm en statique et 50mm en dynamique). L'isolation électrique entre ces éléments doit être garantie.

Directives techniques pour TRAM		section n° / page n°
Chapitre : 11.	Installation pour la traction électrique	11.8 / 9
Section : 11.8	MISES A TERRE	Version : mai 2016
Article : 11.8.6	Zone d'influence de la ligne aérienne de contact : Eléments conducteurs à l'intérieur de zone (suite)	

Les armatures métalliques des structures en béton doivent être traitées de la même manière que les structures métalliques à l'exception de celles pour lesquelles les deux conditions suivantes s'appliquent:

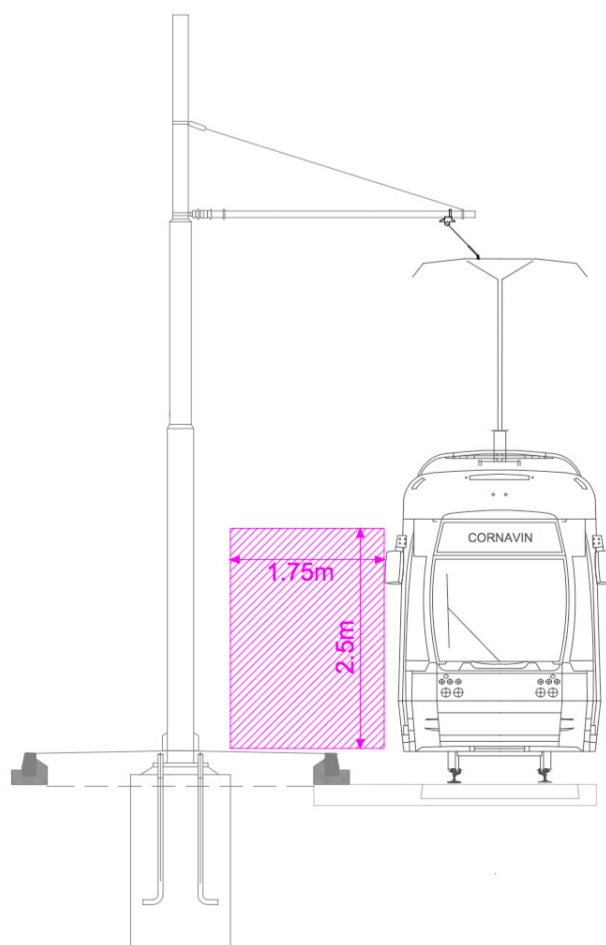
- Il n'est pas possible que la structure transfère un potentiel dangereux depuis l'emplacement d'un défaut
- La probabilité de contact avec une partie sous tension est si faible que l'on accepte le risque que le système de ligne aérienne de contact ou la structure puisse être endommagée si le défaut n'est pas supprimé suffisamment rapidement.

Les gaines métalliques, armures ou blindages de câbles d'alimentation de traction en courant continu doivent être isolés par rapport à la terre s'ils sont reliés au circuit de retour. Si des gaines métalliques, armures ou blindages de câbles d'alimentation de traction en courant continu ne sont pas isolés par rapport à la terre, des mesures doivent alors être appliquées pour protéger les personnes contre les tensions de contact élevées inadmissibles. Les mesures doivent être appliquées pour éviter un échauffement excessif des gaines métalliques, armures ou blindages de câbles d'alimentation de traction en courant continu par le courant qui y circule.

Dans un dépôt, les éléments basse tension comme la climatisation, la ventilation ou des installations électriquement conductrices traversant la zone d'influence du pantographe doivent absolument être isolés ou protégés par un obstacle.

Directives techniques pour TRAM		section n° / page n°
Chapitre : 11.	Installation pour la traction électrique	11.8 / 10
Section : 11.8	MISES A TERRE	Version : mai 2016
Article : 11.8.7	Protection MALT: Protection par éloignement	

Aucune tension de contact dangereuse ne doit se produire dans le système de retour du courant de traction, ni en cas de rencontre de systèmes de mise à la terre. L'efficacité d'une séparation du conducteur de retour du courant par rapport à des systèmes de mise à la terre tiers doit pouvoir être vérifiée à tout moment. Les équipements conducteurs inférieurs à une hauteur de 2.5m au dessus de la surface de stationnement, ou distants de moins de 1.75m, sont considérés comme des équipements avec lesquels il est physiquement possible d'entrer en contact.

