

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 1 sur 55

Table des matières

1	Généralités	3
1.1	Sens et but de la mise à la terre	3
1.2	Bases	3
1.3	Parties d'installation	4
1.4	Champ d'application / délimitations	6
1.5	Interfaces	7
1.6	Termes et abréviations	8
1.7	Sections de mise à la terre utilisées	10
1.8	Répartition des tâches / interfaces	13
1.9	Mesures / attestations	14
1.10	Documentation	15
2	Liaison équipotentielle / liaison avec la terre	21
2.1	Bases	21
2.2	Exigences générales	21
2.3	Courants de court-circuit possibles	23
3	Protection contre la foudre / protection extérieure contre la foudre	25
3.1	Bases	25
3.2	Exigences générales	25
3.3	Classes de protection contre la foudre	27
3.4	Zones de protection	27
3.5	Dispositifs de capture	30
4	Protection interne contre la foudre et les surtensions	33
4.1	Bases	33
4.2	Exigences générales	33
4.3	Zones de protection	33
5	CEM	35
6	Installations	38
6.1	Alimentation énergétique	38
6.2	Ventilation	40
6.3	Signalisation	41
6.4	Système de support de câbles	42
7	Parties d'ouvrage	43
7.1	Bâtiments techniques	43
7.2	Tubes du tunnel	43
7.3	Tronçon à ciel ouvert	43
7.4	Portiques de signalisation	44

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 2 sur 55

7.5	Clôtures à gibier.....	44
7.6	Glissières de sécurité	45
7.7	Ponts.....	46
7.8	Mâts	47
7.9	Regards	48
8	Installations de tiers	50
8.1	Lignes aériennes à haute tension.....	50
8.2	Installations de câbles à haute tension	51
8.3	Sous-stations	51
8.4	Infrastructures ferroviaires.....	52
8.5	Conduites de gaz.....	52
8.6	Conduites d'eau	53
8.7	Mâts radio	53
9	Annexe.....	54
9.1	Lois, ordonnances, normes, recommandations et directives	54
9.2	Spécifications techniques des unités territoriales.....	55

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 3 sur 55

1 Généralités

1.1 Sens et but de la mise à la terre

La « mise à la terre » est divisée en trois domaines :

- 1 Mise à la terre
Système de conduction des courants (courants de défaut à la terre, courants de compensation, etc.) à l'intérieur d'un ouvrage et de descente dans le sous-sol (terre)
- 2 Protection contre la foudre / protection extérieure contre la foudre (LPS)
Capture de la foudre / des courants de foudre et évacuation dans le sol / mise à la terre
- 3 Protection contre les surtensions / compensation de potentiel / protection interne contre la foudre (SPM)
Réduction des surtensions dans la distribution d'énergie, dans les câbles et les appareils en les reliant directement entre eux, par des parafoudres et d'autres mesures


Missions fondamentales de la « mise à la terre » :

- Protection des personnes : garantie de la sécurité des personnes en ce qui concerne la tension de contact et de pas en cas de courant de défaut à la terre ou de courant de foudre maximum attendu
- Protection des biens : protection contre les dégâts pouvant être subis par le matériel et les installations
- Protection contre la foudre (surtout à l'extérieur du tunnel)
- Protection contre la corrosion, résistance à la corrosion électrique
- Maîtrise du plus grand courant de défaut ou de foudre possible d'un point de vue thermique et mécanique
- Maîtrise de la CEM (émissions et immissions)

1.2 Bases

Les conditions de protection des personnes et des biens sont définies par des textes de loi et sont généralement valables. En voici une liste non exhaustive.

- Ordonnance sur le courant faible, RS 734.1
- Ordonnance sur le courant fort, RS 734.2
- Mise à la terre comme mesure de protection dans les installations électriques à courant fort, SNG 483755
- Prises de terre des installations électriques de puissance en courant alternatif de tension supérieure à 1 kV, SN EN 50522
- Norme d'installation à basse tension (NIBT), SN 411000
- Terres de fondation, SN 414113
- Systèmes de protection contre la foudre, SN 414022
- Série de normes Protection contre la foudre, SN EN 62305

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 4 sur 55

- Application de liaison équipotentielle et de la mise à la terre dans les locaux avec équipement de technologie de l'information SN EN 50310
- Protection contre la foudre Lignes de télécommunication SN EN 61663
- Alimentation en énergie des routes nationales (mise à la terre) Directive OFROU 13020
- Directives Mesures de protection électriques dans les installations de transport par conduites ESTI_508_1221
- Directives concernant les installations électriques dans les stations d'épuration des eaux usées ESTI_511_0712
- SGK C2, Directives pour la protection contre la corrosion des installations métalliques enterrées
- SGK C3, Directive pour la protection contre la corrosion provoquée par les courants vagabonds d'installations à courant continu

1.3 Parties d'installation

Numéro	Titre	
23 001-11711	Mise à terre à ciel ouvert	
23 001-11712	Mise à terre en tunnel	
23 001-11713	Mise à terre en bâtiment technique	

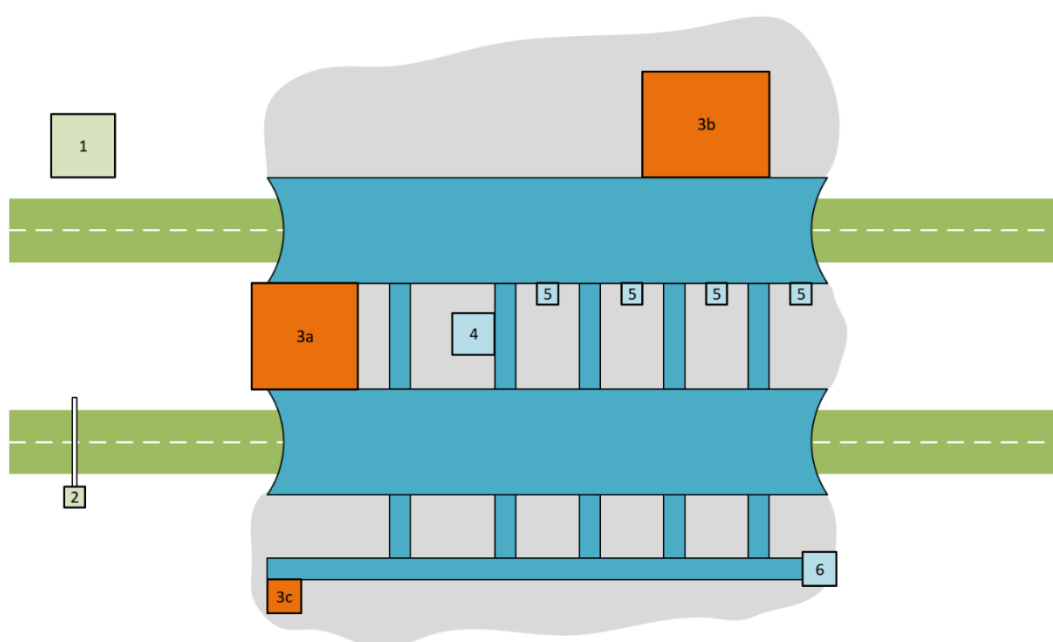




Figure 1 : Aperçu des domaines

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 5 sur 55

Numéro <small>(Selon la figure 01)</small>	Description	Alimentation	
		400/230 V	Moyenne tension
1	Ouvrages en dehors des tunnels, p. ex. stations de pompage, commandes, bâtiments techniques, centres d'entretien, etc.	X	(X)
2	Distribution / armoire électrique p. ex. portique de signalisation, éclairage, capteurs, etc.	X	-
3a	Bâtiments techniques dans/sur la montagne avec accès depuis l'extérieur et tunnel	X	(X)
3b	Bâtiments techniques dans la montagne, accès par le tunnel	X	(X)
3c	Bâtiments techniques dans la montagne pour les galeries de secours, les galeries d'accès, etc.	X	(X)
4	Sous-centrales dans le tunnel	X	(X)
5	Niches SOS	X	-
6	Galeries techniques, pour les issues de secours, conduits de ventilation, etc.	(X)	-

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 6 sur 55

1.4 Champ d'application / délimitations

Cette fiche technique définit les exigences spécifiques aux routes nationales en matière de mise à la terre et de protection contre la foudre. Les lois, ordonnances, normes et prescriptions en vigueur restent applicables.

Tous les ouvrages de l'OFROU qui, d'une manière ou d'une autre, entrent en considération dans le cadre de la mise à la terre font partie intégrante de cette fiche :

- Tronçon à ciel ouvert
 - Portiques de signalisation
 - Clôtures
 - Glissières de sécurité
 - Barrières motorisées en berme centrale
 - Bâtiments techniques
- Tunnels
 - Bâtiments techniques
 - Incorporés
 - Niches techniques et SOS
 - Galeries techniques, pour les issues de secours, conduits de ventilation, etc.
- Bâtiments techniques / centrales de pompage
 - Armoires électriques
 - Pompes
- Coffrets de commande (indépendants et souterrains)
- Centres d'entretien
- Fondations pour les constructions susmentionnées
- Autres


Sont également inclus :

- Mise à la terre à proximité des lignes de chemin de fer / tramways (AC et DC)
- Mise à la terre à proximité de pylônes / lignes à haute tension
- Stations transformatrices pour la mobilité électrique (en intérieur et sur une parcelle)
- Téléphonie mobile (en intérieur et sur une parcelle)

Cette fiche ne s'applique pas aux cas suivants :

- Chemins de fer privés
- Installations de câbles (régies par la directive 13022)
- Batteries de tubes (régies par la directive 23001-14200)

La CEM (compatibilité électromagnétique) est décrite dans ce document. La CEM spécifique à l'appareil est décrite au niveau de l'appareil correspondant, par ex. pour les convertisseurs de fréquence, les serveurs, etc.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 7 sur 55

1.5 Interfaces

1.5.1 Construction

La mise à la terre doit être coordonnée avec le génie civil et le BSA/EES. L'infrastructure de construction doit incorporer les éléments suivants :

- Électrodes de terre de fondation et systèmes de mise à la terre incorporés dans les ouvrages
- Électrode de terre dans les batteries de tubes des tronçons à ciel ouvert ainsi que dans les socles des portiques de signalisation, des poteaux de signalisation et des pylônes treillis
- Garnitures de raccordement dans les bâtiments techniques / ouvrages

1.5.2 Énergie

L'installation de mise à la terre doit être dimensionnée de telle sorte qu'elle ne subisse aucun dommage jusqu'au déclenchement des dispositifs de protection. En d'autres termes, elle doit être capable de résister aux contraintes dynamiques et thermiques générées par le courant le plus élevé prévisible circulant dans l'installation.

Deux critères sont utilisés : le courant de court-circuit à la terre et la durée d'action (temps de déclenchement). Le calcul s'effectue selon la norme SN EN 50522. Il convient d'utiliser 200°C comme température maximale du conducteur. Lors de la pose des conducteurs de terre, il faut tenir compte de la température maximale qui n'apparaît qu'en cas de court-circuit.

1.5.3 Installations de câbles / systèmes de support de câbles

Les systèmes de support de câbles en métal doivent être mis à la terre conformément à la norme NIBT et reliés entre eux en cas de traversées d'une paroi.

Si des câbles à courant fort avec armature métallique, conducteur extérieur, blindage, etc. sont utilisés, les « conducteurs » extérieurs (un ou plusieurs) doivent être réalisés conformément aux prescriptions de la présente fiche technique ou de la norme SN EN 62305-4.


1.5.4 Communication

Les parafoudres surveillés sont regroupés par combinaison d'appareils de commutation et doivent être repris dans le système de gestion conformément à la directive 13032, Ingénierie des données EES.

Les parafoudres non surveillés nécessitent un plan de maintenance.

1.5.5 Système de mise à la terre de tiers

Des systèmes de mise à la terre qui ne sont pas la propriété de l'OFROU peuvent se trouver à proximité. Ceux-ci s'influencent mutuellement. De tels systèmes de mise à la terre peuvent même faire partie de l'installation de l'OFROU. Ils doivent être pris en compte et, le cas échéant, intégrés dans le concept de mise à la terre.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 8 sur 55


Liste des éventuelles installations de tiers :

- Chemins de fer et tramways (courant alternatif et continu)
Sont concernées toutes les installations des CFF, TPF, BAM, etc. Elles peuvent se rapprocher des routes et des tunnels et passer au-dessus ou en dessous. Dans le cas des chemins de fer à courant continu, il faut spécialement considérer la corrosion électrique.
- Centrales et sous-stations électriques
Elles peuvent se trouver à proximité. Des courants de court-circuit à la terre importants peuvent entraîner une augmentation de la tension de la mise à la terre.
- Lignes aériennes / câbles (transport d'énergie).
Ils peuvent passer par-dessus ou par-dessous les routes et les ouvrages. Ils peuvent également être posés dans des tunnels. Le champ magnétique et les courants de court-circuit à la terre peuvent influencer le système.
- Approvisionnement en eau / gaz / éclairage public
- Des bâtiments / zones industrielles peuvent être situés à proximité ou en bordure de route
- Clôtures
Elles peuvent se trouver à proximité des routes et y être raccordées. Elles peuvent également se trouver dans des zones de mise à la terre ferroviaire et/ou à proximité d'une ligne aérienne / d'un câble.
- Stations émettrices / mât radio
Ils peuvent se trouver à proximité ou directement dans/sur un bâtiment.

1.6 Termes et abréviations

Les termes et explications sont repris de la norme SNG 483755:2022.


- Mise à la terre
Ensemble de tous les moyens et mesures de mise à la terre, tels que les électrodes de terre, les conducteurs de terre, les gaines de câbles métalliques, les câbles souterrains, etc.
- Électrode de terre
Partie électriquement conductrice (bandes métalliques, fils, armatures, enveloppes métalliques de câbles, etc.) incorporée dans le sol ou dans les fondations en béton, en contact permanent avec ces éléments et présentant une bonne conductivité électrique.
- Électrode de terre de fondation
Pièce conductrice (par ex. éléments de construction, fers d'armature ou conducteurs spécialement posés) incorporée dans la fondation en béton. Cette fondation est en contact avec la terre sur une grande surface et est conductrice d'électricité.
- Équipotentialité
Connexion électriquement conductrice entre des pièces conductrices pour éliminer les différences de potentiel entre ces pièces.
- Conducteur de mise à la terre
Conducteur de protection reliant la barre d'équipotentialité à la terre.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 9 sur 55

- Tension de contact**
 Partie de la tension de mise à la terre à laquelle on peut s'exposer entre deux parties du corps. Contrairement à la « tension de pas », aucune distance n'est indiquée pour la tension de contact. Dans l'expression « contact par deux parties du corps », on peut calculer dans les cas habituels une distance de 1 m entre la main et le pied et de 1,75 m entre chaque main.
- Tension de mise à la terre**
 Tension apparaissant entre la mise à la terre et la terre de référence.
- Terre de référence**
 Partie du sol située suffisamment en dehors de la zone d'influence de l'électrode de terre pour qu'aucune tension importante due au courant de terre ne puisse apparaître entre deux points quelconques.
- Transfert du potentiel**
 Transfert du potentiel d'une installation de mise à la terre par un conducteur qui lui est relié (p. ex. blindage de câble, conducteur PEN, conduite, voie ferrée) dans des zones où l'élévation du potentiel par rapport à la terre de référence est faible ou nulle, de sorte qu'une différence de potentiel peut être mesurée entre ce conducteur et ce qui se trouve autour. Cela vaut également pour un conducteur qui vient de la zone de la terre de référence et qui mène à la zone du potentiel de terre élevé.

