CAHIER DES CHARGES GENERAL - LIAISONS SOUTERRAINES
CCG – LS

Mars 2019

**Cahier des Charges Général
Liaisons Souterraines HTB
(CCG - LS)**

SOMMAIRE

1 PRESENTATION DU CCG - LS 4
1.1 Objet 4
1.2 Positionnement 4
1.3 Arrêté Technique 5
1.3.1 Objet 5
1.3.2 Application aux liaisons souterraines HTB 5
2 DESCRIPTION GENERALE D'UNE LIAISON SOUTERRAINE 6
2.1 Fonctionnalités d'une liaison souterraine 6
2.2 Composition générale d'une liaison souterraine 6
2.2.1 Partie Électrique de l'ouvrage 6
2.2.2 Partie Génie Civil de l'ouvrage 6
2.2.3 Partie Télécommunication 6
2.3 Description des constituants électriques 7
2.3.1 Câbles de puissance 7
2.3.2 Jonctions 7
2.3.3 Extrémités 8
2.3.4 Matériels associés 8
3 EXIGENCES ELECTRIQUES 9
3.1 Normes et spécifications pour la fourniture des matériels électriques 9
3.1.1 Généralités 9
3.1.2 Composants haute tension 9
3.1.3 Parafoudres de gaine 9
3.2 Tensions d'exploitation du réseau 9
3.2.1 Définitions 9
3.2.2 Tensions d'exploitation 9
3.3 Courants de court-circuit 10
3.3.1 Présentation 10
3.3.2 Intensités et durées des courants de court-circuit 10
3.3.3 Protections contre les courts-circuits 10
3.4 Montée en potentiel des écrans métalliques 10
3.4.1 Description du phénomène 10
3.4.2 Dimensionnement des mises à la terre 10
3.4.3 Présentation générale des techniques de MALT 11
3.5 Induction et conduction 11
3.5.1 Induction électromagnétique 11
3.5.2 Conduction dans le sol 12
3.6 Coordination d'isolement 12
3.6.1 Définition 12
3.6.2 Niveaux d'isolement 12
3.6.3 Distances à respecter 13
3.6.4 Tenue des isolateurs d'extrémités extérieures 13
4 EXIGENCES TELECOMMUNICATION 13
5 EXIGENCES SUR LE GENIE CIVIL 14
5.1 Normes sur les constituants des ouvrages de génie civil 14
5.2 Réglementation sur la compatibilité électromagnétique 14
5.2.1 Description du phénomène 14
5.2.2 Conditions à respecter 14
5.3 Exigences sur les modes de pose 15
5.3.1 Introduction 15

Copyright RTE. Ce document est la propriété de RTE. Toute communication, reproduction, publication même partielle est interdite sauf autorisation écrite du Gestionnaire du Réseau de Transport d'Electricité (RTE)

5.3.2 Modes de pose 15
5.3.3 Ouvrages ponctuels 15
5.4 Protection de l'ouvrage et des tiers 15
5.4.1 Protection mécanique de l'ouvrage 15
5.4.2 Protection des tiers 16
5.5 Qualification des prestataires et des composants électriques 16
6 EXIGENCES THERMIQUES 16
6.1 Description du phénomène 16
6.2 Méthode générale de dimensionnement 17
6.2.1 Norme 17
6.2.2 Principe 17
6.3 Paramètres 17
6.3.1 Saisons 17
6.3.2 Température ambiante 17
6.3.3 Résistivité thermique 17
6.3.4 Température de fonctionnement des câbles 18
6.3.5 Dessèchement du sol 18
6.4 Régime cyclique de la charge 18
6.4.1 Introduction 18
6.4.2 Facteur de forme 18
6.5 Régime de surcharge 19

FIGURES

Figure 1 : Référentiel du CCG-LS 4
Figure 2 : Schéma d'un câble souterrain à isolation synthétique 7

TABLEAUX

Tableau 1 : Distances minimales par rapport aux ouvrages tiers enterrés courants 5
Tableau 2 : Distances minimales à respecter avec une voie ferrée ou une autoroute 5
Tableau 3 : Tensions assignées, maximales et minimales (pour le dimensionnement) 10

Copyright RTE. Ce document est la propriété de RTE. Toute communication, reproduction, publication même partielle est interdite sauf autorisation écrite du Gestionnaire du Réseau de Transport d'Electricité (RTE)

1 PRESENTATION DU CCG - LS

1.1 OBJET

Le présent Cahier des Charges Général - Liaisons Souterraines, désigné par la suite CCG - LS, spécifie les exigences techniques et réglementaires devant être respectées par tout nouvel ouvrage et à proximité de tout ouvrage de liaison souterraine HTB du Réseau Public de Transport (RPT) d'Electricité.

Ces critères prennent notamment en compte :

- les lois, décrets et arrêtés nationaux,
- les normes internationales ou nationales lorsqu'elles existent,
- les spécifications d'entreprise,
- les contraintes techniques pour satisfaire les besoins d'exploitation,
- les paramètres liés à l'impact climatique ou environnemental.

Ce Cahier des Charges Général sera complété par un Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) spécifique à chaque ouvrage, précisant en particulier les spécifications techniques pour la fourniture et la pose des matériels.

Le CCG - LS s'applique aux liaisons souterraines HTB terrestres à courant alternatif. Les ouvrages de liaisons HTB sous-marines ou à courant continu ne sont pas concernés par le présent document.

1.2 POSITIONNEMENT

L'objet de ce paragraphe est de positionner le CCG-LS par rapport au référentiel réglementaire concernant la conception et la réalisation de liaisons souterraines HTB.