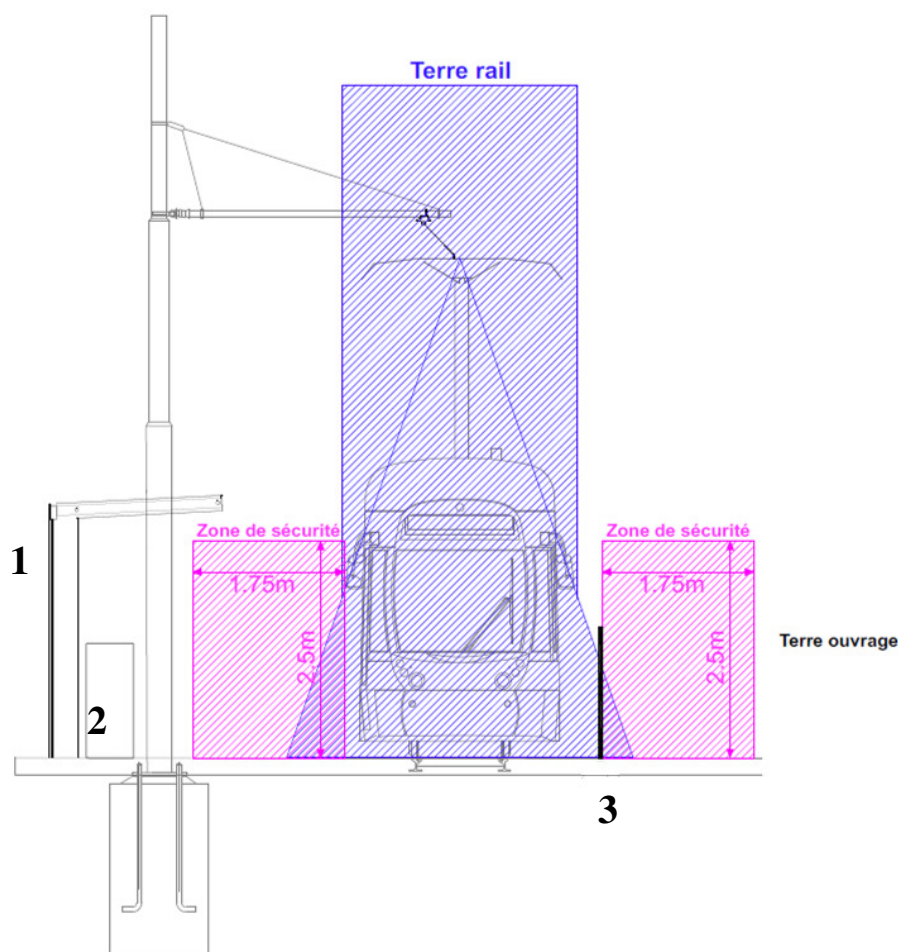


Ces distances doivent être respectées. Tout doit être mis en oeuvre pour empêcher totalement tout contact entre les différents systèmes de terre. Aux tpg, les installations doivent être conçues pour respecter les distances indiquées ci-dessus. Dans des cas particuliers où cela n'est pas possible, un court-circuiteur qui relie les différentes terres en cas de différence de potentiel doit être installé. Néanmoins, cette solution n'est à mettre en oeuvre qu'en cas d'absolue nécessité.

Directives techniques pour TRAM		section n° / page n°
Chapitre : 11.	Installation pour la traction électrique	11.8 / 11
Section : 11.8	MISES A TERRE	Version : mai 2016
Article : 11.8.7	Protection MALT: Protection par éloignement (suite)	

Un élément métallique nécessitant une mise à la terre qui empiète dans la zone d'influence de la ligne de contact doit être monté de façon isolante et être lié à la terre rail. Les distances de sécurité sont donc comptées à partir de cet élément. Cette situation n'est pas souhaitée et doit être évitée.

Dans l'exemple ci-dessous, l'abri et le mobilier de la station (**1** et **2**) respectent les distances de sécurité et peuvent être connectés à la terre des services industriels.



1 Constructions métalliques, armatures, etc. respectant les distances et qui peuvent être connectées à la terre ouvrage ou à la terre SI (services industriels).

2 Mobilier de la station (automate, éclairage, etc.) respectant les distances et connecté à la terre SI (services industriels).

3 Constructions métalliques dans la zone d'influence et devant être mis à la terre, les distances sont adaptées (ce cas est à éviter, voir chapitre 11.8.5).

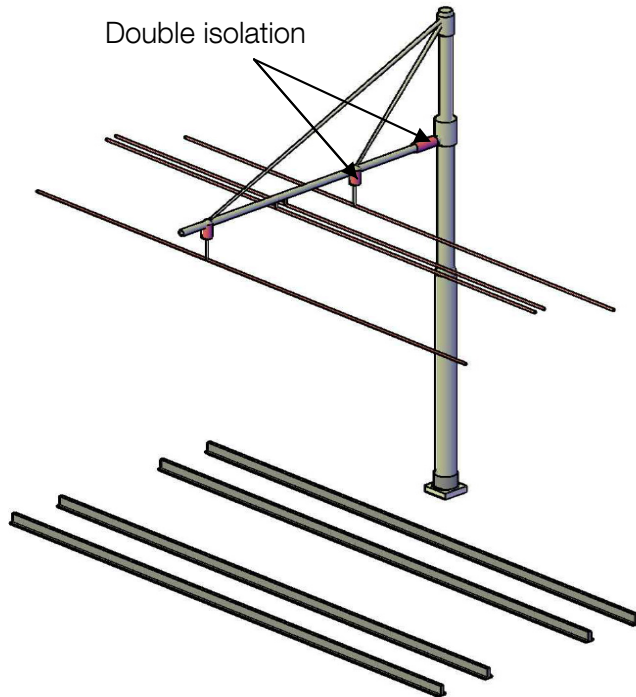
Remarques :

- Les abris des arrêts **1** situés en-dehors de la zone d'influence de la ligne de contact et dépourvus d'équipements électriques ne sont pas mis à la terre.

- Les éléments ou objets métalliques de petite dimension **3** dépourvus d'équipements électriques ne sont pas mis à la terre (voir chapitre 11.8.6).