Abréviations utilisées dans ce document, qui sont spécifiques et pas toujours sans équivoque :

Sous-domaine, Sous-domaine x	Sous-domaine, p. ex. Sous-domaine D1, approvisionnement en énergie
D-x	Dossier d'un Sous-domaine, par ex. D-1, approvisionnement en énergie
FU	Désigne en allemand le soutien technique de l'OFROU
CF	Convertisseur de fréquence (AKS :FU)
UT	Unité territoriale
LPS	Lightning Protection System (protection contre la foudre)
SPM	Surge Protective Measures (mesures de protection contre les surtensions)
AEAI	Association des établissements cantonaux d'assurance incendie

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 10 sur 55

1.7 Sections de mise à la terre utilisées

Un conducteur doit être conçu de manière à pouvoir répondre aux exigences thermiques, électriques et mécaniques, en service et en cas de dérangement.

En cas de panne, les conducteurs de mise à la terre sont généralement soumis à une charge nettement plus élevée qu'en fonctionnement normal ; ils doivent donc être conçus pour répondre aux exigences en cas de panne.

Les facteurs déterminants sont les suivants :

- Courant d'action
- Durée d'action
- Température

Courant d'action

Courant qui agit sur le conducteur de terre. Dans les installations avec différentes sources, des recouvrements sont possibles.

Exemples :

Ligne 380 kV (mise à la terre rigide) dans la plage jusqu'à 40 kA et plus

Réseau 16 kV compensé jusqu'à 50 A*, isolé jusqu'à quelques 100 A*

Transformateur 2,5 MVA côté BT jusqu'à 50 kA

Transformateur 100 kVA côté BT jusqu'à 3,6 kA

*) Pour les réseaux isolés ou compensés, le défaut à la terre unipolaire peut être utilisé pour calculer les tensions de contact maximales autorisées. Pour dimensionner les installations de mise à la terre, c'est toutefois le court-circuit bipolaire avec contact avec la terre qui est déterminant.

Durée d'action

Temps pendant lequel le courant circule dans l'installation de mise à la terre jusqu'à ce qu'un dispositif de protection interrompe le flux du courant. En l'absence de dispositif de protection, temps nécessaire pour que l'accumulateur d'énergie soit vide ou que le flux de courant soit interrompu d'une autre manière, par exemple par une batterie ou un éclair.

Exemples :

Dispositif de protection contre les courants de défaut (RCD) : 10 ms


Courant de foudre : 8/20 µs Front montant/descendant

Haute tension, protection du jeu de barres 100 ms

Transformateur côté BT : 1 s

Température

Les conducteurs s'échauffent lorsque le flux de courant est plus important. À partir de 300 °C environ, la résistance du cuivre diminue. Pour le calcul (de conducteurs en cuivre nus), on part d'une augmentation de la température de 200 °C, il faut donc s'attendre à ce que, pour une température ambiante allant jusqu'à 45 °C, le conducteur de terre puisse s'échauffer brièvement jusqu'à 245 °C.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 11 sur 55

Si des conducteurs isolés doivent être utilisés, la température maximale doit correspondre à l'isolation utilisée en augmentant la section transversale.

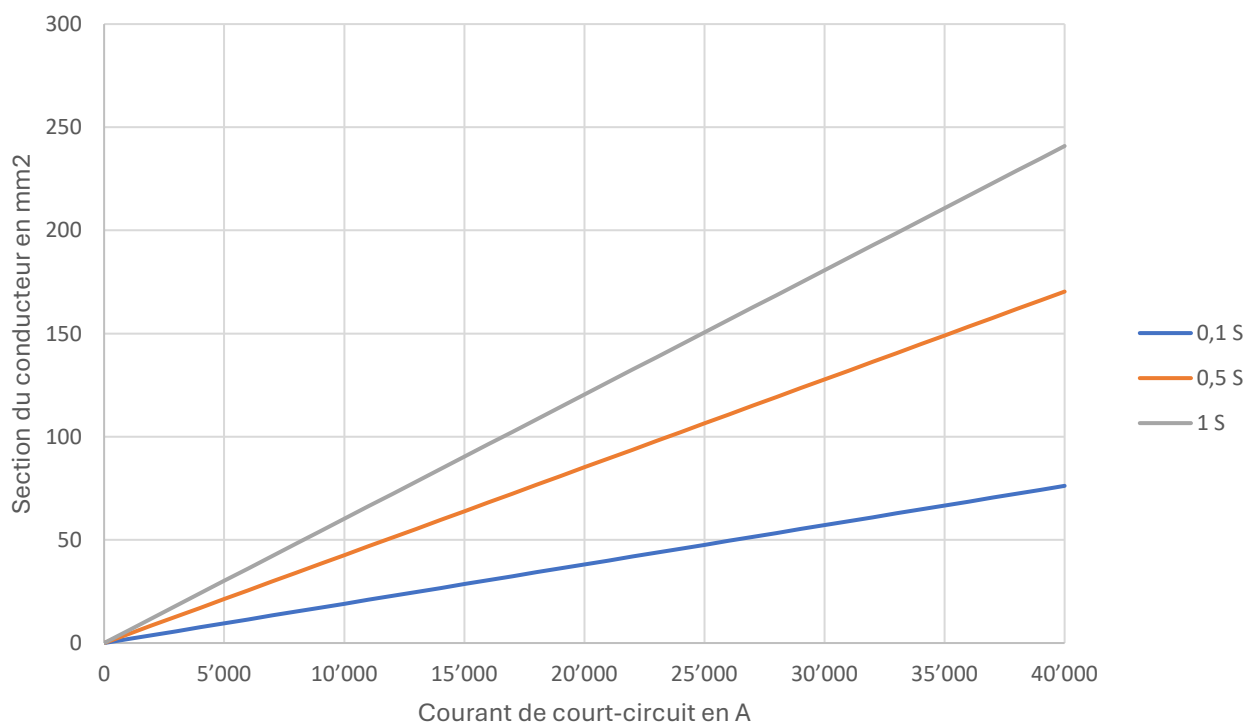
Formule de calcul selon SN EN 50522:2022, annexe D, page 37 :

$$A = \frac{I}{K} \sqrt{\frac{t_f}{\ln \frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta}}}$$


- A :** Section pour le cuivre en mm²
I : Courant de défaut en A
t_f : Durée du courant de défaut en s, généralement 1 s (protection de secours).
K : Facteur de matériau pour le cuivre 226
β : Constante du matériau pour le cuivre 234,5 A × √s / mm²
θ_i : Température de départ du conducteur de terre 45 °C
θ_f : Température finale du conducteur de terre 45 °C + 200 °C = 245 °C
 Pour les câbles isolés, la température finale est réduite à 120 °C, selon l'isolation

Pour plus de détails (p. ex. durées d'action supérieures à 5 secondes) et pour d'autres matériaux, la norme doit être consultée. Cf. également à ce sujet la norme SN 411000 (NIBT):2025, paragraphe 4.3.1.5.4.2.

section requise




À titre d'exemple, voici les courbes pour les conducteurs de terre en cuivre nu pour différents temps de coupure (0,1 s, 0,5 s et 1 s).

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 12 sur 55

Objekt	[kVA]	Ebene	Strom	uk	Ik	t	A	gewählt	Stossstrom
		[kV]	[I]	[%]	[A]	[s]	[mm ²]	[mm ²]	[A]
400 VAC Ebene									
Trafo	100	0.400	145	5	2'899	1	17	2 x 50	8'198
Trafo	250	0.400	362	5	7'246	1	42	2 x 50	20'496
Trafo	400	0.400	580	5	11'594	1	67	2 x 70	32'793
Trafo	630	0.400	913	5	18'261	1	106	2 x 70	51'650
Trafo	800	0.400	1'159	5	23'188	1	135	2 x 95	65'587
Trafo	1'000	0.400	1'449	5	28'986	1	168	2 x 120	81'983
Trafo	1'250	0.400	1'812	5	36'232	1	211	2 x 120	102'479

Figure 2 : Valeurs indicatives pour des transformateurs typiques

En cas d'utilisation de transformateurs avec d'autres tensions de court-circuit (dans le tableau, tension de court-circuit = 5 %), d'autres durées d'action, etc., les valeurs doivent être converties et adaptées en conséquence.


 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 13 sur 55

1.8 Répartition des tâches / interfaces

Différents organes interviennent avec différentes tâches pour planifier, réaliser et entretenir une installation de mise à la terre.

Le tableau ci-dessous présente une répartition possible des tâches entre les différents sous-domaines D1-D8.

Tâche	Responsable	Mise en œuvre
Analyse des risques selon IEC 62305-2 Protection contre la foudre - Partie 2: Evaluation des risques	D 7, installations de câbles	Ingénieur d'étude, en coordination avec les autres sous-domaines Intégration éventuelle dans une analyse des risques / des scénarios de défaillance de niveau supérieur, etc. ➔ Calcul du niveau de risque (CRL)
Planification Installation de mise à la terre	D 7, installations de câbles	Ingénieur d'étude, en coordination avec les autres sous-domaines
Planification de la protection contre la foudre	D 7, installations de câbles	Ingénieur d'étude, en coordination avec les autres sous-domaines
Planification de la protection contre les surtensions	D 1, approvisionnement en énergie	Ingénieur d'étude, en coordination avec le sous-domaine D 7 et les autres sous-domaines
Planification CEM	D 1, approvisionnement en énergie	Ingénieur d'étude, en coordination avec les autres sous-domaines
Création d'une installation de mise à la terre	Entrepreneur	Installation de la mise à la terre des fondations et des points de raccordement à la terre Pose de rubans de terre (pour les bâtiments, les portiques, les pylônes, etc.)
	D 7, installations de câbles	Installation du système de mise à la terre EES
Création d'un système de protection contre la foudre	Entrepreneur	Travaux de ferblanterie sur les tôles de toit et de façade Réalisation de dispositifs de descente
	D 7, installations de câbles	Installation d'un système de protection contre la foudre EES

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 14 sur 55

Tâche	Responsable	Mise en œuvre
Création d'une protection contre les surtensions	Fabricant de combinaisons d'appareils de commutation	Choix et installation conformément aux lois, normes, règles techniques, état de la technique, directives du planificateur et du fabricant
	Fabricant d'installations	Choix et installation conformément aux lois, normes, règles techniques, état de la technique, directives du planificateur et du fabricant
Création de la CEM	Tous les entrepreneurs	Construction et installation de toutes les parties d'installation et installations conformément aux lois, normes, règles techniques, état de la technique, directives du planificateur et du fabricant
Contrôle de réception	D 7	Vérification de la conformité de l'installation
Entretien, maintenance et contrôle périodique de l'installation de mise à la terre	Propriétaire de l'installation	Mandataires pourraient déléguer des tâches, p. ex. le contrôle des parafoudres au fabricant

1.9 Mesures / attestations


Les installations à basse tension selon l'OIBT sont contrôlées après leur installation ou une modification. Un rapport de sécurité est établi.

Lors de la construction ou de l'adaptation d'installations de mise à la terre, des contrôles doivent être effectués et les résultats doivent être consignés. Ces documents font partie intégrante de la documentation finale.

En fonction de la dimension, il convient d'utiliser une méthode appropriée. Pour les objets de petites dimensions et ne comportant qu'un seul boîtier de raccordement domestique, par exemple les petits bâtiments techniques ou les portiques de signalisation, une mesure de la terre avec un appareil de mesure de la terre suffit.

Une mesure de courant/tension peut s'avérer nécessaire pour les objets de grande taille et les mauvaises conditions de terre, comme les bâtiments techniques de tunnels creusés dans la roche, où la « terre neutre à des fins de mesure » n'est disponible qu'à l'extérieur du tunnel. Les liaisons entre les bâtiments techniques et les galeries, etc. doivent également être contrôlées selon cette méthode.

De même, les objets situés à proximité d'installations ferroviaires et de lignes de transmission doivent être contrôlés, même s'ils ne possèdent pas de raccordement électrique et ne figurent pas dans un rapport de sécurité, comme les clôtures de protection contre le gibier, les dispositifs routiers de retenue des véhicules, etc.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 15 sur 55

1.10 Documentation

L'installation de mise à la terre doit être documentée de manière appropriée.

Les incorporés, les points de raccordement à la terre, etc. dans les fondations (électrodes de terre de fondation), les murs et éventuellement les plafonds/sols doivent être photographiés avant la mise en place du béton, afin qu'il soit possible d'attribuer ultérieurement le point de raccordement et de procéder à une évaluation qualitative. Cette documentation fait partie intégrante de la documentation finale du gros œuvre.

La protection contre la foudre doit être documentée conformément aux indications / prescriptions de l'AEAI, de la SN EN 62305-3 ou de la SN 411022 et fait partie intégrante de la documentation finale du sous-domaine D7 ou de son entrepreneur.


Chaque fabricant d'installations documente lui-même sa protection contre les surtensions.

Le sous-domaine D1 ou l'entrepreneur en approvisionnement en énergie documente son domaine ainsi que les domaines en amont de l'approvisionnement en énergie (p. ex. protection contre les surtensions du transformateur, alimentation du bâtiment, etc.) dans la documentation finale.

Les documents suivants doivent être établis et remis pour les différents projets :

GP-AP-DP Projets d'aménagement

MK-MP Projets d'entretien

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 16 sur 55


GP (projet général)

Dans la phase Projet général, on procède à des considérations de faisabilité. Il ne s'agit pas de données techniques pouvant être utilisées pour des mesures dans le domaine de la mise à la terre, de la protection contre la foudre et de la protection contre les surtensions. Aucun document concernant la mise à la terre, la protection contre la foudre et la protection contre les surtensions n'est élaboré.

AP (projet définitif) / MK (concept de mesures)

Document	Description	Qui
Concept de mise à la terre, description dans AP-D-7, éventuellement aussi dans AP-D-0	Concept de mise à la terre pour l'ensemble du périmètre du projet, y compris les objets voisins (OFROU et tiers) qui sont importants pour la mise à la terre et peuvent avoir une influence sur le concept	Sous-domaine D7
Concept de mise à la terre, Plans de mise en œuvre de la mise à la terre	Plans pour l'ensemble du périmètre du projet, y compris les objets adjacents (OFROU et tiers) qui sont importants pour la mise à la terre et peuvent avoir une influence sur le concept	Sous-domaine D7
Concept de protection contre la foudre, description dans AP-D-7	Concept de protection contre la foudre pour l'ensemble du périmètre du projet	Sous-domaine D7
Concept de protection contre les surtensions, description dans AP-D-7, AP-D-1, éventuellement aussi dans AP-D-0	Concept de protection contre les surtensions pour toutes les lignes et tous les appareils, mise en œuvre comprise	Sous-domaine D7, aide du Sous-domaine D1, autres Sous-domaines

Tableau 1 : Documentation AP et MK


 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 17 sur 55

DP (projet de détail) / MP (projet d'intervention)

Les deux correspondent à la même phase SIA, mais la documentation diffère sur certains points, ce qui est pris en compte dans deux tableaux différents.