Les textes suivants sont opposables dans leur intégralité à toutes les liaisons HTB :

- « l'Arrêté Technique Interministériel fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique » ; il est désigné par la suite par « Arrêté Technique ». Celui-ci fixe les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique.
- NF C18-510. La norme définit les prescriptions permettant d'assurer la sécurité des personnes contre les dangers d'origine électrique, lorsqu'elles effectuent des opérations sur ou au voisinage des ouvrages électriques en exploitation ou sur les mêmes ouvrages électriques en construction, lorsqu'ils se trouvent au voisinage d'autres ouvrages électriques en exploitation.

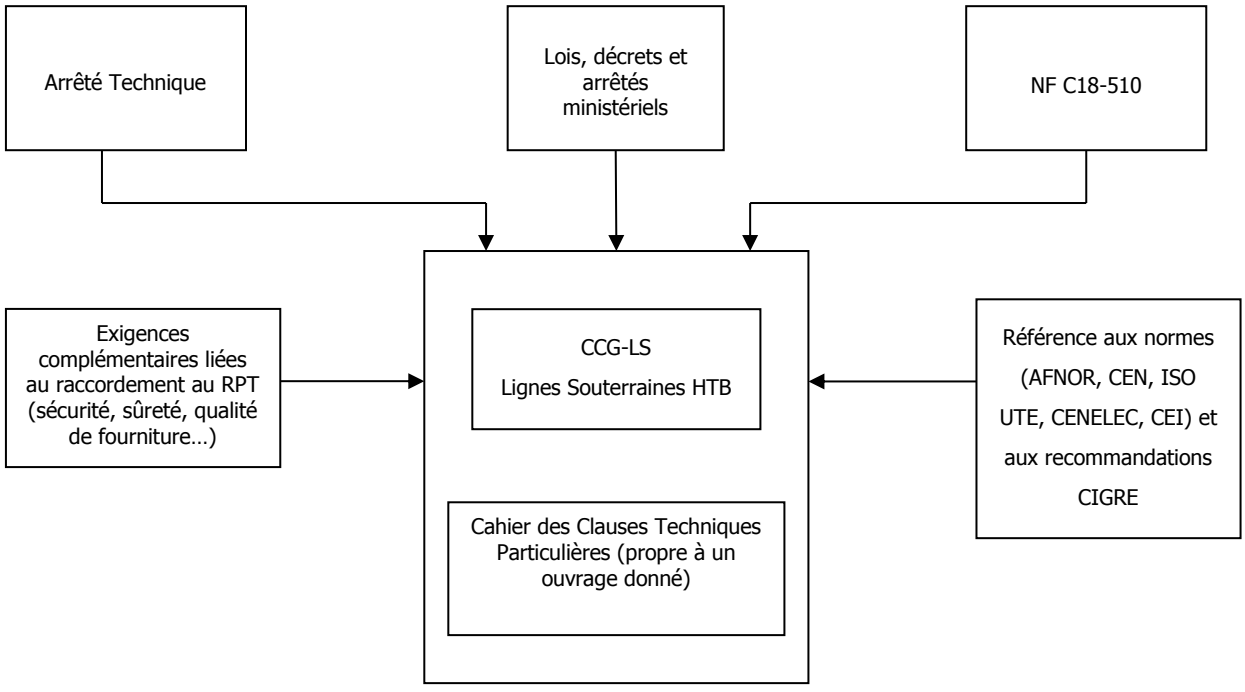


Figure 1 : Référentiel du CCG-LS

Copyright RTE. Ce document est la propriété de RTE. Toute communication, reproduction, publication même partielle est interdite sauf autorisation écrite du Gestionnaire du Réseau de Transport d'Electricité (RTE)

1.3 ARRETE TECHNIQUE

1.3.1 Objet

La construction de tout nouvel ouvrage électrique doit satisfaire certaines prescriptions techniques minimales précisées dans l'Arrêté Technique.

Ainsi, pour les ouvrages souterrains, ces conditions visent principalement à :

- garantir la sécurité du public et celle des personnes travaillant à proximité de l'ouvrage,
- gérer et optimiser l'emprise de l'ouvrage afin de minimiser la gêne occasionnée par celui-ci sur les installations existantes ou futures.

Ce chapitre rappelle les principales dispositions applicables aux ouvrages souterrains. Dans la pratique, le Maître d'Ouvrage doit se référer à la publication originale afin de s'assurer que l'ouvrage souterrain projeté répond effectivement à toutes les prescriptions techniques ainsi définies.

1.3.2 Application aux liaisons souterraines HTB

1. Tracé

Le tracé de l'ouvrage doit satisfaire les dispositions de l'article « Identification » et de l'article « Limitation de l'exposition des tiers aux champs électromagnétiques » de l'Arrêté Technique.

2. Principes généraux de pose

Les principes généraux de pose sont notamment spécifiés :

- dans l'article « Respect des règles de l'art » de l'Arrêté Technique pour les dispositions relatives au respect des règles de l'art,
- dans l'article « Canalisations électriques enterrées » de l'Arrêté Technique pour la protection des tiers,
- dans les articles « Canalisations électriques enterrées », « Canalisations électriques souterraines placées dans un ouvrage », « Voisinage de chemins de fer et d'autres voies rigides pour véhicules guidés ou d'autoroutes » de l'Arrêté Technique pour les conditions de voisinage ou de croisement avec d'autres installations. Celles-ci sont reprises dans les Tableau 1 et Tableau 2.