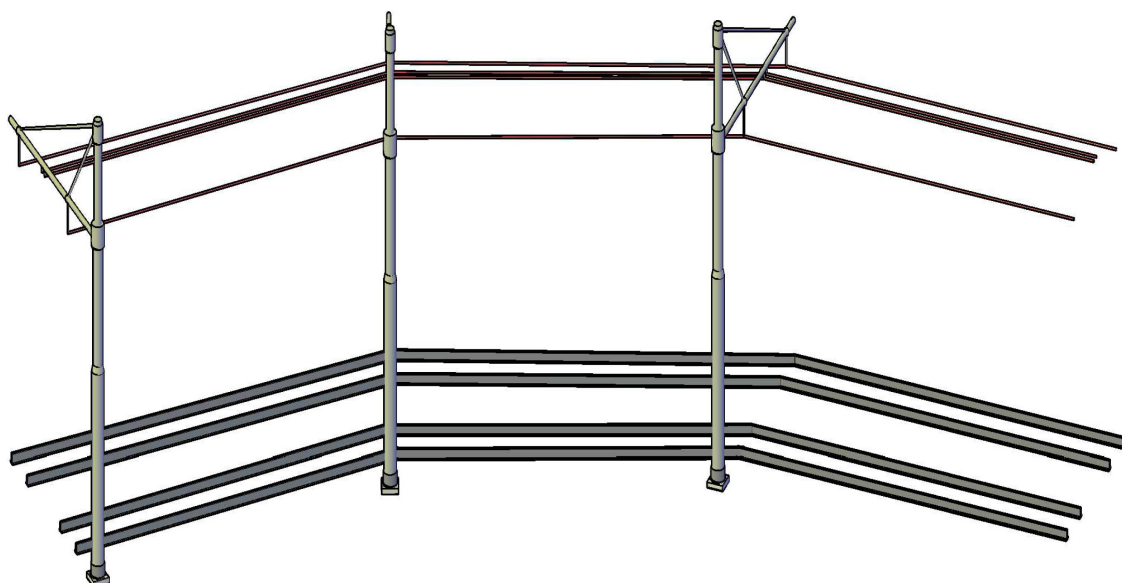
Directives techniques pour TRAM		section n° / page n°
Chapitre : 11.	Installation pour la traction électrique	11.8 / 12
Section : 11.8	MISES A TERRE	Version : mai 2016
Article : 11.8.8	Mâts, poteaux et jous	

Les mâts, les poteaux et les jous sont traités de la même manière. Si ces éléments empiètent sur la zone d'influence de la ligne de contact, ils doivent être montés de façon isolante et liés à la terre rail.

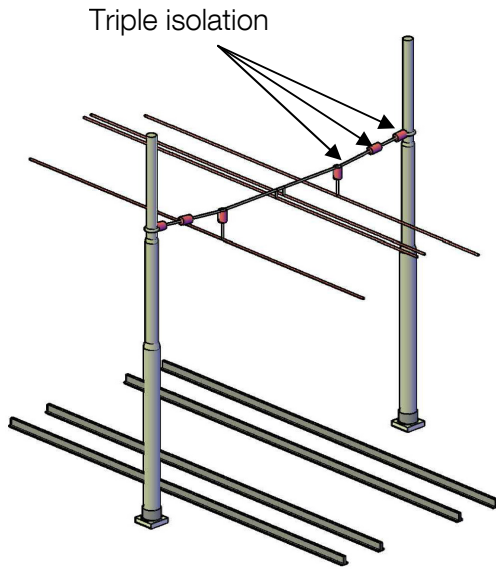


Si le mât n'empiète pas sur la zone d'influence de la ligne de contact. La console est montée de façon isolante par rapport au mât grâce à une double isolation. Le mât n'est pas relié à la terre rail.

Dans une courbe intérieure, le risque que le fil de contact rompu entre en contact avec le mât est élevé. Le mât doit alors être monté de façon isolante au niveau de sa fondation et lié à la terre rail. De plus, il doit être à une distance minimale de 1.75m des autres terres (SIG, ouvrage, etc.).

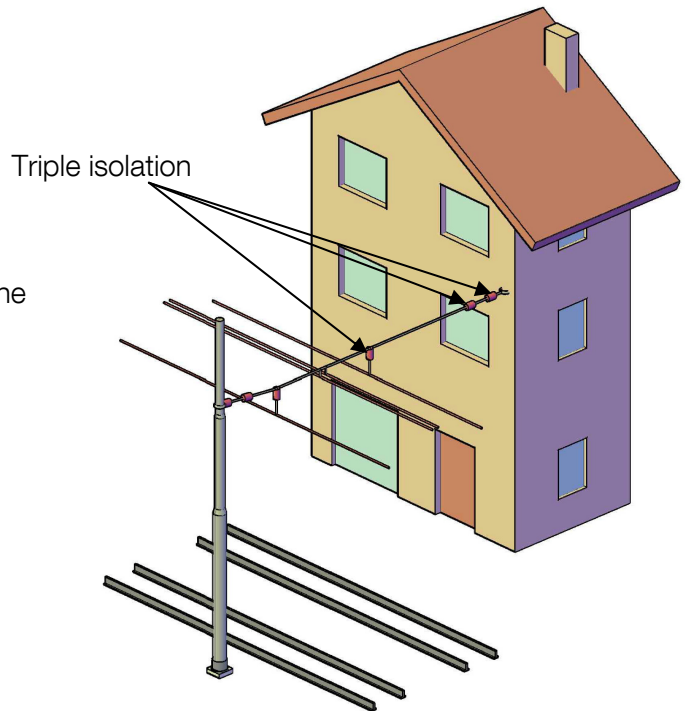


Directives techniques pour TRAM		section n° / page n°
Chapitre : 11.	Installation pour la traction électrique	11.8 / 13
Section : 11.8	MISES A TERRE	Version : mai 2016
Article : 11.8.8	Mâts, poteaux et jougs (suite)	



Si le mât n'empiète pas sur la zone d'influence de la ligne de contact. Le câble transversal est monté de façon isolante par rapport aux mâts grâce à une triple isolation. Le mât n'est pas relié à la terre rail.