Document	Description	Qui
Concept de mise à la terre, description dans AP-D-7, éventuellement aussi dans AP-D-0	Concept de mise à la terre pour l'ensemble du périmètre du projet, y compris les objets voisins (OFROU et tiers) qui sont importants pour la mise à la terre et peuvent avoir une influence sur le concept	Sous-domaine D7
Concept de mise à la terre, Plans de mise en œuvre de la mise à la terre	Plans pour l'ensemble du périmètre du projet, y compris les objets adjacents (OFROU et tiers) qui sont importants pour la mise à la terre et peuvent avoir une influence sur le concept	Sous-domaine D7
Concept de protection contre la foudre, description dans AP-D-7	Concept de protection contre la foudre pour l'ensemble du périmètre du projet	Sous-domaine D7
Concept de protection contre la foudre, plans de mise en œuvre de la protection contre la foudre	Plans de protection contre la foudre des objets concernés	Sous-domaine D7
Concept de protection contre les surtensions, description dans AP-D-7, AP-D-1, éventuellement aussi dans AP-D-0	Concept de protection contre les surtensions pour toutes les lignes et tous les appareils, mise en œuvre comprise	Sous-domaine D7, aide du Sous-domaine D1, autres Sous-domaines
Concept de protection contre les surtensions, plans de la structure de principe	Définition des installations et des appareils nécessitant une protection contre les surtensions et des modalités d'intégration de la protection dans les distributions	Sous-domaine D1, aide du Sous-domaine D7


Tableau 2 : Documentation DP

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 18 sur 55

Un projet d'intervention décrit les mesures destinées à maintenir et à rétablir un certain état (renouvellement, remplacement, complément, etc. d'appareils, d'installations, de batteries de tubes, d'ouvrage, etc.). Selon l'objectif, certains domaines peuvent ne pas être touchés ou nécessiter un effort plus important. Dans la liste, on part du principe que les adaptations sont importantes et qu'elles nécessitent une organisation par sous-domaine.

Document	Description	Qui
Concept de mise à la terre	Mesures prévues : Adaptations / corrections ponctuelles Mesures plus étendues en cas de problèmes antérieurs, de perturbations, de modifications de la législation, etc.	Sous-domaine D7
Plans de mise à la terre, selon les besoins	Plans, mise à la terre des fondations (construction) Plans, concept général Plans. Pièces individuelles	Sous-domaine D7
	Plans, détails du raccordement des objets (installations, garde-corps, etc.) à la barre principale de mise à la terre / barre d'équipotentialité / autres	Tous les sous-domaines, leurs raccordements / appareils
Concept de protection contre la foudre	Mesures prévues : Adaptations / corrections ponctuelles Adaptation / extension d'installations en toiture (LPZ _{0A} / LPZ _{0B})	Sous-domaine D7, aide du sous-domaines avec des superstructures au niveau du toit
Concept de protection contre les surtensions	Mesures prévues : Adaptations / compléments / améliorations d'installations Compléments de domaines problématiques	Sous-domaine D7, aide du Sous-domaine D1
	Plans, fiches techniques, lieux de montage, autres documentations des parafoudres prévus	Sous-domaines D7

Tableau 3 : Documentation MP

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 19 sur 55

DOE (dossier de l'ouvrage exécuté)


Lorsqu'un projet est terminé, la documentation finale doit être établie.

Document	Description	Qui
Concept de mise à la terre, Description dans D-0	Mise en œuvre du concept de mise à la terre	Sous-domaine D7
Plans de mise à la terre	Plans, mise à la terre des fondations (construction) Plans, concept général Plans. Pièces individuelles	Sous-domaine D-7
	Plans, détails du raccordement des objets (installations, garde-corps, etc.) à la barre principale de mise à la terre / barre d'équipotentialité / autres	Tous les sous-domaines, leurs raccordements / appareils
Concept de protection contre la foudre, description dans D-0	Mise en œuvre du concept de protection contre la foudre	Sous-domaine D7
Concept de protection contre les surtensions, description dans D-0	Mise en œuvre du concept de protection contre les surtensions	Sous-domaine D7, aide du Sous-domaine D1, autres sous-domaines
	Plans, fiches techniques, autres documentations des parties/groupes/appareils utilisés, etc.	Tous les sous-domaines

Tableau 4 : Documentation DOE


Contrôle périodique (inspection selon la directive 13028)

Le contrôle périodique est imposé par la loi. Il sert à vérifier le bon fonctionnement de l'installation, à détecter les usures, les défaillances ou d'autres défauts dus à l'utilisation et au vieillissement.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 20 sur 55

Document	Description	Qui
Concept de mise à la terre, Description dans D-0	Mise en œuvre du concept de mise à la terre	Sous-domaine D7
Plans de mise à la terre	Plans, mise à la terre des fondations (construction) Plans, concept général Plans. Pièces individuelles	Sous-domaine D7
	Plans, détails du raccordement des objets (installations, garde-corps, etc.) à la barre principale de mise à la terre / barre d'équipotentialité / autres	Tous les sous-domaines, leurs raccordements / appareils
Concept de protection contre la foudre, description dans D-0	Adaptation du concept de protection contre la foudre et de sa documentation en cas d'extensions, de compléments, etc.	UT
	Contrôle visuel des dispositifs de capture, des descentes et des raccordements à l'installation de mise à la terre	UT
	Mesure des descentes (pince de mesure spéciale) et documentation des valeurs mesurées	
	Réparation si des défauts ont été constatés	UT
Protection contre les surtensions	Mise en œuvre du concept de protection contre les surtensions	UT
	Compléter si nécessaire : Plans, fiches techniques, autres documentations des parties / groupes / appareils utilisés, etc.	UT
	Mesure / contrôle du fonctionnement correct des parafoudres, y compris la consignation des paramètres / résultats de contrôle	UT
	Contrôle visuel du placement correct, de la longueur et du cheminement des câbles, des dommages, des manipulations, etc.	UT

Tableau 5 : Documentation du contrôle périodique

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 21 sur 55

2 Liaison équipotentielle / liaison avec la terre

La liaison équipotentielle a pour but d'éviter des différences de tension inadmissibles entre les objets et leurs effets négatifs. Elle relie électriquement différents objets conducteurs. Les différents potentiels sont ainsi compensés et aucune tension de contact inadmissible pouvant mettre en danger les personnes ou les choses ne peut survenir entre les objets.

Cela concerne principalement l'intérieur des bâtiments.

Si un objet (ouvrages, pylônes, portiques, etc.) se trouve sur ou dans la terre, un courant important peut circuler dans la terre à la suite d'un coup de foudre sur l'objet ou à un défaut à la terre interne à l'objet. Une tension de contact inadmissible peut ainsi survenir entre l'objet et la terre (entre les parties conductrices de l'objet et la surface de la terre).

Elle touche principalement l'environnement proche (généralement dans un rayon de 1 m) des objets (clôtures, portails, potences, armoires électriques, bâtiments, etc.) par rapport au sol.

On a transfert du potentiel lorsque les effets ci-dessus se répercutent sur une plus grande distance, à savoir lorsque les potentiels sont transférés sur une plus grande distance, généralement par le biais de blindages de câbles et de conducteurs de terre.

2.1 Bases

En principe, les mesures de mise à la terre sont mentionnées dans presque toutes les normes électriques. Nous n'énumérons ici que les normes principales qui traitent de ce chapitre :


- Mise à la terre comme mesure de protection dans les installations électriques à courant fort, SNG 483755
- Prises de terre des installations électriques de puissance en courant alternatif de tension supérieure à 1 kV, SN EN 50522
- Terres de fondation, SN 414113
- Systèmes de protection contre la foudre, SN 414022
- Série de normes Protection contre la foudre, SN EN 62305
- Alimentation en énergie des routes nationales, directive OFROU 13020
- Ingénierie des données EES, directive OFROU 13032

2.2 Exigences générales

2.2.1 Corrosion électrique, appariement de matériaux

Si deux métaux différents sont en contact direct et conducteur et qu'ils sont entourés d'un électrolyte, par exemple de l'eau, il se produit un flux de courant à travers le métal et une migration d'ions dans l'électrolyte. Cela signifie que des particules de métal se détachent du métal le moins noble. Il se corrode.

La corrosion électrique résulte donc d'un flux de courant et de la présence d'un électrolyte. Pour que la corrosion ne se produise pas, il faut empêcher le passage du courant ou supprimer la présence de l'électrolyte. Voir aussi les directives de la SGK (Société Suisse de Protection contre la Corrosion).

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 22 sur 55


Les combinaisons de matériaux sont évaluées et recommandées ou déconseillées selon la norme SNG 483755 :

Umgebungsbedingung (wirkt als Elektrolyt)	Werkstoff Leiter- oder Konstruktionsmaterial	Werkstoff für Verbindungs- und Befestigungselemente						
		Kupfer blank	Kupfer verzinkt	nicht rostender Stahl Inox A2	nicht rostender Stahl Inox A4	Stahl feuerverzinkt	Stahl blank	Aluminium
In Luft (Fassadenbleche, Fangleiter, Ableiter)	Kupfer blank	☑	✓	✓	✓	☒	☒	☒
	Kupfer verzinkt	✓	☑	✓	✓	✓	☒	✓
	Kupfer-Titan-Zink (Zinkblech)	☒	✓	✓	✓	☑	☒	✓
	Stahl verzinkt	☒	✓	✓	✓	☑	☒	✓
	nicht rostender Stahl (Inox A2) ^{2) 5)}	✓	✓	☑	☑	✓	☒	☑
	Aluminium	☒	✓	☑	☑	✓	☒	☑
Im Erdreich ³⁾ (Ring-, Strahlen- und Tiefenerder)	Kupfer blank	☑	✓	☒	✓	☒	☒	☒
	nicht rostender Stahl (Inox A4) ^{2) 6)}	✓	✓	☒	☑	☒	☒	☒
Im Beton ⁴⁾ (Fundamenterder)	Stahl blank oder verzinkt	✓	✓	✓	✓	☑	☑	☒
	Kupfer blank	☑	✓	✓	✓	✓	✓	☒
1. Kontaktkorrosion tritt an der Kontaktfläche zwischen unterschiedlichen Metallen und unter Einfluss von Feuchtigkeit (Elektrolyt) auf. Durch die Beachtung der Empfehlung zur Verträglichkeit, kann die Kontaktkorrosion weitgehend vermieden werden. 2. Nicht rostender Stahl (Inox) hat gegenüber Kupfer eine um ca. 40fach schlechtere Leitfähigkeit. 3. Im Erdboden ist vorzugsweise Kupfer als Erdmaterial zu verwenden (SNR 464022:2015 Tabelle 5.2.2.1) 4. Erdleiter aus Stahl blank und Stahl verzinkt müssen vollständig im Beton eingegossen sein (minimale Betonüberdeckung 50 mm). Anschlüsse an die Fundamenterdung müssen aus korrosionsfestem Material (z.B. nicht rostender Stahl / Inox A4) ausgeführt werden. 5. A2: nichtrostender Stahl der Korrosionswiderstandsklasse II gemäss SN EN 1993-1-4/A1 (z.B. Schraube A2 oder Werkstoff-Nr. 1.4301) 6. A4: nichtrostender Stahl der Korrosionswiderstandsklasse III gemäss SN EN 1993-1-4/A1 (z.B. Schraube A4 oder Werkstoff-Nr. 1.4404)								

Legende

- ☑ = optimal
- ✓ = anwendbar
- ☒ = unzulässig

Tableau 6 : Compatibilité des matériaux de mise à la terre selon la norme SNG 483755 (tab. 10.2.6)

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 23 sur 55

2.3 Courants de court-circuit possibles

Le niveau des courants de court-circuit possibles dépend de la puissance de la source et de la résistance du trajet du courant, celle-ci étant composée de la ligne d'alimentation et de retour et de la résistance du court-circuit.

Les quelques exemples suivants ne permettant pas de déduire de courts-circuits exacts mais donnent un ordre de grandeur approximatif. Pour déterminer avec précision le courant de court-circuit à la terre, il faut considérer l'ensemble de l'installation et effectuer un calcul.

Les courants qui peuvent circuler dans le réseau de mise à la terre sont indiqués. Dans le cas du réseau triphasé, il s'agit du courant de court-circuit à la terre unipolaire.

Foudre

Pour la « foudre normalisée » (base du calcul), on suppose un courant de 100 kA.

Les courants de foudre moyens se situent dans un ordre de grandeur de 10 à 50 kA. Dans de très rares cas, on a déjà observé des « méga-foudres » allant jusqu'à 200 kA.

Transformateurs

Seules quelques valeurs sont indiquées ici à titre de comparaison. Elles varient à la baisse en fonction de la puissance du réseau en amont.

Transformateur 2 500 kVA, tension de court-circuit = 6 %, courant de court-circuit de l'ordre de 45 kA

Transformateur 1 000 kVA, tension de court-circuit = 4 %, courant de court-circuit de l'ordre de 36 kA

Transformateur 250 kVA, tension de court-circuit = 4 %, courant de court-circuit de l'ordre de 9 kA

Batteries


Le courant de court-circuit dépend de la taille de la batterie, qui est indiquée en Ah. Pour les batteries au plomb, on peut poser comme hypothèse pour une première estimation, en fonction de la taille, un facteur d'environ 6 (3 000 Ah) à 11 (220 Ah). Une batterie au plomb de 220 Ah a un courant de court-circuit d'environ 2 400 A ($11 \times C$) et une batterie de 3 000 Ah un courant de court-circuit d'env. 18 000 A ($6 \times C$). Il convient de mentionner ici que, en cas de court-circuit à proximité de la batterie, la durée du court-circuit peut être très longue car, la plupart du temps, aucun fusible n'est intégré et le court-circuit ne prend fin qu'en cas d'interruption du trajet du courant (fusion du câble, endommagement de la batterie ou épuisement de l'énergie).

Réseau d'alimentation haute tension

Neutre isolé (réseau 16 kV) : autour de 300 A

Point neutre avec mise à la terre rigide (réseau 50 kV) dans la plage 10...15 kA

Si plusieurs systèmes sont regroupés dans une installation, les courants de défaut à la terre peuvent se superposer et leur somme peut être plus importante que les courants individuels. Il faut toujours considérer les choses dans leur ensemble et dimensionner l'installation de mise à la terre pour le plus grand courant de défaut à la terre possible. Si l'installation a une certaine taille, des sous-domaines peuvent présenter des flux partiels différents.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 24 sur 55

2.3.1 Chemins de l'électricité

Affirmation de principe : le courant circule via une ligne d'alimentation d'une source vers un consommateur et revient à la source via un conducteur de retour. Pour les questions de mise à la terre, un court-circuit à la terre est supposé être un consommateur et le conducteur de retour est une structure plus ou moins complexe de matériaux et de structures conducteurs.

Pour la mise à la terre, le point d'entrée du courant et la structure du conducteur de retour sont déterminants.