Installations enterrées à proximité de l'ouvrage électrique considéré	Distances minimales	
	Croisement	Voisinage
Autre liaison électrique souterraine enterrée	0,20 m	-
Liaison de télécommunication enterrée dans le sol	0,20 m	0,50 m
Liaison de télécommunication en fourreaux	0,20 m	0,20 m
Canalisation de transport de fluide (eau, hydrocarbure, gaz, air comprimé, vapeur)	0,20 m	0,20 m

Tableau 1 : Distances minimales par rapport aux ouvrages tiers enterrés courants

Installations à proximité de l'ouvrage électrique considéré	Distances minimales	
	Croisement	Voisinage
Voie ferrée	1,20 m	-[1]
Autoroute	1,20 m	

Tableau 2 : Distances minimales à respecter avec une voie ferrée ou une autoroute

3. Principes généraux d'exploitation

Les principes généraux d'exploitation sont notamment spécifiés :

[1] Il est nécessaire de se rapprocher du concessionnaire concerné pour obtenir l'information.

Copyright RTE. Ce document est la propriété de RTE. Toute communication, reproduction, publication même partielle est interdite sauf autorisation écrite du Gestionnaire du Réseau de Transport d'Electricité (RTE)

- à l'article « Interdiction d'utiliser la terre comme conducteur actif » de l'Arrêté Technique pour les dispositions d'utilisation de la terre,
- aux articles « Voisinage de lignes de télécommunications, induction électromagnétique, influence électrique et élévation de potentiel du sol » et « Voisinage de canalisations de transport de fluide » de l'Arrêté Technique pour la maîtrise des phénomènes électromagnétiques.

2 DESCRIPTION GENERALE D'UNE LIAISON SOUTERRAINE

2.1 FONCTIONNALITES D'UNE LIAISON SOUTERRAINE

Une liaison souterraine HTB est un ouvrage en câbles isolés assurant le transport d'un courant alternatif de tension nominale strictement supérieure à 50 kV. Les niveaux de tension pour le raccordement au RPT sont 63 kV[2], 90 kV, 150 kV[3], 225 kV et 400 kV en courant alternatif.

Une liaison souterraine HTB doit assurer le transport de l'énergie électrique entre deux points qui peuvent être :

- des sites clients (consommateurs et producteurs),
- des matériels dans l'enceinte d'un poste,
- des postes aériens, urbains en bâtiment ou sous enveloppe métallique (PSEM),
- des pylônes aérosouterrains.

Un siphon est une liaison souterraine encadrée par deux tronçons de lignes aériennes, c'est-à-dire qu'elle est située entre deux pylônes aérosouterrains.

La durée de vie minimale pour laquelle l'ouvrage est conçu est de 40 ans, tant pour la partie électrique (au niveau du vieillissement électrique des matériels et de leur étanchéité) que pour la partie Génie Civil.

2.2 COMPOSITION GENERALE D'UNE LIAISON SOUTERRAINE

2.2.1 Partie Électrique de l'ouvrage

Une liaison souterraine est composée d'une partie « électrique » comprenant :

- un multiple de trois câbles de puissance ou de câbles tripolaires permettant le transport de l'énergie pouvant être réduit, dans certains cas particuliers, à un multiple de deux câbles (alimentation de sous-stations de traction ferroviaire),
- des jonctions, si nécessaire, permettant de relier plusieurs longueurs de câble entre elles,
- des extrémités permettant le raccordement des câbles, fixées sur les pylônes, les charpentes de postes ou directement dans les caissons (Poste Sous Enveloppe Métallique) ou compartiments (Poste modulaire),
- des dispositifs associés aux câbles de puissance pour garantir leur bonne exploitation et la sécurité des tiers (Mise A La Terre, protections et automates),

2.2.2 Partie Génie Civil de l'ouvrage

La partie électrique est complétée par une prestation de Génie Civil comprenant : le terrassement, la réalisation d'ouvrages destinés à recevoir les câbles, l'installation des câbles et leurs accessoires (dispositifs de maintien, etc.), le remblaiement et les réfections de surface, en incluant les dispositions nécessaires à la sécurité des tiers.

2.2.3 Partie Télécommunication

L'ouvrage est assorti de câbles de télécommunication, dédiés notamment au pilotage du réseau et à la surveillance et au diagnostic de l'ouvrage.

[2] Pour le 63 kV, sauf spécifications contraires ou précisions dans le CCTP, les spécifications requises sont celles du niveau 90 kV.

[3] Pour le 150 kV, sauf spécifications contraires ou précisions dans le CCTP, les spécifications requises sont celles du niveau 225 kV.

Copyright RTE. Ce document est la propriété de RTE. Toute communication, reproduction, publication même partielle est interdite sauf autorisation écrite du Gestionnaire du Réseau de Transport d'Electricité (RTE)

2.3 DESCRIPTION DES CONSTITUANTS ELECTRIQUES

2.3.1 Câbles de puissance

1. Introduction

Les câbles utilisés doivent être du type unipolaires[4] et à champ radial[5] ou de type tripolaires dans certains cas particuliers.

Les câbles unipolaires sont constitués de six parties concentriques, de l'intérieur vers l'extérieur : l'âme (1), l'écran semi-conducteur sur l'âme (2), l'enveloppe isolante (3), l'écran semi-conducteur sur l'enveloppe isolante (4), la nappe de fil et/ou l'écran métallique (5) et la gaine de protection extérieure (6). Pour des technologies ou utilisations particulières, des couches spécifiques comme le frettage ou une armure peuvent être ajoutées.