Si le mât et le mur n'empiètent pas sur la zone d'influence de la ligne de contact. Le câble transversal est monté de façon isolante par rapport au mât et au mur grâce à une triple isolation. Le mât n'est pas relié à la terre rail.



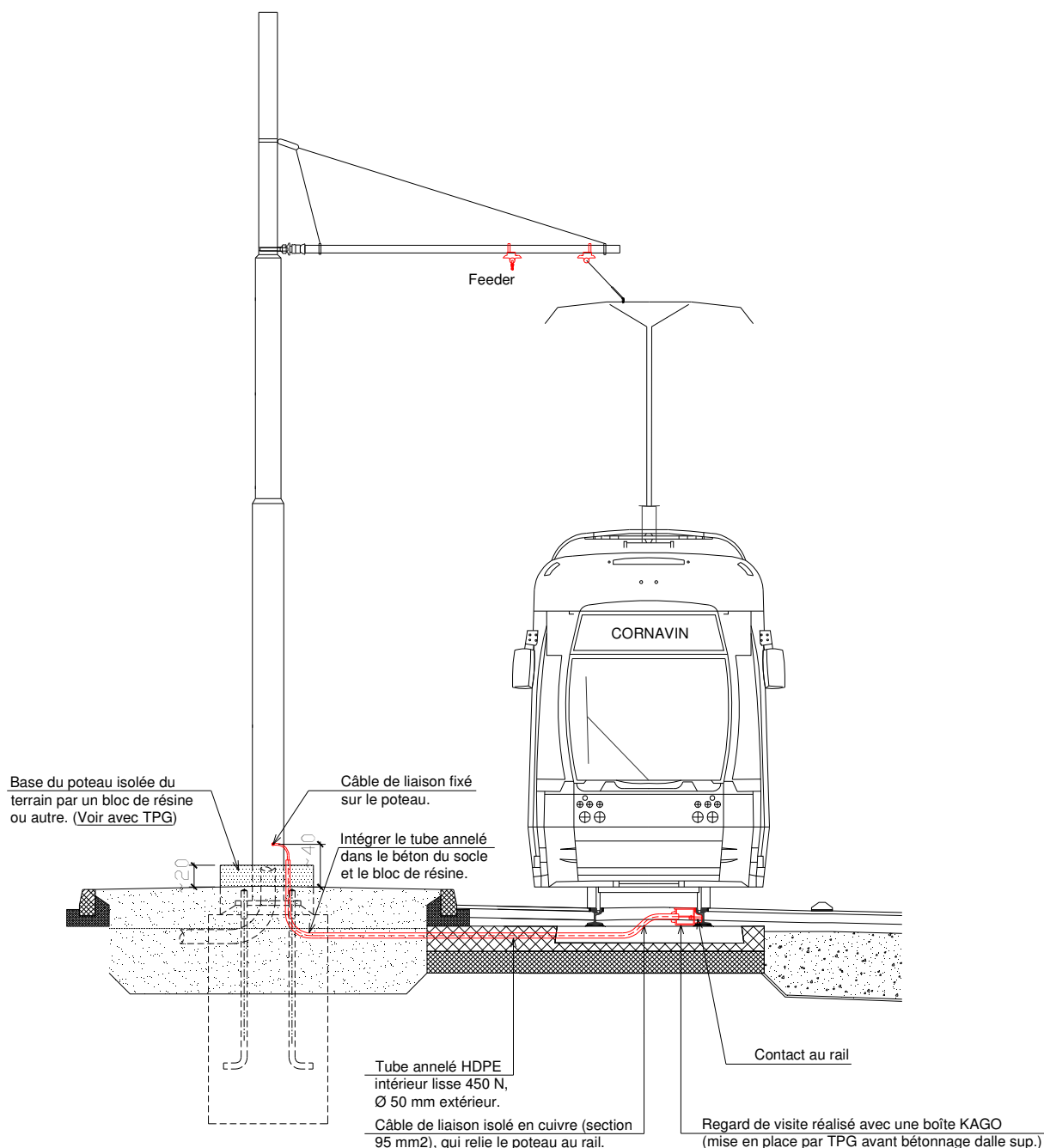
Si un câble (pour armoire d'alimentation, de pontage, IS, etc.) descend le long d'un mât, le mât doit être monté de façon isolante par rapport à la terre ouvrage et laissé flottant. Les descentes de câbles s'effectuent dans des gaines isolantes. (voir également chap. 11.3.6 Installation du parafoudre).

Si un mât n'empiète pas sur la zone d'influence de la ligne de contact mais que celui-ci se trouve sur une dalle ferrillée, il doit tout de même être monté de façon isolante afin de garantir qu'il n'entre pas en contact avec les ferrillages, respectivement la terre ouvrage.

Pour la distance minimale entre l'axe de la voie et les mâts, voir également les chapitres 5.3 et 5.4.