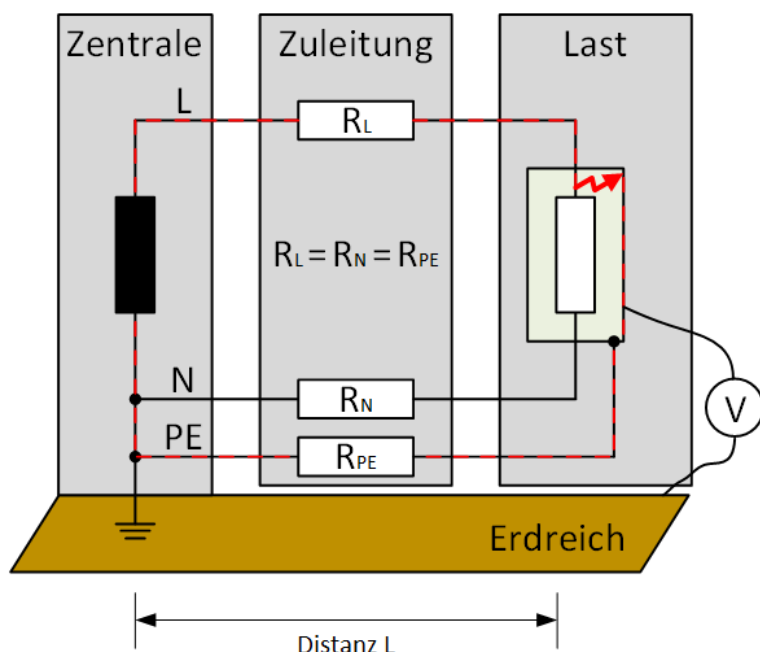



Figure 3 : Alimentation d'un consommateur

Si un consommateur situé à l'extérieur du bâtiment technique est alimenté par un câble et qu'un court-circuit (défaut à la terre) se produit, le courant de défaut circule comme illustré ci-dessus. Il en résulte aux bornes du boîtier de charge une tension égale à la moitié de la tension de service par rapport à la terre. Ce serait à peu près $230 \text{ V} / 2 = 115 \text{ V}$. Pour éviter que des tensions dangereuses ne puissent être captées, l'objet doit être isolé (p. ex. goudronné autour du mât) ou relié à une mise à la terre supplémentaire, p. ex. avec une boucle de mise à la terre supplémentaire ou avec un conducteur de terre longitudinal dans le conduit de câbles, etc. Il serait également possible d'empêcher l'accès par une clôture, une couverture ou une peinture isolante électrique.

En présence de structures d'approvisionnement plus complexes et de courants de court-circuit plus importants, une réflexion plus globale doit être menée.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 25 sur 55

3 Protection contre la foudre / protection extérieure contre la foudre

Il s'agit de « capturer » les éclairs, d'évacuer le courant de foudre vers la terre en toute sécurité et de le répartir dans la terre en évitant tout risque d'incendie et tout effet électrique dangereux et menaçant les objets et les personnes.

Les trois éléments de la protection extérieure contre la foudre sont les suivants :

- Dispositif de capture (pour capturer la foudre aux points d'impact potentiels)
- Descentes (du dispositif de capture vers l'installation de mise à la terre)
- Mise à la terre (connexion électrique avec la terre / le sous-sol)

3.1 Bases


Systèmes de protection contre la foudre SN 414022

Série de normes Protection contre la foudre SN EN 62305

3.2 Exigences générales

La protection extérieure contre la foudre joue un rôle secondaire dans les tunnels, car les installations sont protégées de la foudre directe par leur couverture.

La menace concerne les bâtiments et installations en surface avec un recouvrement minimal ou inexistant (bâtiments en surface), les zones situées près des portiques et pratiquement toutes les installations en plein air, comme indiqué en rouge dans le dessin ci-dessous. Des mesures sont nécessaires dans ces domaines.

 <p>Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra</p>	<p>Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité)</p> <p>Fiche technique Parties d'ouvrage</p> <p>Câblage</p>	<p>23 001-11710</p>
<p>Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC</p> <p>Office fédéral des routes OFROU</p>	<p>Mise à terre et protection contre la foudre</p>	<p>V3.10 01.01.2026</p>
<p>Division Infrastructure routière I</p>		<p>Page 26 sur 55</p>

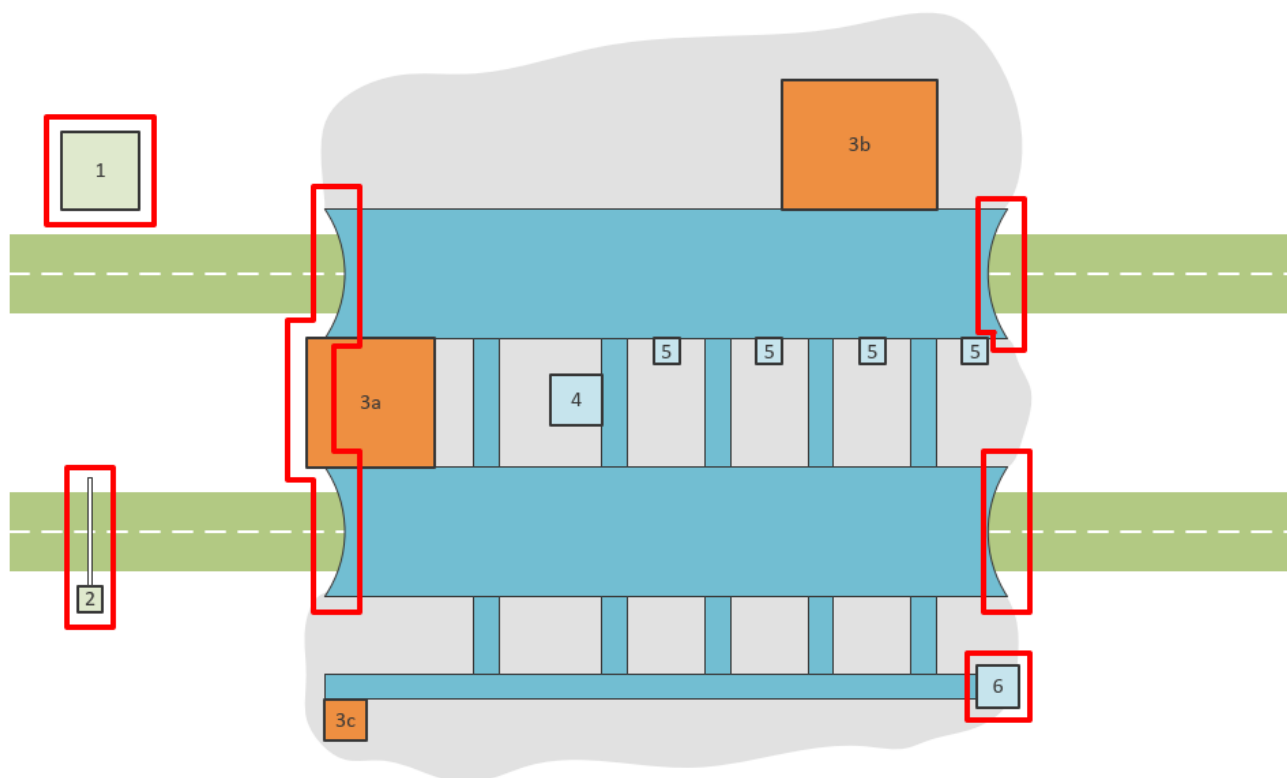



Figure 4 : zones à risque de coup de foudre

Numéro	Description
1	Ouvrages en dehors des tunnels, p. ex. stations de pompage, commandes, bâtiments techniques, centres d'entretien, etc.
2	Distribution / armoire électrique p. ex. portique de signalisation, éclairage, capteurs, etc.
3a	Bâtiments techniques dans/sur la montagne avec accès depuis l'extérieur et tunnel
3B	Bâtiments techniques dans la montagne, accès par un tunnel
3c	Bâtiments techniques en montagne pour les galeries de secours, les galeries d'accès, etc.
4	Sous-centrales techniques dans le tunnel
5	Niches SOS
6	Galeries techniques, pour les issues de secours, conduits de ventilation, etc.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 27 sur 55

3.3 Classes de protection contre la foudre

Pour la définition des classes de protection contre la foudre, cf. SN 414022, chapitre 5.2. Les classes de protection contre la foudre I, II et III sont utilisées en Suisse. La norme européenne mentionne encore la classe IV, mais elle n'est pas utilisée en Suisse et ne figure pas dans la SN.

L'AEAI et la norme SN 414022 ne mentionnent pas explicitement les routes et les ouvrages qui en font partie.

La classe de protection contre la foudre III s'applique aux ouvrages des routes nationales.


Si des installations techniques compliquées d'importance nationale se trouvent dans le bâtiment, la classe de protection contre la foudre II s'applique. Cela doit être convenu avec le mandant.

3.4 Zones de protection

Les zones de protection servent à classer les mesures de protection dans et sur une installation. La protection est assurée contre les éléments suivants :

- Influences extérieures
 - Coup de foudre direct (courant et champ magnétique)
 - Coups de foudre indirects (champ magnétique, élévation de potentiel, surtension)
 - Surtensions (provenant du réseau d'alimentation à la suite de courts-circuits, des manœuvres de commutation, etc.)
 - Autres sources de perturbations
- Influences internes
 - Courts-circuits
 - Champs magnétiques
 - Pics de tension et de courant dus à des manœuvres de commutation
 - Transfert du potentiel
 - Sources de perturbations

Les zones de protection sont appelées LPZ (Lightning Protection Zone). Le chiffre indique le degré de protection.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 28 sur 55

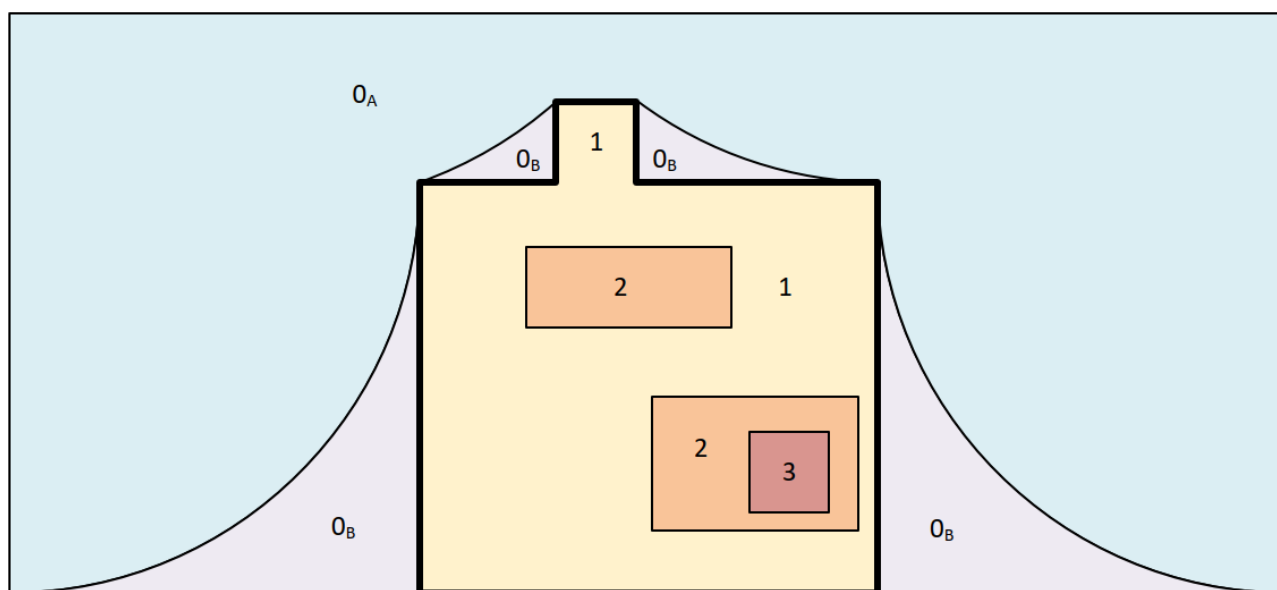


Figure 5 : Zones de protection

Zones extérieures :

LPZ 0

Zones menacées par le champ électromagnétique non atténué de la foudre. Les systèmes internes peuvent être exposés à la totalité ou à une partie du courant de foudre.

LPZ 0A

Zones exposées aux coups de foudre directs et au champ électromagnétique intégral de la foudre. Les systèmes internes peuvent être exposés à la totalité du courant de foudre.

LPZ 0B

Zones protégées contre les coups de foudre directs, mais exposées au champ électromagnétique intégral de la foudre. Les systèmes internes peuvent être exposés à une partie des courants de foudre.

Zones intérieures :


LPZ 1

Zones dans lesquelles les courants de choc sont limités par la division du courant et par des interfaces isolantes et/ou par des parafoudres aux limites de la zone. Le champ électromagnétique de la foudre peut être atténué par un blindage spatial.

LPZ 2 ... n

Zones dans lesquelles les courants de choc peuvent être encore plus limités par la division du courant et par des interfaces isolantes et/ou par des parafoudres supplémentaires aux limites de la zone. Le champ électromagnétique de la foudre peut être encore atténué par un blindage spatial supplémentaire.

Les zones suivantes doivent être appliquées pour les installations situées sur le territoire de l'OFROU :

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 29 sur 55

Zones extérieures : LPZ 0, 0A, 0B

Zones intérieures : LPZ 1, 2, 3

Limites de zones / transitions de zones

Les zones de protection sont définies et délimitées par les dispositions prises => limite de la zone.

Si des lignes ou des parties d'installation traversent une limite de zone, des mesures sont nécessaires, généralement une protection par des parafoudres adaptés. Si des câbles sont poursuivis sans protection après un passage de zone, ils doivent être acheminés dans leur propre chemin de câbles CEM continu jusqu'au prochain parafoudre. Par exemple, de l'entrée du bâtiment jusqu'à l'armoire électrique.

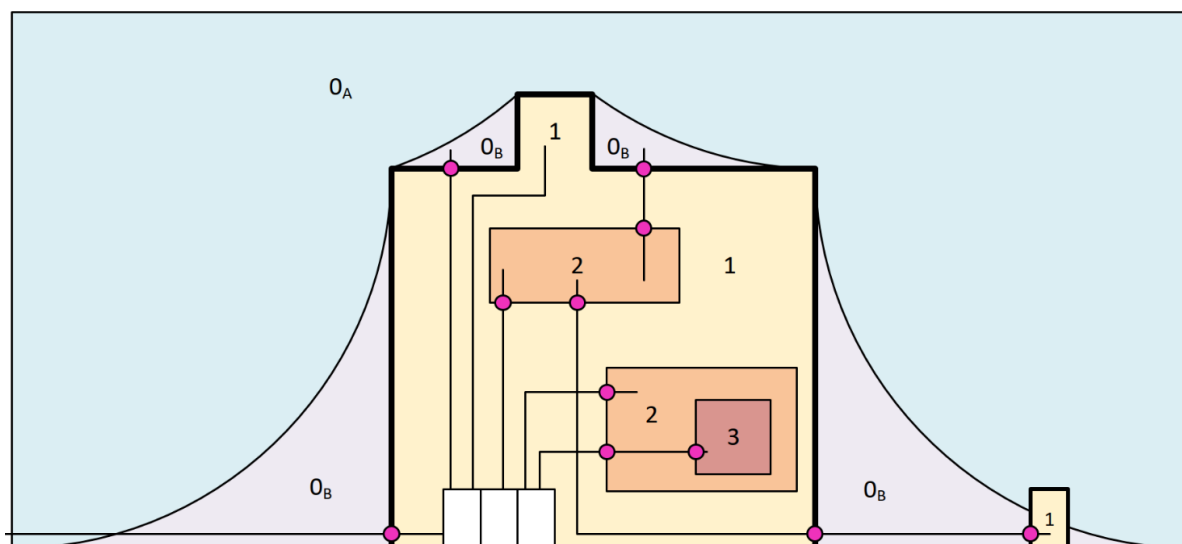


Figure 6 : Modèle de zone

Installations sous des lignes aériennes


Avec son câble souterrain, une ligne aérienne agit comme une ligne de capture de la foudre. Cela signifie que les installations situées en dessous d'une ligne aérienne ou de son câble souterrain sont protégées contre un coup de foudre direct grâce à leurs propriétés et qu'il est donc possible de renoncer à une protection extérieure contre la foudre.