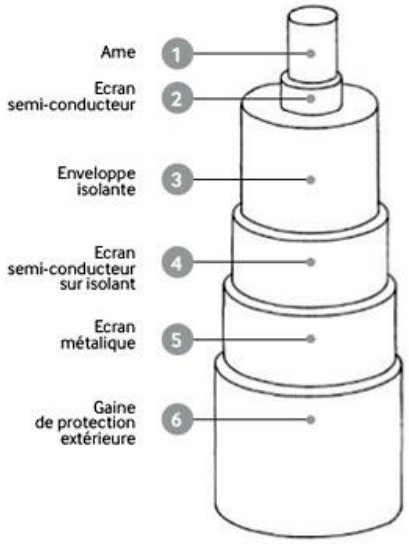


Figure 2 : Schéma d'un câble souterrain à isolation synthétique

2. Technologies

Les ouvrages neufs sont réalisés avec des câbles à isolation synthétique. L'enveloppe isolante doit être constituée d'une ou plusieurs couches extrudées en une seule opération, de polyéthylène réticulé (PR).

L'utilisation d'autres technologies doit être soumise à l'accord préalable de RTE.

Les raccordements sur des portions d'ouvrages réalisés avec d'anciennes technologies (exemple : câbles à isolation papier à huile fluide) sont effectués de préférence avec des câbles à isolation synthétique ou, à défaut, avec des câbles de la technologie d'origine.

2.3.2 Jonctions

1. Introduction

L'ouvrage est généralement composé de plusieurs longueurs de câbles, appelées tronçons. Ces derniers doivent être reliés entre eux par des jonctions de puissance.

2. Caractéristiques fonctionnelles des jonctions

Les jonctions de puissance doivent assurer les mêmes fonctions de continuité électrique, d'isolement et d'étanchéité que les câbles qu'elles relient.

Elles peuvent être de plusieurs types :

- avec ou sans mise à la terre,
- avec ou sans arrêt d'écran

[4] C'est-à-dire un câble par phase. Par opposition, un câble multipolaire est un ensemble de conducteurs électriquement distincts mais comportant une protection commune

[5] Cette dernière disposition a pour but de prémunir la couche isolante des contraintes tangentielles.

Copyright RTE. Ce document est la propriété de RTE. Toute communication, reproduction, publication même partielle est interdite sauf autorisation écrite du Gestionnaire du Réseau de Transport d'Electricité (RTE)

- droite ou de transition (destinées à relier deux câbles différents : sections, âmes, isolants, écrans).

3. Conditions d'installation

Comme pour les câbles, les jonctions doivent être installées de telle sorte que le confinement des défauts éventuels est assuré, conformément aux dispositions de l'Arrêté Technique du 17 mai 2001.

Elles doivent être disposées dans des ouvrages de Génie Civil nommés « chambre de jonctions ».

2.3.3 Extrémités

1. Introduction

Les extrémités doivent raccorder les câbles isolés à des pièces nues dans l'air ou dans un fluide isolant (sur portiques en poste, sur pylône aérosouterrain, directement sur une traversée de transformateur…).

2. Caractéristiques fonctionnelles

Les extrémités doivent assurer la transition entre l'isolant du câble souterrain et l'isolant constitué :

- d'air au niveau des dispositifs aériens, pour les extrémités extérieures ou intérieures,
- d'huile ou de gaz (principalement hexafluorure de soufre SF6) au niveau du système de raccordement au caisson du transformateur ou au poste sous enveloppe métallique.

Le déflecteur de champ installé sur les extrémités du câble doit satisfaire les critères de tenue diélectrique.

Les extrémités peuvent être de trois types selon le type d'appareil sur lequel elles sont raccordées :

- les extrémités extérieures,
- les extrémités intérieures,
- les extrémités sous enveloppe métallique.

3. Conditions d'installation

Quel que soit le type d'extrémité considéré et son lieu d'implantation, le Maître d'Ouvrage doit prendre les dispositions nécessaires pour garantir une liaison équipotentielle entre l'embase de l'extrémité et son support. Les caractéristiques du câble de terre doivent être adaptées au site et ce câble doit être connecté au réseau général de mise à la terre du poste ou du pylône aérosouterrain.

Les conditions d'installation des extrémités doivent garantir, de façon pérenne, l'isolement entre le support considéré d'une part, et l'embase métallique des extrémités d'autre part. Ces conditions doivent respecter les spécifications mécaniques et dimensionnelles définies :

- dans le CCG - Postes (Structures et matériels HTB) lorsqu'il s'agit d'une installation sur une charpente de poste ou dans un poste intérieur modulaire,
- dans le CCG - Lignes Aériennes HTB lorsqu'il s'agit d'un pylône aérosouterrain.

Dans le cas des extrémités sous enveloppe métallique, ces conditions sont déterminées par les fournisseurs de câbles isolés et de matériels sous enveloppe métallique.

2.3.4 Matériels associés

1. Limiteurs de surtension

Afin de garantir le non-dépassement des valeurs limites lors de chocs de foudre ou de chocs de manœuvre (haute fréquence), des dispositifs de protection doivent être mis en place dans les installations de mise à la terre par connexions spéciales d'écrans (cf. 3.4.3). Les dispositifs devant être mis en place sur les ouvrages de liaisons souterraines sont des limiteurs de surtension.

Les limiteurs de surtension doivent assurer la protection contre les chocs de manœuvre et les chocs de foudre :

- de la gaine extérieure du câble,
- des jonctions à arrêt d'écrans,
- des extrémités,
- des anneaux isolants dans les extrémités en caissons blindés.