Mise à la terre rail des mâts

D'une manière générale, les mâts doivent être en dehors du cône de sécurité. Si dans un cas exceptionnel, le bord d'un mât est à moins de 2m de l'axe de la voie, il doit être isolé à l'aide de douilles et mis à la terre rail. Sa base doit être isolée du terrain naturel par un bloc de résine ou autre. (Voir avec TPG).

**Remarques :**

L'installation d'une mise à la terre-rail est réalisée dans son ensemble par le personnel qualifié et spécialisé des TPG à l'exception de l'isolation de la base du mât.

Directives techniques pour TRAM	section n° / page n°
Chapitre : 11. Installation pour la traction électrique	11.9 / 1
Section : 11.9 PROTECTION CONTRE LA CORROSION	Version : mai 2016
Article : 11.9.1 Les courants vagabonds	

Seuls les principes généraux sont traités dans ce chapitre.

Les installations doivent être planifiées et construites conformément à la norme SN EN 50122-2. Se référer également à la publication **C3** de la commission de corrosion de la **SGK** - Technoparkstrasse 1 - CH 8005 Zürich et à l'OCF.

Le retour du courant de traction ne doit ni déranger ni mettre en danger quoique ce soit.

Il faut accorder une attention particulière aux courants vagabonds produits par les chemins de fer à courant continu, en raison de leur effet corrosif.

Les principaux effets des courants vagabonds peuvent être la corrosion et l'endommagement subséquent des structures métalliques aux endroits où les courants vagabonds quittent les structures métalliques. Il existe également un risque de surchauffe, d'amorçage d'arc, d'incendie et les dangers qui en résultent pour les personnes et les équipements au sein et en dehors des systèmes de tramway et de trolleybus.

Afin de réduire les courants vagabonds générés par un réseau de traction à courant continu, le courant de retour de traction ne doit circuler dans la mesure du possible que par l'intermédiaire du circuit de retour prévu.

La résistance longitudinale des rails de roulement doit être faible. Les joints doivent donc être soudés ou raccordés par des connexions électriques de rails de faible résistance de sorte que la résistance longitudinale des rails n'augmente pas de plus de 5%. La conductance minimale admissible est 2.5 [S/km/voie].

La résistance longitudinale peut être réduite en utilisant des rails de plus grosse section et/ou des liaisons transversales entre les rails de roulement et/ou les voies lorsque les installations de sécurité ferroviaire le permettent.

Les câbles de retour raccordent les rails de roulement à la sous-station. Ils doivent avoir une gaine extérieure isolante afin d'empêcher l'entrée ou la sortie de courants vagabonds.

Pour réduire les courants vagabonds, aucune partie du circuit de retour ne doit avoir de connexions conductrices directes avec des installations, des composants ou des structures métalliques qui ne sont pas isolés de la terre. Si une liaison avec un circuit de retour est inévitable pour des raisons de protection contre les chocs électriques, des dispositions doivent être prises pour réduire les effets des courants vagabonds.

Celles-ci peuvent être par exemple :

- La liaison ouverte avec le circuit de retour, dans ce cas, le limiteur de tension doit satisfaire aux exigences indiquées dans l'EN 50122-1, annexe F
- L'isolation des équipements ou des composants connectés aux rails de roulement par rapport aux fondations ou composants qui sont mis à la terre
- L'isolation des armatures d'ouvrages par rapport à la terre

Directives techniques pour TRAM		section n° / page n°
Chapitre : 11.	Installation pour la traction électrique	11.9 / 2
Section : 11.9	PROTECTION CONTRE LA CORROSION	Version : mai 2016
Article : 11.9.1	Les courants vagabonds (suite)	

Les liaisons transversales de rail à rail, les barres, les liaisons transversales de voie à voie et les autres connexions susceptibles d'entrer en contact avec la terre doivent être isolées.

La sous-station doit être disposée de manière à empêcher la circulation du courant continu dans la terre de structure de la sous-station. Les risques de courants vagabonds concernant la mise à la terre des équipements due aux opérations de maintenance doivent être pris en considération. Les barres omnibus de retour dans les sous-stations et dans des installations identiques doivent être isolées des carcasses et de la terre des sous-stations. Lorsque cela est nécessaire pour des raisons de sécurité, un limiteur de tension (type O minimum) reliant la barre omnibus de retour et la terre doit être mis en œuvre conformément à l'EN 50122-1, annexe F. Une mesure de tension entre la barre omnibus (TR) et la terre ouvrage doit être réalisée.

Si les trolleybus et les tramways reçoivent leur énergie de traction de la même sous-station, l'un des fils de contact du trolley peut être relié au système à retour par la voie. Dans ce cas, on doit s'assurer que les mesures de protection de ces deux systèmes prises pour réduire les effets des courants vagabonds, sont toujours suffisantes. L'isolation des rails de roulement doit être coordonnée à d'autres mesures assurant que les tensions de contact inacceptables ne sont pas atteintes pendant le fonctionnement, dans le cas d'un court-circuit ou d'un défaut à la terre.

Dans une situation spéciale, il faut obligatoirement traiter le cas de manière spécifique. Voici quelques situations dans lesquelles il faut notamment être attentif :

Les conduites à gaz :

Prendre contact avec la commission fédérale pour la protection contre la corrosion SGK qui accompagne dans les traitements de ces cas spécifiques.

La SGK effectue des mesures et sur la base des résultats, définit les protections à mettre en œuvre. C'est pourquoi il est primordial de prendre contact avec la commission suffisamment tôt.