Pour l'observation et le calcul, on peut appliquer la méthode de la sphère roulante le câble souterrain étant considéré comme l'arête de contact. Cette méthode (de la sphère roulante) consiste à déplacer une sphère fictive, dont le rayon correspond à la classe de protection contre la foudre, sur le terrain ou l'objet. Partout où la sphère touche l'objet, il y a un risque de coup de foudre direct. Les câbles conducteurs agissent comme une sorte de protection mais, comme ils ne sont normalement pas mis à la terre, ils ne sont pas pris en compte dans la considération d'un système de protection contre la foudre.

Selon la norme SN 414022 (chapitre 5.2 Classes de protection contre la foudre), le rayon pour la méthode de la sphère roulante est de :

Classe de protection contre la foudre II : 30 m

Classe de protection contre la foudre III : 45 m

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 30 sur 55

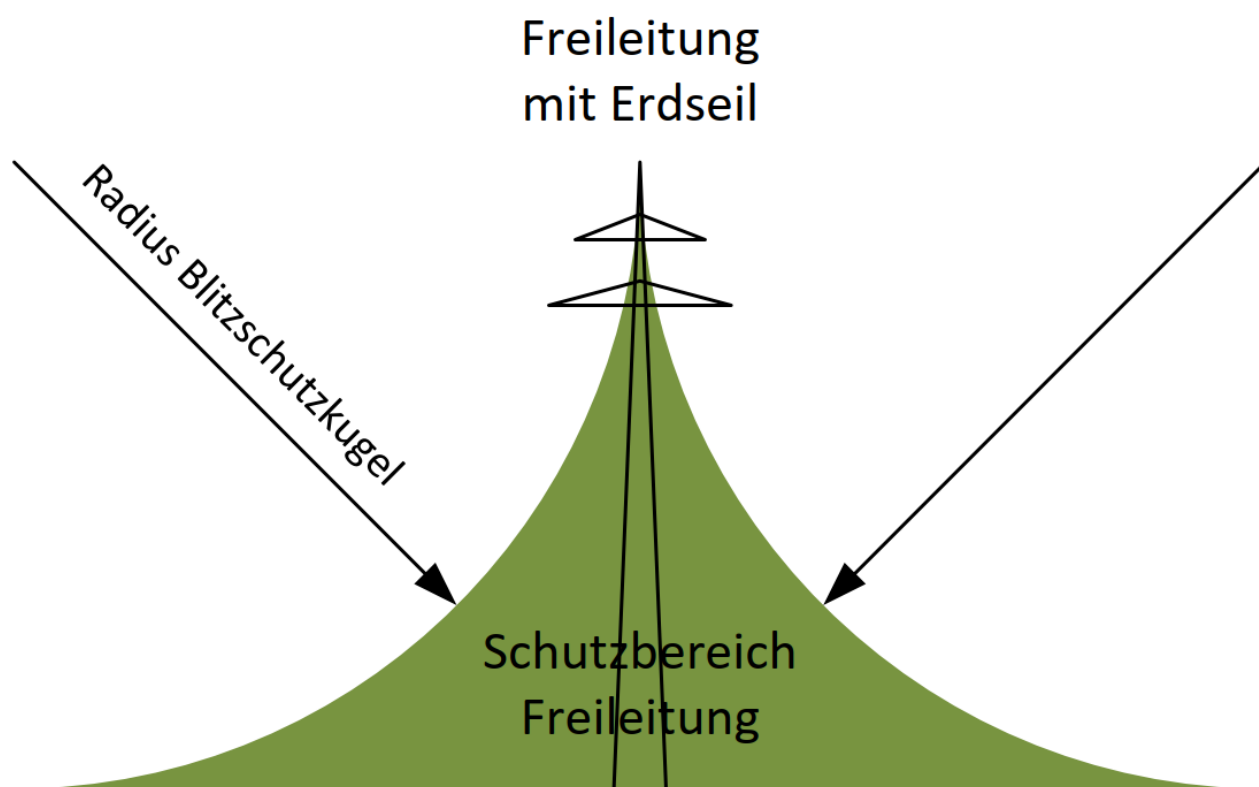


Figure 7 : Zone de protection d'une ligne aérienne avec câble souterrain

Installations sous les portiques de signalisation et les potences

Les portiques de signalisation ont le même effet protecteur que les lignes aériennes, mais ils sont moins hauts.

Il en va de même pour les potences qui sont mises à la terre, à savoir les potences avec éclairage, caméras, capteurs, etc. Les potences agissent comme une tige de capture (voir aussi SN 414022, Angle de protection des tiges de capture).


Les installations situées en dessous des lignes aériennes doivent être protégées contre les surtensions.

3.5 Dispositifs de capture

Les structures d'un ouvrage sur lesquelles la foudre peut tomber sont considérées comme des dispositifs de capture. Elles doivent être dimensionnées en conséquence pour éviter tout dommage aux structures.

Si les structures supérieures sont en métal, comme des toits en tôle métallique d'une épaisseur appropriée, elles peuvent être utilisées comme dispositif de capture. Si elles sont insuffisantes ou non métalliques, il faut en créer artificiellement.

Si les ouvrages sont plus hauts que le rayon de la sphère roulante de la classe de protection choisie, cette partie de l'ouvrage risque également d'être touchée par des coups de foudre. Cela peut être le cas pour les cheminées, les bâtiments élevés ou les murs.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 31 sur 55

Quelques exemples :

Objet	Exécution	Précautions
Portiques de signalisation	Structure métallique conductrice	Aucune précaution n'est nécessaire, car la structure est conductrice et robuste et peut donc être utilisée comme dispositif de capture naturel.
Armoires électriques (et objets, par ex. feux de signalisation) au niveau de et sur les portiques de signalisation	Armoire en métal ou en plastique	Si les armoires se trouvent dans la zone de protection du portique, aucune précaution n'est nécessaire. Si elles se trouvent sur le portique et ne sont pas protégées par des structures métalliques, des dispositifs de capture supplémentaires sont nécessaires.
Armoires métalliques indépendantes	Structure métallique conductrice	Aucune mesure n'est nécessaire, car l'épaisseur du matériau est suffisante. Dans les endroits exposés, il peut être utile de protéger l'armoire par une tige de capture.
Bâtiments techniques, bâtiments (non enterré)	Brique ou béton	Dispositif de capture nécessaire.

Maillage des conducteurs de capture

Selon la classe de protection contre la foudre, les conducteurs de capture sur les objets en surface doivent être définis conformément à la norme SN 414022 (chapitre 5.2 Classes de protection contre la foudre) [9].

Dispositifs de capture naturels

Toutes les structures métalliques situées sur un toit peuvent être utilisées comme dispositif de capture, à condition que l'épaisseur du matériau soit suffisante et que les connexions aux descentes puissent être raccordées.


Dispositifs de capture artificiels

En l'absence de dispositifs de capture naturels ou de dispositifs suffisants, il est nécessaire d'en installer ou d'en ajouter.

Les variantes utilisées sont des fils ronds en cuivre ou en acier inoxydable, avec le matériel de montage et de fixation adapté.

Selon l'application, il est également possible d'utiliser des câbles de sécurité surplombant une installation ou des tiges de capture.

Si les bâtiments sont classés monuments historiques ou s'ils doivent répondre à des exigences architecturales, les services concernés doivent être impliqués dans la conception et le dimensionnement de la protection contre la foudre. La distance de séparation doit être prise en compte et respectée.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 32 sur 55

3.5.1 Descente


Les descentes relient le dispositif de capture à l'installation de mise à la terre. Pour les bâtiments, il faut au moins deux descentes. Le nombre minimal dépend de la taille du bâtiment et de la classe de protection contre la foudre. Un nombre maximal n'est pas défini.

Le courant est divisé par le nombre de descentes. Par conséquent, le champ magnétique qui en résulte diminue lorsque le nombre de descentes augmente.

Les installations sensibles aux champs magnétiques, telles que les appareils de traitement de données, etc. ne doivent pas être placées à proximité des descentes.

3.5.2 Installations de mise à la terre

Cf. chapitre 4.3.1 Électrode de terre.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 33 sur 55

4 Protection interne contre la foudre et les surtensions

Le rôle de la protection interne contre la foudre et les surtensions, en tant que partie d'un système de protection contre la foudre, est d'exclure les incendies provoqués par les courants de foudre dans l'installation électrique, les risques pour les personnes et les dommages aux installations et aux appareils. En outre, les tensions électriques trop élevées sont réduites par la protection contre les surtensions.

Dans les installations de consommation à basse tension, des surtensions apparaissent, provoquées par la foudre, des manœuvres de commutation dans le réseau électrique en amont ou des courts-circuits. Ces tensions électriques élevées peuvent endommager, voire détruire, les systèmes et appareils électriques et électroniques.

Mesures principales :

- Liaison équipotentielle et équipotentialité de protection
- Protection contre les surtensions
 - Coordination de l'isolation
 - Coordination des parafoudres

4.1 Bases

Systèmes de protection contre la foudre SN 414022

Série de normes Protection contre la foudre SN EN 62305

4.2 Exigences générales

Les systèmes de protection contre la foudre doivent être à la pointe de la technique et être conçus, dimensionnés, exécutés et entretenus pour être efficaces et prêts à fonctionner en tout temps.

4.3 Zones de protection


Cf. chapitre 3.4 Zones de protection.

4.3.1 Électrode de terre

Définition d'une électrode de terre, conformément au chapitre 1.6 Termes et abréviations :

Partie électriquement conductrice (bandes métalliques, fils, armatures, enveloppes métalliques de câbles, etc.) incorporée dans le sol ou dans les fondations en béton, en contact permanent avec ces éléments et présentant une bonne conductivité électrique.


Pour les bâtiments et les constructions plus récents, on utilise généralement des électrodes de terre de fondation, qui sont planifiées et réalisées lors de la construction. L'expérience montre qu'il est conseillé de coordonner au préalable les exigences avec la construction lors de la planification par les différents sous-domaines.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 34 sur 55

Les bases à prendre en compte sont les dispositifs de capture et les descentes, la résistance spécifique de la terre, les éventuelles installations de mise à la terre dans les environs, les lignes posées, le système de support de câbles et les autres grandes constructions métalliques.

En fonction du bâtiment, de l'ouvrage et des conditions (courants de court-circuit, installations dans les environs, etc.), un ruban de terre (ou un système d'électrodes de terre en profondeur) peut s'avérer nécessaire autour d'un ouvrage. La construction s'en charge également. Une coordination précoce avec les différents sous-domaines est impérative.

Les électrodes de terre de fondation doivent être réalisées conformément à la norme SN 464113.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 35 sur 55

5 CEM

La compatibilité électromagnétique (CEM) désigne la capacité d'un appareil technique à ne pas perturber d'autres appareils par des effets électriques ou électromagnétiques indésirables ou à ne pas être perturbé par d'autres appareils.

Il existe trois types de couplage pour les perturbations (mécanisme d'action) :

Couplage inductif

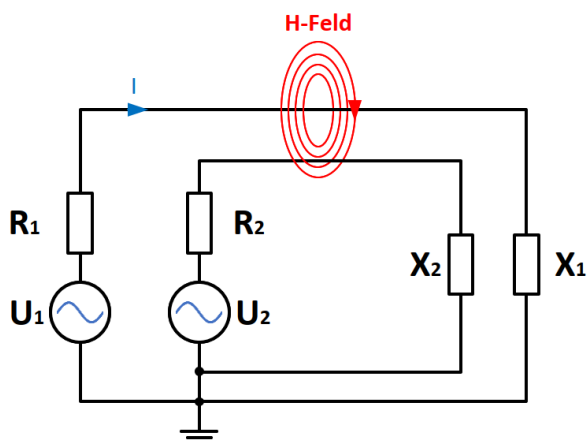


Figure 8 : Principe du couplage inductif

Le couplage se fait par le champ magnétique (champ alternatif) d'un conducteur parcouru par un courant dans la boucle conductrice d'un appareil (câble de données métallique, câble d'alimentation, etc.). Le signal parasite ainsi induit se superpose au signal utile et provoque ainsi une irritation ou une perturbation de l'appareil.

Exemple : le champ magnétique d'un câblage entre le moteur et le convertisseur de fréquence peut induire des signaux parasites dans les lignes de mesure et d'alimentation du réseau si la mise à la terre n'est pas adaptée.

Couplage galvanique

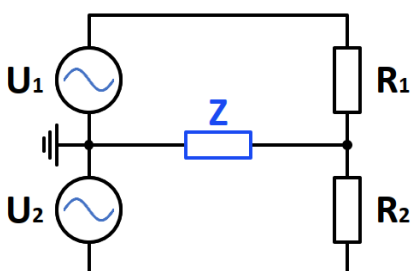



Figure 9 : Principe du couplage galvanique

Le couplage se fait par l'utilisation commune d'une ligne ou d'un conducteur. L'élévation de tension qui en résulte entraîne une irritation ou un dysfonctionnement de l'appareil.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 36 sur 55

Exemple : les conducteurs neutres du réseau triphasé et les appareils d'alimentation électroniques (courant non sinusoïdal) peuvent entraîner une surcharge du conducteur neutre.

Couplage capacitif

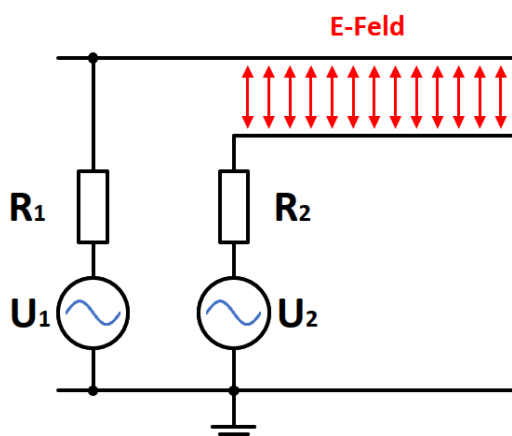


Figure 10 : Principe du couplage capacitif

Le couplage se fait entre deux conducteurs par la capacité qui existe entre eux. Au sens large, les lignes représentent les deux plaques d'un condensateur. La capacité est directement proportionnelle à la longueur des deux lignes parallèles. Le signal parasite augmente avec la fréquence.

Exemple : lors d'une manœuvre de commutation (mise sous tension d'une ligne), un signal parasite (pointe de tension) est généré dans une ligne parallèle.

Traitement de la gaine des câbles

Les blindages des câbles à haute tension doivent être mis à la terre aux deux extrémités. En cas de difficultés techniques importantes, la mise à la terre unilatérale est autorisée (ordonnance sur le courant fort, art. 59). Dans de tels cas, il peut être utile de poser un conducteur de terre parallèle, mis à la terre aux deux extrémités.

Câbles haute tension (50 kV et plus) :


Les gaines des câbles unipolaires sont généralement mises à la terre d'un côté et munies de parafoudres de l'autre côté.

Les blindages doivent toujours être mis à la terre sur au moins un côté. Dans le cas contraire, le blindage se charge (couplage capacitif) ce qui peut entraîner des dommages corporels et matériels. Il est recommandé de poser un conducteur de terre parallèle.

Câbles moyenne tension (1 kV à 36 kV) :

Les gaines de câbles sont généralement mises à la terre aux deux extrémités (en fonction de la philosophie de mise à la terre de l'entreprise d'approvisionnement en électricité, voir aussi l'ordonnance sur le courant fort 734.2, art. 59, alinéa 5). Si elles ne sont mises à la terre que d'un côté, l'autre côté doit être équipé de parafoudres.