Les caractéristiques des limiteurs de surtension doivent être telles que :

Copyright RTE. Ce document est la propriété de RTE. Toute communication, reproduction, publication même partielle est interdite sauf autorisation écrite du Gestionnaire du Réseau de Transport d'Electricité (RTE)

- la tension de service en régime permanent de chaque limiteur soit au moins égale à la tension permanente supportée par la gaine en régime pleine charge,
- la tension admissible en court-circuit soit calculée en fonction de la plus forte tension 50 Hz qui lui est appliquée lors de défauts,
- la capacité de dissiper sans dommage l'énergie dégagée par suite de manœuvres sur le réseau ou de chocs de foudre soit garantie.

Les limiteurs de surtension choisis doivent avoir une tension d'amorçage, en choc à fréquence industrielle et en choc de foudre, inférieure à la tenue de la gaine de protection.

Les transformateurs et les postes sous enveloppe métallique (PSEM) du RPT sont isolés des écrans des câbles. Il est donc nécessaire de disposer de limiteurs de surtension raccordés d'une part à la masse du transformateur/PSEM et d'autre part aux écrans métalliques des câbles afin d'éviter tout contournement.

2. Parafoudres de phase

Des parafoudres de phases doivent obligatoirement être mis en œuvre à chaque extrémité du câble aux raccordements aérosouterrains. Les conditions d'installations sont précisées dans le CCG - LA.

3. Câbles de terre et de liaison

Ces câbles, installés aux extrémités et/ou aux jonctions, fournissent un chemin pour évacuer les courants de défauts. Le recours à ces différents matériels (nombre, emplacements, unipolaires ou coaxiaux) est fonction du mode de mise à la terre retenu ; leur dimensionnement dépend du courant de défaut à évacuer.

3 EXIGENCES ELECTRIQUES

3.1 NORMES ET SPECIFICATIONS POUR LA FOURNITURE DES MATERIELS ELECTRIQUES

3.1.1 Généralités

Tous les matériels doivent satisfaire aux spécifications édictées par RTE. En l'absence de celles-ci, les matériels doivent être prioritairement conformes aux normes françaises si elles existent et aux normes internationales en vigueur.

3.1.2 Composants haute tension

Tous les câbles et accessoires haute tension doivent être conformes aux spécifications RTE en vigueur, relatives à la fourniture des câbles et matériels de raccordement pour les liaisons souterraines du 63 au 400 kV.

3.1.3 Parafoudres de gaine

Les parafoudres de gaine doivent être conformes à la norme CEI 60099-4.

3.2 TENSIONS D'EXPLOITATION DU RESEAU

3.2.1 Définitions

Notations suivantes relatives à la tension d'exploitation du réseau :

U_0 : valeur efficace de la tension assignée, à fréquence industrielle, entre une âme conductrice et la terre ou l'écran métallique,

U : valeur efficace de la tension assignée, à fréquence industrielle, entre deux âmes conductrices,

U_m : valeur efficace de la tension maximale assignée, à fréquence industrielle, entre deux âmes conductrices pour laquelle le câble et ses accessoires ont été conçus,

U_{min} : valeur efficace de la tension minimale assignée, à fréquence industrielle, entre deux âmes conductrices.

3.2.2 Tensions d'exploitation

1. Valeurs

Le Tableau 3 donne les valeurs à prendre en compte pour U et U_0, et précise par ailleurs les valeurs maximales U_m retenues et minimales U_{min} pour le dimensionnement.

Copyright RTE. Ce document est la propriété de RTE. Toute communication, reproduction, publication même partielle est interdite sauf autorisation écrite du Gestionnaire du Réseau de Transport d'Electricité (RTE)

U_0 (kV)	U (kV)	U_m (kV)	U_{min} (kV)
36	63	72,5	63
52	90	100	90
130	225	245	220
230	400	420	390

Tableau 3 : Tensions assignées, maximales et minimales (pour le dimensionnement)

2. Conséquences sur le dimensionnement des câbles

Pour un câble souterrain, la tension d'exploitation du réseau intervient :

- pour le dimensionnement de l'épaisseur de son enveloppe isolante,
- pour la détermination de la section de l'âme nécessaire au transport d'une puissance donnée.

CONSEQUENCES SUR L'EPAISSEUR DE L'ENVELOPPE ISOLANTE

L'épaisseur de l'enveloppe isolante requise pour un câble est déterminée à partir de la tension assignée entre l'âme du câble et la terre (U_0) et de la valeur maximale admise pour le gradient de potentiel dans le câble.

Dans un réseau triphasé équilibré : $U_0 = \frac{U}{\sqrt{3}}$

CONSEQUENCES SUR LA SECTION DE L'AME

Le dimensionnement doit être réalisé pour la tension minimale du réseau. En effet, pour une puissance donnée, la valeur maximale de l'intensité transitée est obtenue pour la tension minimale.

3.3 COURANTS DE COURT-CIRCUIT

3.3.1 Présentation

Les perturbations atmosphériques susceptibles d'affecter les réseaux électriques aérosouterrains, ainsi que les avaries des matériels, conduisent à des courants de court-circuit monophasés ou triphasés dont les intensités et les durées d'élimination du défaut sont à prendre en compte lors de leur dimensionnement.

3.3.2 Intensités et durées des courants de court-circuit

Les intensités et temps d'élimination des courants de court-circuit du RPT, nécessaires à la qualification des câbles et accessoires, sont définis dans les spécifications RTE en vigueur et jointe au CCTP.

A titre d'information, des valeurs sont données dans le CCG – Contrôle Commande.