Carrefours routiers :

Chaque carrefour est différent et nécessite par conséquent une adaptation au niveau des mises à la terre.

Stations d'essence :

Des concepts de mise à terre sont à élaborer par des bureaux d'ingénieurs spécialisés. Une surisolation des rails avec de l'Edilon est souvent préconisée.

Ouvrages d'art :

Les ouvrages d'art comportent des spécificités en particulier au niveau de la protection de l'ouvrage contre les courants vagabonds et de la séparation des systèmes de terre. C'est pourquoi il est conseillé de prendre contact avec un bureau d'ingénieurs spécialisés connaissant la norme C3 pour traiter ces ouvrages.

Directives techniques pour TRAM		section n° / page n°
Chapitre : 11.	Installation pour la traction électrique	11.9 / 3
Section : 11.9	PROTECTION CONTRE LA CORROSION	Version : mai 2016
Article : 11.9.1	Les courants vagabonds (suite)	

La sécurité des personnes est prioritaire mais elle doit aussi prendre en compte les mesures nécessaires pour la protection contre la corrosion.

Principe :

Lorsque des lignes nouvelles sont projetées, il est conseillé de relever l'état de pollution électrique le long du tracé afin d'ajuster, si nécessaire, le mode de construction et de prévoir des revendications de tiers.

Les structures qui peuvent entrer en contact accidentel avec la ligne de contact ou la voie ne doivent pas être liées directement au réseau de terre des SIG.

La construction de nouvelles sous-stations peut provoquer la modification de fonctionnement de protections cathodiques existantes. Elles devront être signalées aux Services des Eaux et du Gaz, dès leur mise en service, pour permettre les ajustements nécessaires.

La présence d'équipotentiels différents aux arrêts nécessite le respect de distances de sécurité ou l'emploi de matériaux isolants (par exemple pour les distributeurs de billets, abris, panneaux publicitaires, etc., voir 11.8.1 et 11.8.7).

Ouvrages d'art :

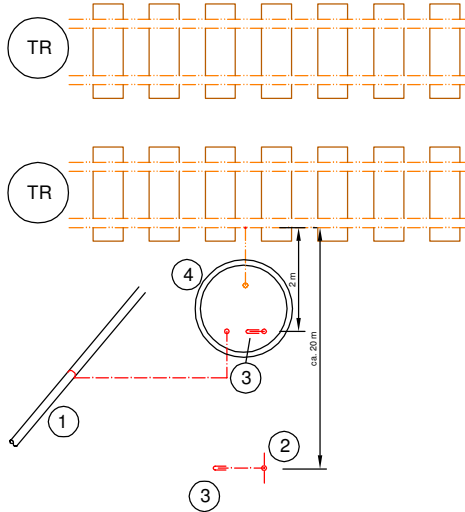
La présence de structures diverses (canalisations, câbles, barrières, ouvrages de protection des lignes de contact, pylône, etc.) nécessite une étude intégrale pour concilier les réglementations des différents intervenants. Cette étude est dans la règle confiée à un spécialiste en la matière.

Les cheminements des courants vagabonds sont fréquemment modifiés; un dispositif de surveillance devrait être installé dans les ouvrages d'art (témoins de corrosion installés lors de la construction avec inspection tous les 5 ans environ). L'analyse des résultats permet d'établir, le cas échéant, les dispositifs de sauvegarde à mettre en œuvre.

Les dispositifs parafoudre et les connections temporaires manuelles ou automatiques doivent être contrôlés périodiquement (contrôle de performance et tension de fonctionnement).

Directives techniques pour TRAM		section n° / page n°
Chapitre : 11.	Installation pour la traction électrique	11.9 / 4
Section : 11.9	PROTECTION CONTRE LA CORROSION	Version : mai 2016
Article : 11.9.1	Les courants vagabonds (suite)	

Exemple point de mesure contre les courants vagabonds :



1. canalisation à protéger.
2. point de mesure et point de raccordement.
3. électrode cuivre-sulfate mobile.
4. chambre béton diamètre 60cm.

Remarque : Les points de mesures sont faits par les services tiers concernés (SIG, gaz, etc.).

Schéma mise à terre, point de mesure

Directives techniques pour TRAM		section n° / page n°
Chapitre : 11.	Installation pour la traction électrique	11.10 / 1
Section :	11.10 Installation électrique non ferroviaire: éclairage public	
Article :		Version : mai 2016

Les installations électriques non ferroviaires à basse tension et de télécommunications ne peuvent être fixés à des supports (structures porteuses) de l'installation de la ligne de contact que si les deux gestionnaires de l'infrastructure ont signé une convention écrite pour la sécurité de l'exploitation et la maintenance.