Les blindages doivent toujours être mis à la terre sur au moins un côté. Dans le cas contraire, le blindage se charge (couplage capacitif) et des dommages corporels et matériels surviennent.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 37 sur 55

Câble basse tension (moins de 1 kV) :


Un éventuel blindage de câble doit être mis à la terre aux deux extrémités (voir aussi l'ordonnance sur le courant fort 734.2, art. 59, al. 6).

Câbles de données :

Les blindages de câbles doivent toujours être mis à la terre aux deux extrémités. Il ne faut pas oublier que le blindage peut être sollicité par des câbles d'énergie posés en parallèle, par couplage magnétique ou ohmique. Dans de tels cas, il peut être utile de poser un conducteur de terre de dimensions suffisantes en parallèle au câble de données.

Câbles à fibres optiques :

Ces câbles sont constitués de matériaux non conducteurs. L'armature est également composée de matériaux de renforcement non conducteurs. Dans ce cas, aucune mesure de CEM et de mise à la terre n'est nécessaire ou applicable.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 38 sur 55

6 Installations

Avec des renvois aux chapitres supérieurs

6.1 Alimentation énergétique

6.1.1 Installations à haute tension

Réalisation de la mise à la terre pour les installations (moyenne et) haute tension

La mise à la terre dans les caves des câbles, les locaux des installations de commutation et les cellules des transformateurs doit être effectuée selon

- L'ordonnance sur le courant fort, RS 734.2 ;
- La mise à la terre comme mesure de protection dans les installations électriques à courant fort, SNG 483755 ;
- Les prises de terre des installations électriques de puissance en courant alternatif de tension supérieure à 1 kV, SN EN 50522 ;
- Les règles d'entreprise des gestionnaires locaux des réseaux de distribution (si applicables).


6.1.2 Installations à basse tension

Sont considérées comme installations à basse tension toutes les installations fonctionnant avec des tensions inférieures à 1 kV en courant alternatif (p. ex. systèmes 950 V pour les longues distances) ou inférieures à 1,5 kV en courant continu (p. ex. installations photovoltaïques).

Ce niveau de tension est utilisé pour alimenter les consommateurs (consommateurs standard 230/400 V, ventilation 400/690 V

Ils doivent être exécutés, selon

- La norme d'installation à basse tension (NIBT), SN 411000 ;
- Les terres de fondation, SN 414113 ;
- Les systèmes de protection contre la foudre, SN 414022 ;
- La série de normes Protection contre la foudre, SN EN 62305 (Si non couverte par SN 414022) ;
- L'application de liaison équipotentielle et de la mise à la terre dans les locaux avec équipement de technologie de l'information IT EN 50310 ;
- L'alimentation en énergie des routes nationales (mise à la terre) Directive OFROU 13020 ;
- Les règles d'entreprise des gestionnaires locaux des réseaux de distribution (si applicables).

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 39 sur 55

Stations transformatrices internes

Sont considérées comme « internes » les stations de niveau 6 sur le réseau, à savoir la transformation du niveau de réseau 5 (réseaux de distribution régionaux, 1 à 36 kV) sur le niveau de réseau 7 (réseaux de distribution locaux, jusqu'à < 1 kV), qui sont la propriété de l'OFROU.

Le point neutre d'un transformateur BT est mis à la terre en un seul point de la distribution principale, appelé « point central de mise à la terre ». Si la station transformatrice se compose de plusieurs transformateurs, d'installations d'alimentation sans interruption avec bypass, d'alimentations de secours, d'installations photovoltaïques, etc., les différents points neutres et la position du point central de mise à la terre doivent être traités lors de la conception du projet.

Si un défaut à la terre se produit au niveau du transformateur ou de la ligne d'alimentation de la distribution principale, le courant de défaut à la terre circule depuis le point endommagé jusqu'au point neutre en passant par le point central de mise à la terre. Cela signifie que tous les câbles entre les deux points doivent avoir la même section qu'une phase entre la distribution principale et le transformateur. Par conséquent, les mises à la terre de la salle des transformateurs / des installations de commutation doivent être directement reliées à la distribution principale.

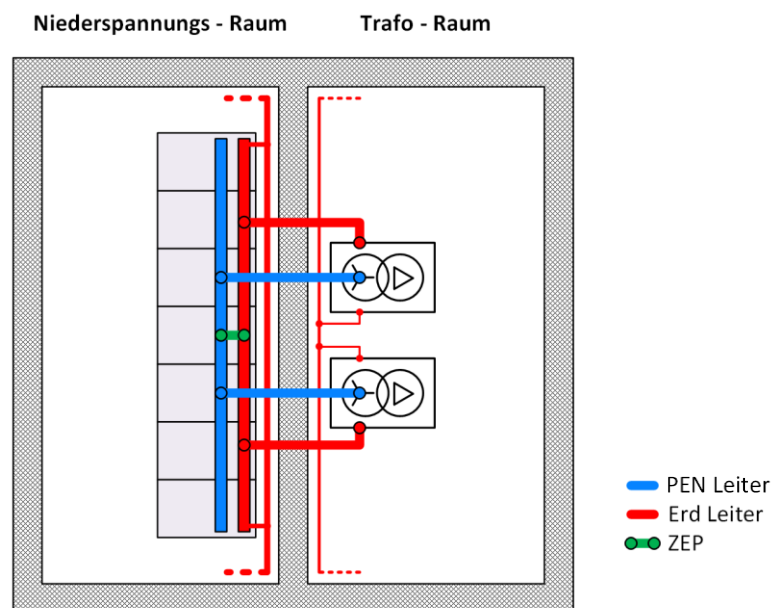



Figure 11 : Point central de mise à la terre dans les stations de transformation internes et les salles BT

Stations transformatrices externes

Les stations transformatrices « externes » ne sont pas la propriété de l'OFROU, mais peuvent se trouver dans des bâtiments et des locaux annexes de l'OFROU.

L'alimentation des installations de l'OFROU se fait par une ligne d'alimentation BT à partir de la station transformatrice externe, directement par un câble avec ou sans boîtier de raccordement domestique. Cette connexion est le plus souvent réalisée en TN-C et transformée en TN-S dans la distribution principale ou le boîtier de raccordement domestique.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 40 sur 55

Les courants de court-circuit maximaux de la ligne d'alimentation (et éventuellement d'autres sources) sont déterminants pour dimensionner l'installation de mise à la terre.

6.1.3 Installations photovoltaïques

Les installations photovoltaïques servent à produire de l'électricité à partir du rayonnement solaire. La conception de leur système veut qu'elles soient pratiquement toujours installées à des endroits exposés des bâtiments, des murs, etc.

Sur un bâtiment équipé d'un paratonnerre, les éléments de construction conducteurs d'électricité situés à l'extérieur, tels que les profilés métalliques et les cadres de modules, doivent être reliés au paratonnerre.

Si le bâtiment ne comporte pas de protection contre la foudre, les éléments métalliques non conducteurs de courant doivent être intégrés dans la liaison équipotentielle principale conformément à la norme sur les installations à basse tension (NIBT).

La mise à la terre et la protection contre la foudre doivent être réalisées conformément :

- Aux installations de production d'énergie photovoltaïque (IPE-PV), directive ESTI n° 233 ;
- À la directive CLC/TS 51643-32 (installations photovoltaïques).

6.1.4 Transformateurs pour l'alimentation en énergie

Concernant l'alimentation en énergie, des transformateurs sont utilisés pour transformer la tension d'alimentation de l'entreprise d'approvisionnement en électricité à la tension requise. Les transformateurs à huile et les transformateurs en résine moulée sont courants.

De par leur conception, les transformateurs en résine moulée ont tendance à produire des décharges de surface en raison de l'encrassement de leur surface lors des pics de tension. Les parafoudres permettent d'empêcher les pics de tension et d'éviter ces claquages.


Trois parafoudres (phase vers terre) doivent être installés côté haute tension, directement au niveau des connexions du transformateur, et doivent être mis à la terre avec une faible impédance et une résistance au courant adaptée.

6.2 Ventilation

Les conduits de ventilation métalliques doivent être raccordés à la liaison équipotentielle dans chaque pièce. Pour les longueurs supérieures à 50 m dans la même pièce, ils doivent être reliés au moins deux fois à la liaison équipotentielle.

Tous les éléments doivent être reliés électriquement entre eux. Les éléments d'amortissement et d'adaptation doivent être pontés.

Si des points d'isolation électrique sont nécessaires, ils doivent être marqués de manière claire et durable. Dans ce cas, chaque conduit de ventilation (section) doit être relié individuellement à la liaison équipotentielle. Les points d'isolation ou de sectionnement doivent être décrits dans le concept de mise à la terre.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 41 sur 55

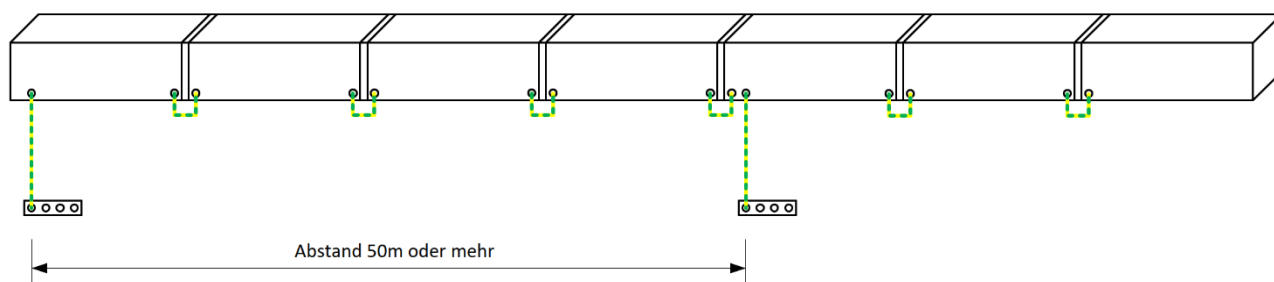


Figure 12 : Conduit de ventilation avec liaison équipotentielle

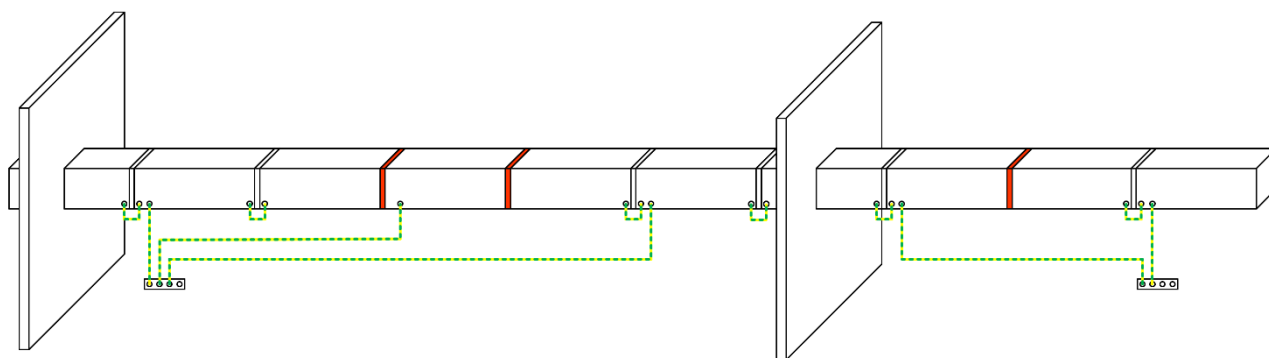


Figure 13 : Conduit de ventilation avec liaison équipotentielle

Exemple de liaison équipotentielle d'un conduit de ventilation avec points d'isolation et de sectionnement (en rouge) et traversées de murs.

6.3 Signalisation

Tunnels


Aucune mesure particulière n'est nécessaire pour la signalisation dans le tunnel. Les appareils sont mis à la terre par le biais de la ligne d'alimentation. Selon les indications du fabricant, un raccordement supplémentaire à la terre peut être prescrit. Les supports, les poutres, etc. doivent être munis d'une liaison équipotentielle à partir d'une certaine taille.

Exception :

La situation doit être réexaminée si des lignes de transit à haute tension sont posées dans le tunnel (galerie technique, galerie de sécurité, etc.).

Tronçon à ciel ouvert

Aujourd'hui, les nouveaux appareils (feux de signalisation, signaux variables, etc.) sont généralement fabriqués en plastique et dotés d'une isolation de protection. Seule une protection contre les surtensions dans l'appareil est nécessaire (selon les indications du fabricant) dans de tels cas.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 42 sur 55

Si les appareils se trouvent dans un boîtier métallique, celui-ci doit être relié de manière électriquement conductrice au mât ou au portique métallique (mise à la terre et protection contre la foudre).

Les câbles entre l'appareil et le bâtiment technique (commande) doivent être équipés d'une protection contre les surtensions aux deux extrémités.


La protection contre les surtensions à l'intérieur de l'appareil est du ressort du fabricant.

6.4 Système de support de câbles

La pose ou la mise à la terre conforme à la CEM est décrite et réglementée dans la norme NIBT, chapitre 4.4.4.7 (et autres).

Si des câbles métalliques, sans parafoudre à l'entrée du bâtiment (SPoE), sont amenés directement dans l'armoire électrique, ils doivent impérativement être passés dans un chemin de câbles blindé séparé depuis l'entrée du bâtiment jusqu'à l'armoire électrique. L'idéal est de disposer d'un chemin de câbles conforme aux normes CEM. Seuls des câbles non protégés peuvent être acheminés dans ce chemin de câbles.

L'armoire électrique doit également être équipée à cet effet.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 43 sur 55

7 Parties d'ouvrage

7.1 Bâtiments techniques

Dans les bâtiments techniques, tous les locaux contenant des installations techniques sont équipés d'au moins une barre d'équipotentialité, voire de plusieurs dans les grandes salles.

Tous les appareils sont raccordés à cette barre d'équipotentialité, lorsque cela est prévu et judicieux.

Dans la mesure du possible, les barres d'équipotentialité sont raccordées en étoile ou en arborescence. Le local de distribution principale (barre principale de mise à la terre, anciennement barre principale d'équipotentialité) sert de référence. Si une pièce est équipée d'une installation MT, elle est également raccordée à la référence.

Les barres d'équipotentialité sont fixées à l'aide d'isolateurs de support, isolés par rapport à l'ouvrage.

Pour les nouvelles installations, la mise à la terre doit être réalisée conformément au dessin 23001-11713.

Les installations existantes ne doivent être adaptées qu'en cas de modifications importantes (distribution principale et/ou transformateur). Les détails doivent être définis dans le MP/DP. Les écarts doivent être documentés.

7.2 Tubes du tunnel

Dans les tubes du tunnel, les accotements et les niches comportent des appareils et installations d'une grande diversité qui doivent être mis à la terre. Pour ce faire, on utilise un ou plusieurs conducteurs de terre longitudinaux par tube.

Dans les tunnels, on ne pose généralement pas de ruban de terre, car le sous-sol est le plus souvent constitué de roche, qui est un mauvais conducteur, ce qui entraîne une résistance de mise à la terre élevée. La mise à la terre des conduits de câbles s'effectue via les conducteurs de terre longitudinaux dans les batteries de tubes.

La connexion de la mise à la terre du tunnel à la terre se fait par le biais d'objets qui possèdent une connexion suffisante à la terre, p. ex. les bâtiments techniques à l'extérieur du tunnel (électrode de terre de fondation) et le tronçon à ciel ouvert (ruban de terre dans les batteries de tubes).