3.3.3 Protections contre les courts-circuits

L'ouvrage doit être équipé de protections contre les défauts d'isolement adéquates garantissant son exploitation conforme aux contraintes du réseau dans lequel il s'insère.

3.4 MONTEE EN POTENTIEL DES ECRANS METALLIQUES

3.4.1 Description du phénomène

Lorsque l'âme conductrice d'un câble est parcourue par un courant alternatif, une tension proportionnelle au courant inducteur et à la longueur du circuit et dépendant de la distance entre phases (mode de pose) apparaît sur l'écran métallique.

Cette tension induite doit être prise en compte lors du dimensionnement de l'ouvrage et l'écran doit être relié à la terre en au moins un point.

3.4.2 Dimensionnement des mises à la terre

Les écrans métalliques des câbles de puissance doivent être reliés à la terre au moins en un point de l'ouvrage. Cette mise à la terre est désignée par la suite par MALT. Différentes configurations de MALT sont possibles en respectant les critères de tension induite limite imposés par le RPT français. Les différentes méthodes figurent dans les trois publications CIGRE suivantes :

Copyright RTE. Ce document est la propriété de RTE. Toute communication, reproduction, publication même partielle est interdite sauf autorisation écrite du Gestionnaire du Réseau de Transport d'Electricité (RTE)

- *ELECTRA n°28 Étude des réseaux de câbles à connexion spéciale des gaines*
- *ELECTRA n°47 Étude des réseaux à connexion spéciale des gaines (2ème partie)*
- *ELECTRA n°128 Guide pour la protection des liaisons à connexions spéciales d'écran contre les surtensions d'écran*

3.4.3 Présentation générale des techniques de MALT

Pour satisfaire les exigences de l'Arrêté Technique, le Maître d'Ouvrage doit retenir l'une des deux dispositions suivantes :

- l'annulation de cette tension par mise à la terre de l'écran aux deux extrémités et, éventuellement en d'autres points de la liaison, désignée par « mise à la terre continue ».
- Cette solution, techniquement satisfaisante vis-à-vis de la protection de l'ouvrage et des tiers, n'est pas économiquement optimale vis-à-vis de l'exploitation, car la circulation d'un courant induit dans l'écran métallique entraine des pertes Joule importantes et diminue donc la capacité de transport du câble.
- la limitation de cette tension, aussi bien en régime permanent qu'en régime de défaut, par des techniques de connexions spéciales des écrans métalliques. Il s'agit de la « mise à la terre en un point » et de la « permutation ternaire des écrans ». Cette disposition entraine une élévation du potentiel le long des écrans.

Dans tous les cas, le Maître d'Ouvrage devra réaliser une étude visant à calculer :

- la tension maximale induite sur les écrans, en régime normal d'exploitation et en régime de court-circuit (en tenant compte de l'asymétrie du courant de court-circuit).
- le courant maximal circulant dans les écrans (lié à la MALT continue ou à un déséquilibre dans les permutations d'écran)

Le Maître d'Ouvrage devra prendre les dispositions requises à la protection des personnes et des matériels, spécifiées dans le CCTP. Par ailleurs, les écrans non mis à la terre à l'une ou l'autre extrémité devront être protégés par des limiteurs de surtension.

CAS PARTICULIER DES SIPHONS

Les mêmes modes de mise à la terre peuvent être mis en place pour les siphons, en respectant les règles de sécurité et de tenue des matériels ci-dessus.

Les pylônes aérosouterrains sont équipés d'une prise de terre avec une résistance généralement nettement supérieure à celle du réseau de terre d'un poste. Cette résistance conduit à une élévation de potentiel supplémentaire des écrans en cas de court-circuit de la partie souterraine.

Le Maître d'Ouvrage doit impérativement intégrer ce phénomène lors des études d'un ouvrage en siphon, notamment en renforçant les prises de terre des pylônes encadrant le siphon.

3.5 INDUCTION ET CONDUCTION

3.5.1 Induction électromagnétique

1. Description du phénomène

Les ouvrages constitués partiellement de parties métalliques (circuits de télécommunication, canalisations de fluide...) et longeant les liaisons souterraines peuvent être soumis à des tensions induites, potentiellement préjudiciables à la sécurité des personnes et à la pérennité de ces ouvrages. En conséquence et afin de respecter les spécifications de l'Arrêté Technique, ces tensions induites doivent être limitées.

2. Conséquences sur le dimensionnement des ouvrages de télécommunication

PRINCIPES

Les circuits de télécommunication, circuits industriels de télécommande ou télésignalisation, ou autres circuits équivalents, situés à proximité d'une liaison souterraine, sont les sièges de forces électromotrices induites qui peuvent être importantes en régime normal d'exploitation ainsi que lors d'un défaut monophasé à la terre sur la liaison de transport d'énergie.

Copyright RTE. Ce document est la propriété de RTE. Toute communication, reproduction, publication même partielle est interdite sauf autorisation écrite du Gestionnaire du Réseau de Transport d'Electricité (RTE)

En conséquence, le Maître d'Ouvrage doit calculer la valeur de tension induite dans les circuits de télécommunication existants et prendre les dispositions nécessaires au respect de la réglementation en vigueur. Par ailleurs, il doit requérir l'avis de l'autorité responsable de ces circuits.

DISPOSITIFS DE PROTECTION

Lorsque dans une configuration donnée de l'ouvrage, les valeurs maximales admissibles pour la tension induite sont dépassées, le Maître d'Ouvrage doit soit corriger le tracé de l'ouvrage, soit mettre en place des protections spécifiques, comme l'installation de coffrets assurant la mise à la terre rapide des circuits de télécommunication au moment d'un défaut.