Les corps d'éclairage non ferroviaires, ainsi que leurs conduites, qui sont suspendus à leurs propres câbles porteurs au-dessus des parties sous tension d'une installation de la ligne de contact, doivent être :

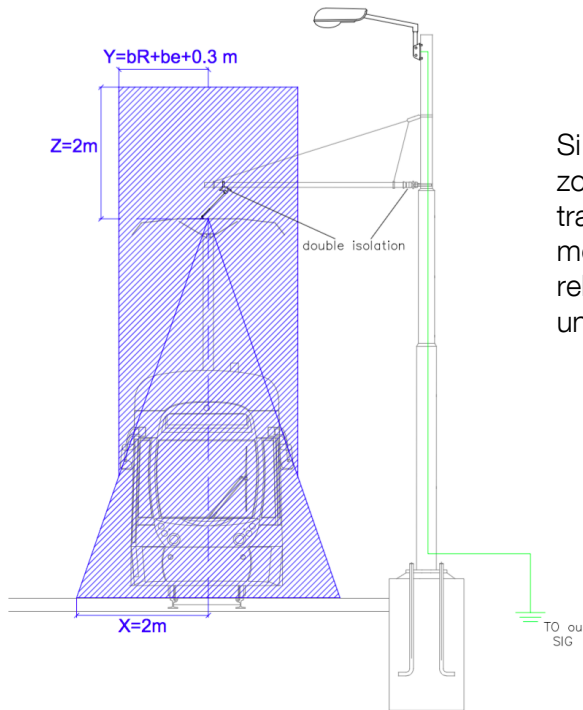
- Si des parties sous tension de l'installation de ligne de contact peuvent être touchées lorsque ces systèmes d'éclairage s'abaissent ou tombent
 - a. Dimensionnés et traités comme des éléments entrant dans la zone d'influence de la ligne aérienne de contact, ou
 - b. Alimentés par un transformateur de séparation monté en dehors de l'installation de la ligne de contact et séparé galvaniquement (le transformateur de séparation et ses raccordements doivent être conçus pour une surtension temporaire égale à la tension nominale de la ligne de contact)
- Si des parties sous tension de l'installation de ligne de contact ne peuvent pas être touchées lorsque ces systèmes d'éclairage s'abaissent ou tombent
 - a. Protéger contre les contacts indirects par coupure d'alimentation automatique, ou
 - b. Alimentés par un transformateur monté en dehors de l'installation de la ligne de contact et séparé galvaniquement.

Les câbles porteurs non ferroviaires, situés au-dessus de parties conductrices d'une installation de ligne de contact et qui ne font pas partie de celle-ci, doivent être

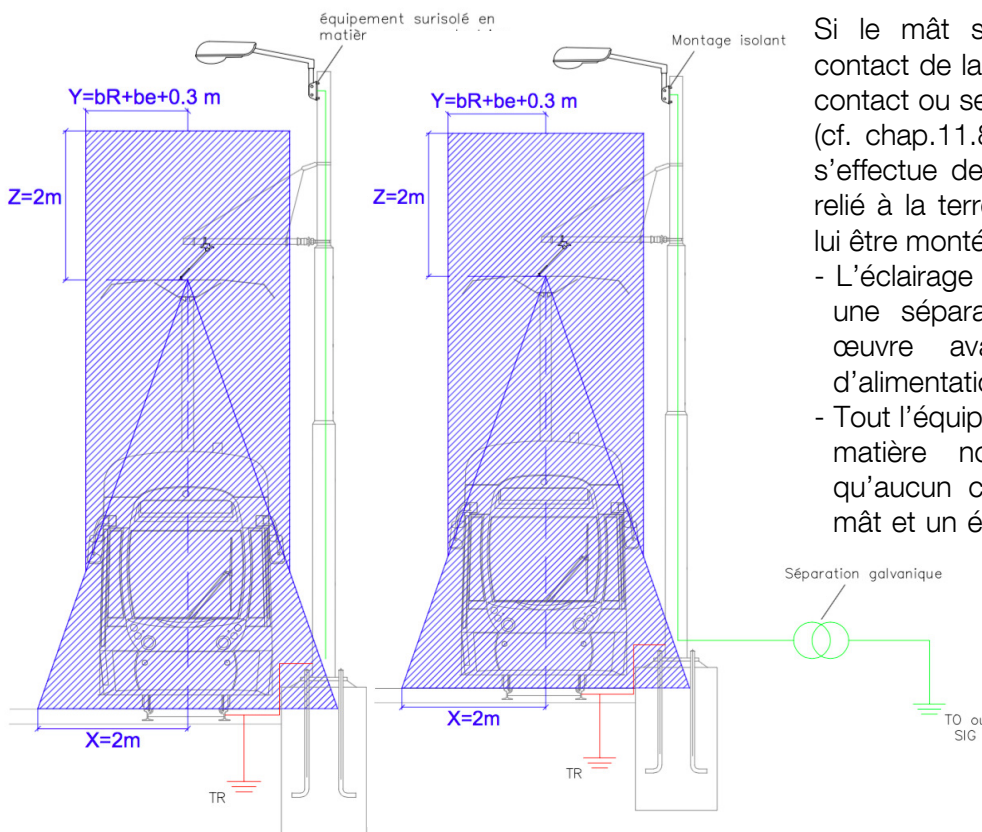
- a. Dimensionnés et traités comme des éléments entrant dans la zone d'influence de la ligne aérienne de contact,
ou
- b. Isolés de manière qu'en cas de contact involontaire avec des parties sous tension de l'installation de ligne de contact, aucun report de tension ne se produise sur des parties avec lesquelles on peut entrer en contact, si la ligne de contact est à basse tension. Dans la mesure du possible, la protection par rapport aux câbles porteurs sous tension qui pendent doit être assurée par des distances suffisantes.

Aucun éclairage public ne doit être installé sur les mâts équipés d'une descente de câbles 600V (armoires d'alimentation, de pontage ou IS, parafoudre, etc.).