En présence de deux tubes, les conducteurs de terre longitudinaux sont reliés entre eux par les liaisons transversales. Le nombre de connexions dépend des caractéristiques du tunnel.


Les galeries de sécurité et techniques, etc., qui comportent des objets à mettre à la terre, doivent également être équipées d'un conducteur de terre longitudinal. Les galeries doivent être reliées entre elles, comme les tubes du tunnel.

Cf. dessin 23001-11712.

7.3 Tronçon à ciel ouvert

Les batteries de tubes sont équipées avec un ruban de terre (dimensions 25 × 3 mm, Cu nu).

Cf. à ce sujet la fiche technique 23001-14200, Batterie de tubes.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 44 sur 55

Les batteries de tubes ou l'installation de mise à la terre du tronçon à ciel ouvert doivent relier régulièrement les deux côtés de la route par des liaisons transversales. Dans la mesure du possible, les installations de tubes, les traversées, les portiques, etc. existants doivent être utilisés.

Les objets à mettre à la terre le sont par les barres d'équipotentialité des conduits de câbles qui sont reliées aux rubans de terre.

Lors du passage du tronçon à ciel ouvert au tunnel, le conducteur longitudinal du tunnel est relié au système de mise à la terre du tronçon à ciel ouvert à un endroit approprié (conduit de câbles, bâtiment du portail, bâtiment technique près du portail, etc.).

Cf. aussi le dessin 23001-11711, Mise à terre à ciel ouvert.

7.4 Portiques de signalisation

Les portiques de signalisation servent à accueillir des appareils techniques pour la signalisation, la surveillance du trafic, etc. Ils passent par-dessus une ou plusieurs voies de circulation. De par leur situation, ils sont exposés et donc menacés par la foudre et les surtensions.

Les points suivants doivent être mis en œuvre :

- Une protection contre la foudre doit être prévue. Si nécessaire, la mise à la terre doit être adaptée en conséquence
- Les portiques doivent être intégrés ou raccordés au réseau de mise à la terre
- Une protection contre les surtensions doit être prévue, au niveau du portique de signalisation et du bâtiment technique


7.5 Clôtures à gibier

Les clôtures à gibier servent en premier lieu à empêcher les animaux de pénétrer dans le périmètre des routes. Elles sont constituées de poteaux métalliques et d'un grillage.

En principe, elles ne doivent pas être mises à la terre.

Dans la zone d'influence des lignes électriques aériennes, la clôture doit être isolée et segmentée afin d'éviter un transfert de tension ou une tension de contact trop élevée. La longueur et le nombre de segments dépendent des caractéristiques de la ligne aérienne (courant de court-circuit à la terre, taille des fondations, distance par rapport à la clôture, etc.).

Le point de sectionnement doit être créé de telle sorte qu'il y ait une isolation galvanique et que les animaux ne puissent pas le franchir à cet endroit.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 45 sur 55

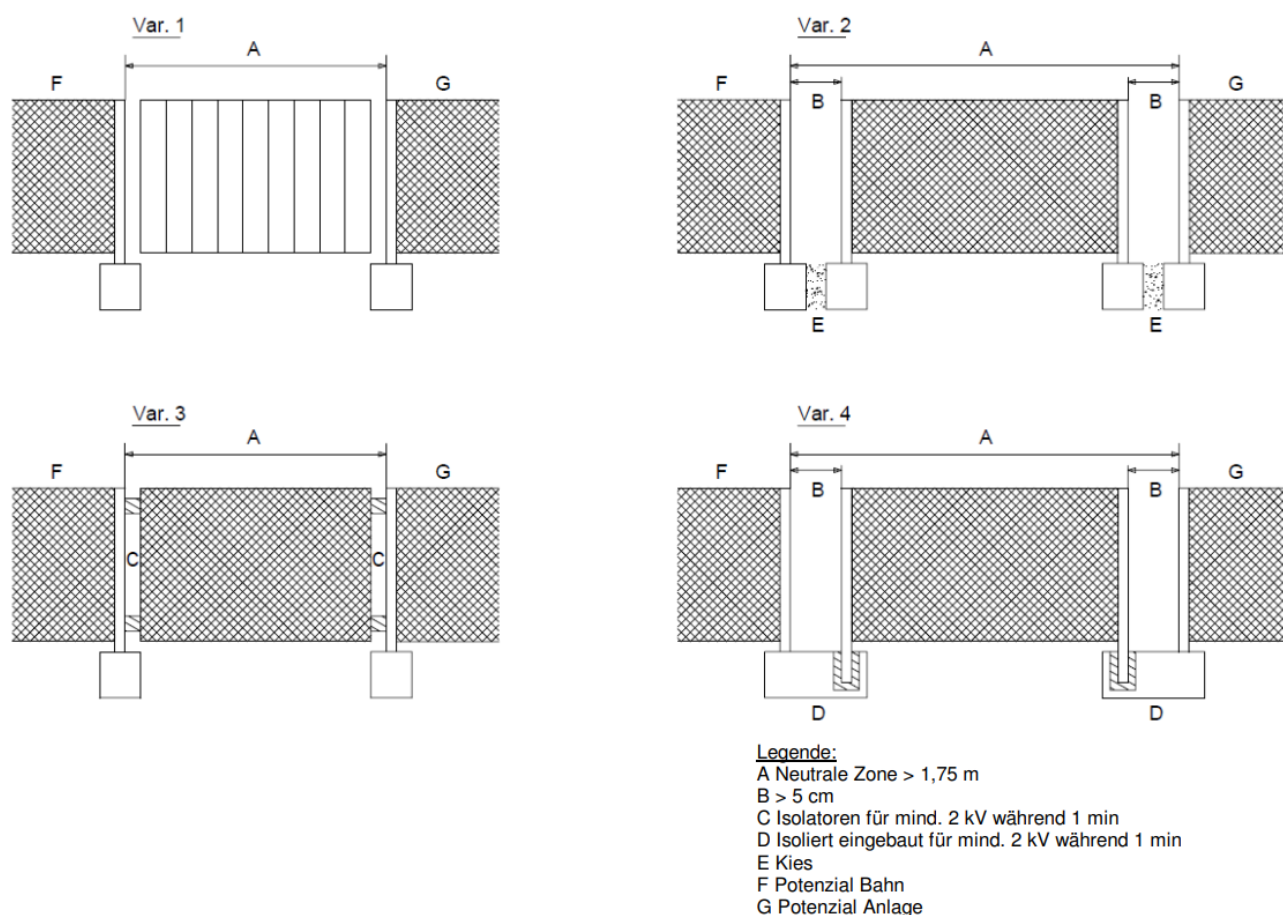


Figure 14 : Exécution possible de points de sectionnement (directive ESTI 503, annexe 3)


Si une clôture à gibier ($\leq 1,75$ m) se rapproche d'un bâtiment ou d'une installation, il faut vérifier si un point de sectionnement est éventuellement nécessaire.

7.6 Glissières de sécurité

Les glissières de sécurité servent à maintenir les véhicules dans l'espace de circulation prévu. En principe, elles ne doivent pas être mises à la terre s'il n'y a pas de raccordements ou d'appareils.

Lorsqu'elles s'approchent d'un ouvrage, elles ne doivent pas le toucher. Si elles se rapprochent de potences équipées d'appareils à une distance $\leq 1,75$ m et si des personnes peuvent se trouver entre les deux, la glissière de sécurité doit être segmentée ou la présence de personnes doit être empêchée, par exemple par des barrières en bois, des plantations de haies ou autres.

Si les glissières de sécurité sont fixées à des bâtiments, elles doivent être reliées électriquement à ces derniers (mises à la terre). En périphérie du bâtiment, des points de sectionnement doivent être prévus dans les glissières de sécurité.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 46 sur 55

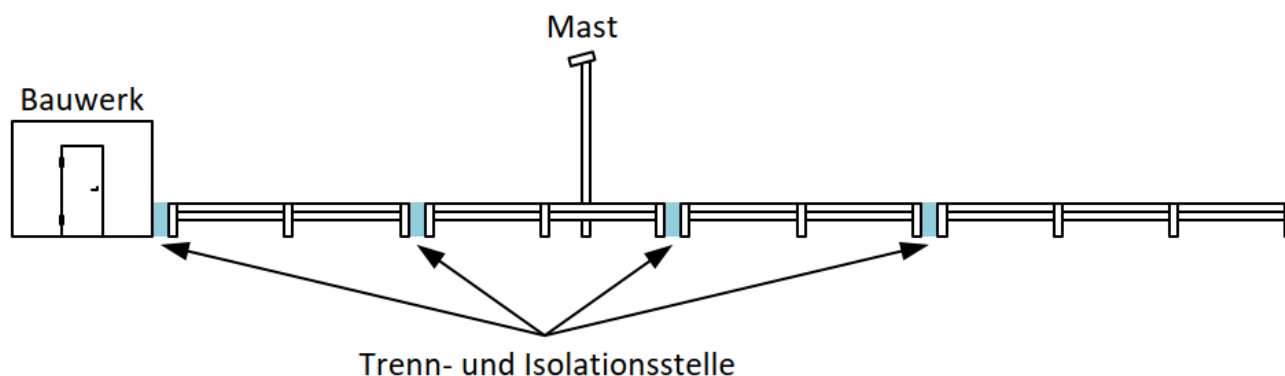


Figure 15 : Glissière de sécurité avec points de sectionnement et d'isolation

Les barrières motorisées en berme centrale se trouvent généralement sur la voie de circulation (emplacement isolé) et sont mises à la terre par le biais du câble d'alimentation. Comme elles sont mobiles, qu'elles sont en plein air et qu'elles peuvent être en contact avec des personnes, elles doivent également être raccordées au réseau de mise à la terre par un câble de 50 mm². Elles doivent être équipées d'une protection interne contre les surtensions.

7.7 Ponts


Les ponts sont généralement équipés d'un garde-corps métallique ou d'une glissière de sécurité et, selon leur longueur et leur emplacement, de pylônes métalliques et de portiques destinés à recevoir des éclairages, des signalisations et des éléments d'affichage.

Les ponts étant recouverts de bitume, la surface est considérée comme isolée.

Les garde-corps, les pylônes et les portiques doivent être reliés au système de terre. Les mesures de mise à la terre des pylônes pour l'éclairage public doivent être coordonnées avec l'entreprise d'approvisionnement en électricité qui assure l'alimentation.

Si différents objets métalliques peuvent être touchés en même temps (distance $\leq 1,75$ m), ils doivent être reliés entre eux de manière électriquement conductrice.

Pour des raisons de protection contre la corrosion, les armatures ne doivent pas être reliées au système de mise à la terre. Si les éléments sont mis à la terre, les fixations doivent être isolées par rapport à l'armature, par ex. par des ancrages isolants de Hilti. Cela s'applique également aux éléments situés dans et sur le caisson du tablier de pont, comme le chemin de câbles. Le schéma ci-dessous illustre la mise à la terre des chemins de câbles avec un câble souterrain à deux positions possibles.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 47 sur 55

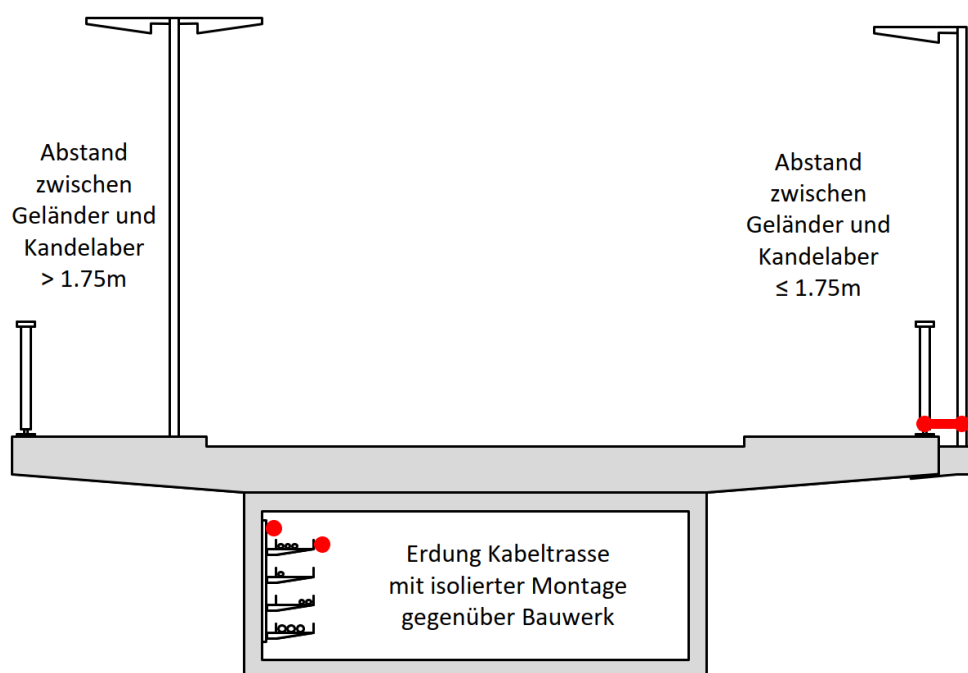


Figure 16 : Pont avec garde-corps et éclairage

7.8 Mâts

Les mâts servent à monter divers appareils, par exemple des capteurs L20, des installations de mesure, des systèmes de surveillance TV du trafic, des installations radio, des éclairages, etc. Ils sont donc exposés et risquent d'être frappés par la foudre.

Si des mâts se trouvent à côté de la chaussée, il ne faut normalement pas s'attendre à des rassemblements de personnes ou à la présence de personnes isolées.


Si le mât se trouve sur une aire de repos, il faut s'attendre à ce que des personnes se trouvent à une distance de contact (rayon de 1 m autour du mât).

Si le mât est entouré d'un revêtement de chaussée d'au moins 10 cm d'épaisseur, il est considéré comme isolé et aucune autre mesure n'est nécessaire.

Si la zone autour du mât est constituée de terre, des mesures sont nécessaires :

- Revêtement de la zone autour du mât
- Précautions rendant l'accès difficile, par exemple une simple clôture en bois autour du mât ou une végétation dense empêchant l'accès

De même, les conditions de coupure électrique de la ligne d'alimentation des appareils électriques situés sur les mâts doivent être vérifiées. Une mise à la terre supplémentaire (ruban de terre autour du mât ou connexion supplémentaire au système de mise à la terre) peut être nécessaire. Il convient d'évaluer les risques potentiels.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 48 sur 55

7.9 Regards

Les regards sont équipés d'une barre d'équipotentialité. Tous les composants à mettre à la terre y sont raccordés, comme le chemin de câbles, les cadres des couvercles de regard (les couvercles de regard sont mis à la terre par simple appui sur le cadre métallique), les conducteurs, etc. Les raccordements à la terre manquants doivent être ajoutés ultérieurement.

Tunnels

Les barres d'équipotentialité dans les regards sont mises à la terre via les conducteurs longitudinaux du tunnel.