Ces dispositions doivent être soumises à l'agrément de l'autorité responsable des circuits de télécommunication.

CAS PARTICULIERS DES VOIES FERREES

Lorsque l'ouvrage à construire se trouve à proximité des circuits de transmission de signaux ferroviaires, le Maître d'Ouvrage doit respecter les procédures particulières requises par l'exploitant de ces réseaux de transmission.

3. Conséquences sur le dimensionnement des conduites de fluide

Une canalisation de transport de fluide située à proximité d'une liaison souterraine est le siège d'une force électromotrice induite qui peut être importante en régime normal d'exploitation ainsi que lors d'un défaut monophasé à la terre sur la liaison souterraine. Celle-ci peut conduire au claquage du revêtement protecteur de la canalisation et au franchissement électrique des joints isolants.

Le Maître d'Ouvrage doit calculer la valeur de tension induite dans ces conduites par les effets combinés de l'induction électromagnétique et de la conduction dans le sol, et prendre les dispositions nécessaires au respect de la réglementation en vigueur dont les seuils sont définis par les normes NF EN 50443 et NF EN 15280.

3.5.2 Conduction dans le sol

1. Description du phénomène

Lorsque l'écran métallique d'un câble est relié à la terre en au moins un point, un courant important peut circuler dans la prise de terre en cas de défaut.

2. Conséquences sur le dimensionnement

Lorsque le point de mise à la terre est situé en dehors des postes d'extrémités[6], le Maître d'Ouvrage doit réaliser un examen précis de la montée en potentiel du sol autour de la prise de terre.

Pour cela, une étude de conduction doit être combinée avec l'étude d'induction démontrant que les contraintes occasionnées sur les ouvrages à proximité ne dépassent pas les limites dangereuses pour les matériels (tenues diélectriques) ou les tiers (tensions de pas, de toucher, de coucher…).

3.6 COORDINATION D'ISOLEMENT

3.6.1 Définition

Les notions relatives à la coordination de l'isolement interviennent dans la détermination des contraintes d'installation des extrémités de type extérieur, des puits de terre ou des permutations et dans le dimensionnement des composants de l'ouvrage.

3.6.2 Niveaux d'isolement

Les tensions de tenue adoptées sur les réseaux et les caractéristiques des isolateurs doivent notamment être conformes aux normes suivantes :

- *CEI 60071* *Coordination de l'isolement*
- *CEI 60815* *Guide pour le choix des isolateurs sous pollution*

Les câbles et accessoires doivent être validés par des essais de tenue diélectrique selon les spécifications RTE.

[6] Dans les postes, les mises à la terre n'induisent, en principe, pas de problème du fait de l'existence du réseau de terre du poste.

Copyright RTE. Ce document est la propriété de RTE. Toute communication, reproduction, publication même partielle est interdite sauf autorisation écrite du Gestionnaire du Réseau de Transport d'Electricité (RTE)

3.6.3 Distances à respecter

La coordination de l'isolement fixe, pour chaque niveau de tension, l'ensemble des distances électriques pour l'installation de l'appareillage et des connexions de raccordement.

Selon les sites d'installation des extrémités de l'ouvrage, les spécifications à respecter sont celles :

- du CCG – Postes (Structures et matériels HTB) pour l'installation en poste,
- du CCG – Lignes Aériennes HTB pour l'installation en pylône aérosouterrain.

3.6.4 Tenue des isolateurs d'extrémités extérieures

Une « extrémité extérieure » est une extrémité installée à l'air libre et soumise aux contraintes climatiques.

Le profil d'un isolateur est caractérisé par les paramètres suivants :

- distance minimale entre deux ailettes,
- rapport entre le pas et la profondeur de l'ailette,
- rapport entre ligne de fuite et distance dans l'air,
- ailettes alternées,
- inclinaison des ailettes,
- paramètres caractérisant l'isolateur dans son ensemble : facteur de ligne de fuite, facteur de profil.

La pluie et la pollution ont une grande influence sur les tensions de tenue des isolateurs. Des dépôts de sel ou de poussière peuvent s'accumuler à la surface. Par temps de pluie, de brouillard ou lorsqu'il se produit une condensation, ces dépôts humidifiés forment une couche plus ou moins conductrice qui favorise le développement d'un arc superficiel pouvant conduire au contournement de l'isolateur.

Le dimensionnement des extrémités, et en particulier leur ligne de fuite, doit tenir compte du niveau de pollution, défini conformément à la norme CEI 60815.

4 EXIGENCES TELECOMMUNICATION

Les liaisons de télécommunication (TCM) posées le long des liaisons souterraines HTB sont destinées à l'exploitation et à la surveillance de l'ouvrage. Ainsi, elles assurent le fonctionnement des protections, le pilotage du RPT et permettent la mesure de l'environnement.

Toutes les liaisons électriques souterraines HTB neuves sont systématiquement accompagnées d'au moins un câble à fibres optiques. Pour construire une infrastructure de fibres optiques accueillant les applications du réseau de sécurité et répondant aux enjeux de Sûreté du Système Electrique, RTE applique les dispositions suivantes :

- 2 câbles à fibres optiques pour le développement réseau 400 kV et « 225 kV proche »[7],
- au moins 1 câble à fibres optiques pour le développement réseau 225 kV et 63 / 90 kV.