Directives techniques pour TRAM		section n° / page n°
Chapitre : 11.	Installation pour la traction électrique	11.10 / 2
Section : 11.10	Installation électrique non ferroviaire: éclairage public (suite)	
Article :		Version : mai 2016



Si le mât soutenant l'éclairage n'entre pas en contact de la zone d'influence de la ligne de contact, le montage côté tramway s'effectue de manière standard, la console est montée avec une double isolation. L'éclairage est quant à lui relié à la terre ouvrage. Si l'éclairage n'est pas monté avec une double isolation, SIG relie le mât à la terre ouvrage.

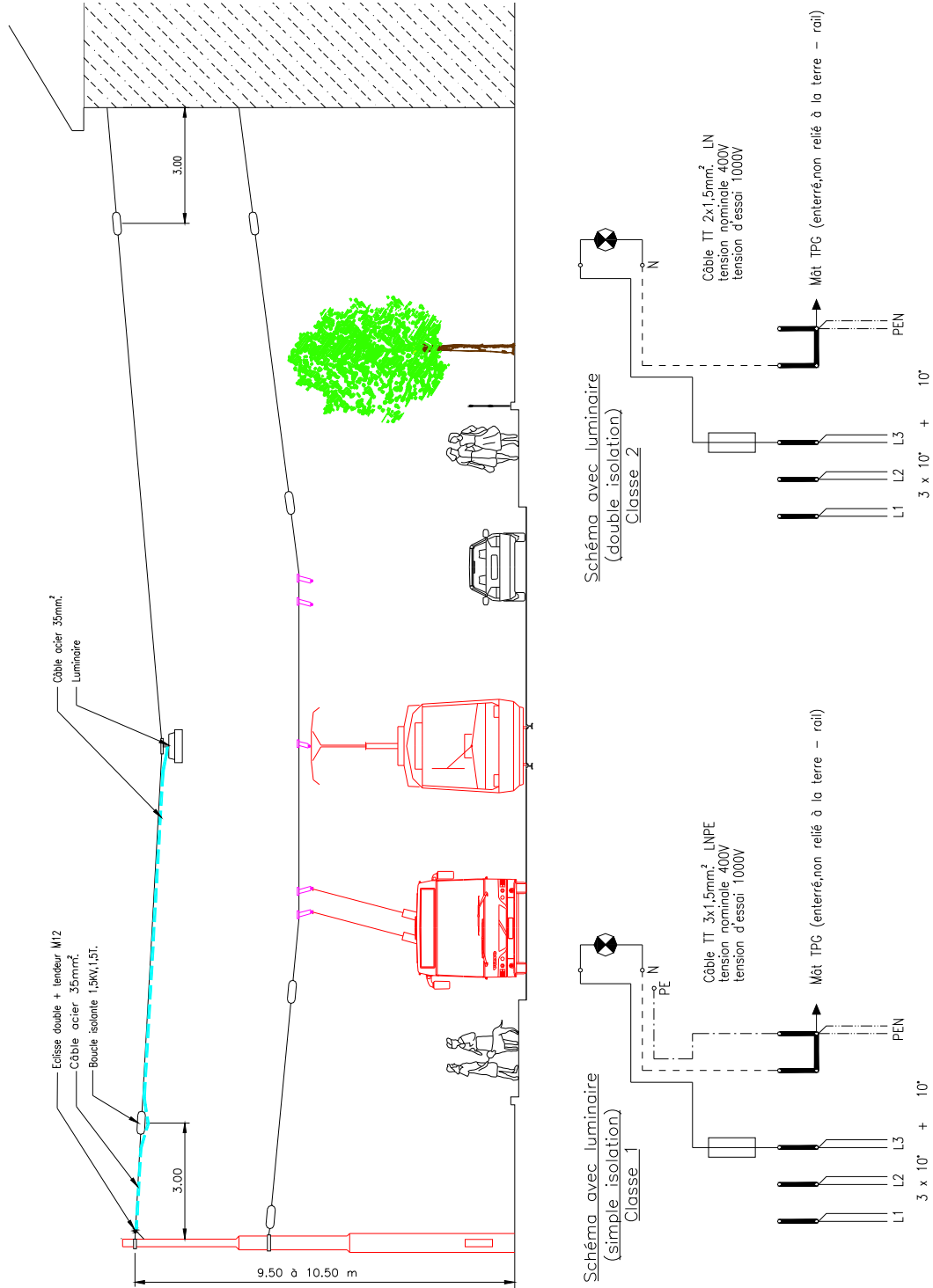


Si le mât soutenant l'éclairage entre en contact de la zone d'influence de la ligne de contact ou se situe à l'intérieur d'une courbe (cf. chap.11.8.8), le montage côté tramway s'effectue de manière standard, le mât est relié à la terre rail. L'éclairage peut quant à lui être monté de deux manières.

- L'éclairage est monté de façon isolante et une séparation galvanique est mise en œuvre avant la montée du câble d'alimentation.
- Tout l'équipement est monté en surisolé en matière non-conductrice pour assurer qu'aucun contact n'est possible entre le mât et un élément conducteur lié à la terre

L'éclairage public utilise les mâts de la ligne aérienne TPG afin de pouvoir tirer leur propre réseau.

Directives techniques pour TRAM		section n° / page n°
Chapitre : 11.	Installation pour la traction électrique	11.10 / 3
Section :	11.10 Installation électrique non ferroviaire: éclairage public (suite)	
Article :		Version : mai 2016



Remarque : Extrait de la planche de l'éclairage public n°3 – 106