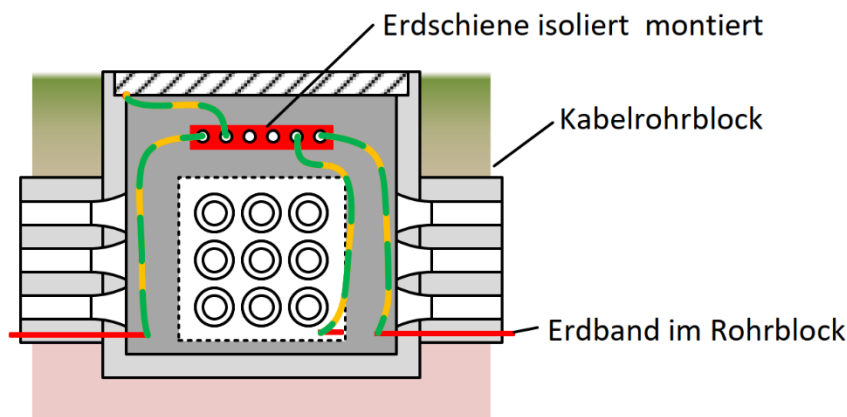


Figure 17 : Conduit de câbles de tunnel avec mise à la terre

Tronçon à ciel ouvert

Les barres d'équipotentialité dans les regards du tronçon à ciel ouvert sont mises à la terre via les rubans de terre qui sont posés dans les batteries de tubes.

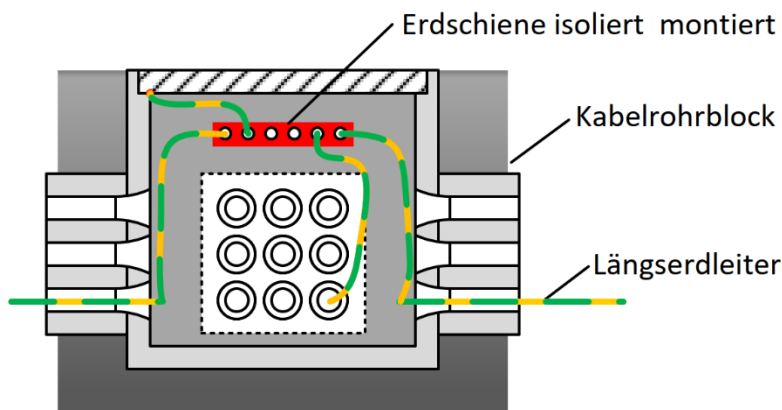



Figure 18 : Conduit de câbles d'un tronçon à ciel ouvert avec mise à la terre


 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 49 sur 55

Transition tunnel – tronçon à ciel ouvert

Dans les regards situés entre le tunnel et le tronçon à ciel ouvert, les rubans de terre et les conducteurs de terre longitudinaux du tunnel sont amenés à la barre d'équipotentialité.

Selon la complexité, il est possible d'utiliser une barre d'équipotentialité pour le tunnel et une autre pour le tronçon à ciel ouvert, en les reliant par un câble.

Si les regards sont petits, non accessibles, ne présentent pas d'éléments conducteurs et qu'aucun câble n'y passe, il est possible de renoncer au rail de terre.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 50 sur 55

8 Installations de tiers

8.1 Lignes aériennes à haute tension

Les lignes aériennes à haute tension sont exploitées à différentes tensions et fréquences. Le type de mise à la terre du point neutre peut entraîner des courants de court-circuit à la terre de différentes ampleurs. En cas de court-circuit à la terre, il se forme autour du point de défaut un « entonnoir de tension » qui peut être dangereux pour les installations et les personnes (dans la zone d'influence des routes nationales, il s'agit principalement de potences ou de leur système de mise à la terre qui se trouvent à côté de la route ou sur le terre-plein central et, dans de rares cas, de sous-stations, p. ex. sous-station d'Asphard près de Rheinfelden à 10 m de la A3 / N3-, CH;170;452.093;-20). En principe, le propriétaire / l'exploitant de l'installation est responsable de la sécurité. Si l'installation se trouve dans la zone d'influence de la route nationale et que des modifications / adaptations / nouvelles constructions sont effectuées, les conditions doivent être vérifiées et des mesures doivent être mises en œuvre le cas échéant.


Paramètres approximatifs :

Réseau d'alimentation 16 kV :	compensé : courant de court-circuit à la terre dans la plage de 50 A
	isolé : courant de court-circuit à la terre dans la plage de quelques 100 A
Réseau 110 kV avec inductance de point neutre :	dans la plage max. de 3 000 A
Réseau 220 kV avec point neutre en mise à la terre rigide :	dans la plage 10 000 A et plus
Réseau 132 kV, 16,7 Hz CFF :	maximum 31,5 kA
Réseau 15 kV, 16,7 Hz, caténaire	40 kA maximum

Les courants de court-circuit à la terre et les temps de coupure au niveau des pylônes sont mis à disposition par l'exploitant / le propriétaire sur demande. Une analyse des risques est ainsi effectuée et des mesures sont nécessaires en cas de risque potentiel pour les personnes et les biens.

Si une ligne aérienne à haute tension croise une route nationale, le champ électrique peut générer des tensions dans des pièces métalliques non isolées de grande taille / longues, comme les clôtures à gibier et les glissières de sécurité. Dans ce cas, il convient de les segmenter (voir chapitres correspondants).

Si les installations de téléphonie mobile situées sur des pylônes à haute tension sont alimentées par des installations des routes nationales, les lignes d'alimentation doivent faire l'objet d'une considération spéciale et ne sont pas traitées ici.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 51 sur 55

8.2 Installations de câbles à haute tension

On fait la distinction entre les câbles situés à proximité du tunnel et les câbles dans le tunnel.

Câbles à proximité du tunnel

Lors du passage des lignes aériennes aux câbles, les pylônes d'extrémité des câbles doivent être considérés de la même manière que les pylônes des lignes aériennes, à la différence que les pylônes d'extrémité des câbles sont pratiquement toujours équipés de parafoudres (pour protéger le câble).

La ligne de câbles ne pose pas d'exigences, car elle est posée dans des batterie de tubes et un risque de courant de court-circuit à la terre peut être négligé dans cette zone.

Câbles dans le tunnel

Pour les lignes de transmission dans les tunnels, le danger provient du champ magnétique et, en cas de dommage / court-circuit du câble, des courants importants dans le réseau de mise à la terre et des différences de tension qui en résultent.

Les armatures et l'installation de mise à la terre doivent être réalisées afin de protéger efficacement les champs magnétiques.

La gaine du câble doit être prise en compte dans le concept de mise à la terre. De même, il convient de tenir compte de la capacité de transport du courant en cas de court-circuit et de la chute de tension qui en résulte, par une mise à la terre et un dimensionnement approprié. Dans le cas des câbles unipolaires, il convient de vérifier la position géométrique et la nécessité des transpositions de phase.

Les courants de court-circuit possibles et d'autres données sont fournis par l'exploitant en charge des câbles.

Exemple : câble haute tension prévu à travers le Gothard : courant de court-circuit à la terre 40 kA. Des lignes pour l'éclairage sont posées en parallèle, en cas de court-circuit, des tensions supplémentaires sont induites dans ces lignes. Des mesures de protection contre les surtensions doivent être examinées et mises en œuvre, ce qui vaut dans ce cas pour toutes les installations situées dans le tunnel.


8.3 Sous-stations

En fonctionnement normal, les sous-stations n'ont que peu ou pas d'influence sur les installations situées à proximité.

Toutefois, si un court-circuit à la terre se produit dans une sous-station, le potentiel de terre y est brièvement augmenté et, selon la distance et les connexions entre les installations, une influence notable peut être exercée.

Il convient de vérifier les points suivants :

- Liaisons entre la sous-station et les installations des routes nationales, en particulier les mises à la terre des gaines de câbles et les armatures des câbles d'énergie.
- Rapprochement des deux installations de mise à la terre ou extension possible des installations de mise à la terre et des installations qui se trouvent dans cette zone. En cas de court-circuit, principalement en cas de court-circuit à la terre, des différences de tension trop élevées peuvent apparaître dans la sous-station (des courants de court-circuit très élevés sont possibles).

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 52 sur 55

Exemple :

La sous-station Asphard de Swissgrid, près de Rheinfelden, distance à la route nationale < 20 m, pas de liaison directe (l'alimentation des installations de la route nationale dans ce secteur se fait à partir d'une autre sous-station, qui n'a pas d'influence). Les installations de la route nationale (glissières de sécurité, clôture à gibier, portique avec panneaux de signalisation électrique) se trouvent à proximité immédiate. De même, plusieurs pylônes à haute tension sont présents dans cette zone.

Une telle installation doit être examinée de plus près et, le cas échéant, des mesures doivent être déterminées et mises en œuvre avec la participation de l'unité territoriale, de l'exploitant et de l'OFROU.

8.4 Infrastructures ferroviaires

Les installations des routes et des chemins de fer peuvent être des ponts, des tunnels, des passages souterrains, des gares, des stations, des tronçons, des pylônes de caténaires, etc.

Le fonctionnement et les courts-circuits peuvent entraîner une augmentation des tensions de pas et de contact à proximité de ces installations. De même, il est possible d'avoir un couplage de flux dans les installations de la route nationale en raison de la grande étendue des deux installations de mise à la terre.

Des indications concernant les mises à la terre des chemins de fer figurent dans le manuel de mise à la terre RTE 27900.

Dans la mesure du possible, les installations doivent être suffisamment distantes l'une de l'autre. Si un rapprochement, voire un contact, ne peut être évité (pont ou ouvrage commun, conduites d'alimentation, etc.), une coordination entre les parties concernées est nécessaire et des mesures doivent être définies et mises en œuvre conjointement.

Pour les anciens trains à courant continu, par exemple les tramways, qui ne circulent pas encore sur un tracé isolé, il faut faire particulièrement attention à la corrosion due au courant continu.


Vous trouverez de plus amples explications sur ce thème dans la « Directive C2 pour la protection contre la corrosion provoquée par les courants vagabonds d'installations à courant continu » de la SGK (Société Suisse de Protection contre la Corrosion).

8.5 Conduites de gaz

Les conduites de gaz sont généralement posées de manière isolée par rapport au sol. Il faut une distance d'au moins 2 m, remplie de terre, de gravier, de sable, etc. par rapport aux installations de mise à la terre.

Si la distance ne peut pas être garantie, une autre solution doit être examinée avec l'exploitant / le propriétaire de la conduite. Il peut s'agir d'un canal de câbles, d'une gaine supplémentaire ou d'une autre mesure.

Les réseaux de conduites isolés doivent être intégrés dans la liaison équipotentielle à l'aide d'un éclateur à l'entrée de l'installation de construction.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 53 sur 55

8.6 Conduites d'eau

Pour les conduites d'eau (en acier et en fonte), deux effets principaux peuvent se produire : corrosion et transfert du potentiel.

Les conduites d'eau qui alimentent les habitations sont aujourd'hui presque exclusivement en plastique ce qui écarte tout risque lié à la corrosion électrique ou à un transfert du potentiel.

Si des conduites en acier existantes sont remplacées par des conduites en plastique, il convient de vérifier si le bâtiment ou l'installation dispose encore d'une résistance de terre suffisamment faible par la suite. Si ce n'est pas le cas, des mesures sont nécessaires, par exemple mise en place d'une électrode de terre de fondation (appointissage et raccordement des fers à béton si possible), d'une installation de mise à la terre dans le sol ou d'une connexion à d'autres dispositifs de mise à la terre si ces derniers existent et si une telle approche s'avère judicieuse. Il faut également vérifier si les installations restantes, principalement les installations d'eau dans le bâtiment, sont mises à la terre conformément aux prescriptions.

Les conduites d'eau en acier existantes qui sortent du bâtiment doivent être munies / dotées ultérieurement d'une pièce isolante. Les tuyaux en acier qui restent dans le bâtiment doivent être mis à la terre conformément aux prescriptions.

Les lignes de transit doivent impérativement être isolées électriquement. L'isolation électrique de la ligne doit rester intacte, sinon elle doit être rétablie ou réparée.

8.7 Mâts radio


Les mâts radio pour la téléphonie mobile ou d'autres services peuvent se trouver sur le territoire des routes nationales. En raison de leur forme, il faut s'attendre à ce que la foudre les frappe.

Si les armoires électriques se trouvent à l'intérieur de bâtiments de la route nationale, les installations de câbles et l'alimentation en énergie de ces installations doivent être protégées contre la foudre (protection contre les surtensions, tracé des lignes, etc.).

Si les armoires électriques se trouvent à l'extérieur des bâtiments, les mesures doivent être prises par l'exploitant.

Toutes les conduites d'alimentation qui arrivent ou qui partent des installations doivent être protégées en conséquence lors de leur introduction dans le bâtiment.


Le mât radio doit être intégré dans le concept de protection contre la foudre.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 54 sur 55

9 Annexe

9.1 Lois, ordonnances, normes, recommandations et directives

	Numéro	Description
[1]	RS 734.0	Loi sur les installations électriques LIE
[2]	RS 734.1	Ordonnance sur le courant faible
[3]	RS 734.2	Ordonnance sur le courant fort
[4]	RS 734.27	Ordonnance sur les installations à basse tension OIBT
[5]	RS 734.31	Ordonnance sur les lignes électriques OLEI
[6]	RS 734.5	Ordonnance sur la compatibilité électromagnétique OCEM
	RS 814.710	Protection contre le rayonnement non ionisant ORNI
[7]	SNG 483755	Mise à la terre comme mesure de protection dans les installations électriques à courant fort
[8]	SN 411000	Norme sur les installations à basse tension (NIBT)
[9]	SN 414022	Systèmes de protection contre la foudre (remplace SNG 464022)
[10]	SN 414113	Terres de fondation (remplace SNG 464113)
	SIA 197	Projets de tunnels – Bases générales
	SIA 197/2	Projet de tunnels – Tunnels routiers
	SIA 205	Pose de conduites et câbles souterrains
[11]	SN EN 50310	Application de liaison équipotentielle et de la mise à la terre dans les locaux avec équipement de technologie de l'information
[12]	SN EN 50522	Prises de terre des installations électriques de puissance en courant alternatif de tension supérieure à 1 kV
	SN EN 61000-6-2	CEM, Immunité pour les environnements industriels
	SN EN 61000-6-4	CEM, Norme sur l'émission pour les environnements industriels
	SN EN 61643-11	Parafoudres connectés aux systèmes basse tension
[13]	SN EN 61663	Protection contre la foudre – Lignes de télécommunication
[14]	SN EN 62305	Série de normes Protection contre la foudre
[15]	Directive 13020	Alimentation en énergie des routes nationales (mise à la terre) Directive OFROU
[16]	ESTI_322_0712	Directives concernant l'établissement et le contrôle d'installations à courant fort des routes nationales des classes 1 et 2
[17]	ESTI_508_1221	Directives Mesures de protection électriques dans les installations de transport par conduites
[18]	ESTI_511_0712	Directives concernant les installations électriques dans les stations d'épuration des eaux usées

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique EES (Équipements d'exploitation et de sécurité) Fiche technique Parties d'ouvrage Câblage	23 001-11710
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Mise à terre et protection contre la foudre	V3.10 01.01.2026
Division Infrastructure routière I		Page 55 sur 55

[20]	SGK C2	Directive pour la protection contre la corrosion des installations métalliques enterrées
[21]	SGK C3	Directive pour la protection contre la corrosion provoquée par les courants vagabonds d'installations à courant continu
	RTE 27900	Manuel des conducteurs de retour de courant et des mises à terre UTP (Union des transports publics)

9.2 Spécifications techniques des unités territoriales

Les unités territoriales disposent parfois de spécifications techniques pour la mise à la terre, la protection contre la foudre et les surtensions.

Pour obtenir des instructions d'exécution détaillées, veuillez consulter les spécifications techniques des unités territoriales.