Ces câbles comportent un nombre variable de fibres optiques, au minimum 48 pour les liaisons neuves. Chacune des fibres est repérée par une couleur. Leurs caractéristiques optiques ne doivent pas être modifiées sous les diverses contraintes qu'elles subissent (contraintes mécaniques, thermiques...). Les jonctions ou épissures doivent assurer la continuité de la transmission du signal optique.

Ces câbles sont équipés d'une protection anti-rongeur et ne comportent aucune partie métallique (pour supprimer la contrainte d'induction), sauf lorsqu'ils sont situés dans un poste électrique.

[7] Ligne engageant la sureté du Système électrique, à la stabilité des groupes de production.

Copyright RTE. Ce document est la propriété de RTE. Toute communication, reproduction, publication même partielle est interdite sauf autorisation écrite du Gestionnaire du Réseau de Transport d'Electricité (RTE)

5 EXIGENCES SUR LE GENIE CIVIL

5.1 NORMES SUR LES CONSTITUANTS DES OUVRAGES DE GENIE CIVIL

1. Généralités

Tous les matériaux entrant dans la composition d'un ouvrage du RPT doivent être conformes aux normes NF EN et NF P en vigueur, lorsqu'elles existent.

2. Matériaux

Tous les autres matériaux entrant dans la composition d'une liaison souterraine doivent être identifiés par référence aux normes NF EN et NF P qui les concernent. De plus, les tubes PEHD recevant les phases doivent être conformes au groupe 5 de la marque de Qualité NF 114.

LIANTS HYDRAULIQUES

La désignation et la classe du ciment sont choisies en fonction des conditions d'utilisation et de l'agressivité du milieu d'implantation de l'ouvrage selon les normes NF EN en vigueur.

BETONS

Toutes les dispositions utiles doivent être prises pour conférer au béton la résistance mécanique et thermique prévues afin de garantir le confinement des défauts éventuels et l'évacuation des calories produites par le courant transporté.

Le dimensionnement des structures en béton armé doit respecter les spécifications des Eurocodes.

3. Géoréférencement des ouvrages

Toute construction d'ouvrage neuf ou modification d'un ouvrage existant fait l'objet d'un géoréférencement et d'un récolement cartographique permettant sa localisation ultérieure avec un niveau de précision conforme à la norme NF S70 003.

5.2 REGLEMENTATION SUR LA COMPATIBILITE ELECTROMAGNETIQUE

5.2.1 Description du phénomène

Tous les câbles isolés HTB sont équipés d'un écran métallique étanche qui confine le champ **électrique** à 50 Hz. Le champ électrique à proximité d'une liaison souterraine est donc nul.

Le champ **magnétique** à 50 Hz, non confiné par l'écran métallique, doit être pris en considération, aussi bien vis-à-vis de l'exposition des personnes que de certains matériels.

5.2.2 Conditions à respecter

1. Exposition des personnes

La norme générique européenne NF EN 50082-1 intitulée « Compatibilité électromagnétique – norme générique – Partie 1 : résidentiel, commercial et industrie légère » fournit des seuils de perturbations indicatifs.

Le Conseil de l'Union Européenne a adopté en juillet 1999 la « recommandation relative à la limitation de l'exposition du public aux champs électromagnétiques (de 0 Hz à 300 Ghz) » (1999/519/CE). Celle-ci reprend avec quelques aménagements les recommandations de l'International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) et celles de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS).

L'article « Limitation de l'exposition des tiers aux champs électromagnétiques » de l'Arrêté Technique impose que le champ magnétique généré par l'ouvrage n'excède pas 100 µT dans les conditions de fonctionnement en régime permanent dans les lieux accessibles aux tiers. La hauteur de référence pour le calcul de la mesure est prise à 1 m au-dessus de la surface du sol, hauteur qui correspond à une exposition moyenne du corps humain.

2. Perturbations sur les matériels

Lorsque l'ouvrage de liaisons souterraines est implanté à proximité de locaux susceptibles d'être équipés de matériels sensibles à l'induction magnétique à 50 Hz, des dispositions spécifiques doivent être prises pour limiter l'effet des champs.

Copyright RTE. Ce document est la propriété de RTE. Toute communication, reproduction, publication même partielle est interdite sauf autorisation écrite du Gestionnaire du Réseau de Transport d'Electricité (RTE)

La norme générique européenne NF EN 50082–1 intitulée « Compatibilité électromagnétique - norme générique - Partie 1 : résidentiel, commercial et industrie légère », stipule dans l'annexe informative A[8] :

- qu'un appareil soumis à une perturbation magnétique de 1 A/m (soit 1,26 µT) doit continuer à fonctionner sans aucune dégradation du fonctionnement ou perte de fonction,
- que le seuil de perturbation admis pour les afficheurs à tube cathodique est de 3 A/m (soit 3,78 µT).

5.3 EXIGENCES SUR LES MODES DE POSE

5.3.1 Introduction

Il existe deux types de constituants de Génie Civil :

- les modes de pose qui correspondent aux ouvrages linéaires contenant les câbles de puissance et de télécommunication,
- les ouvrages ponctuels qui sont destinés à l'installation des accessoires de ces câbles ou qui permettent la transition entre deux parties de l'ouvrage.

Les constituants de Génie Civil doivent :

- protéger l'ouvrage contre les agressions externes et assurer le confinement des défauts éventuels durant sa durée de vie (Cf. 2.1), conformément aux dispositions de l'Arrêté Technique,
- garantir l'accessibilité[9] à certaines parties de l'ouvrage pour la maintenance ou la réparation.

5.3.2 Modes de pose

Les modes de pose couramment utilisés sur le RPT sont :

- la pose des câbles en ouvrages fourreaux PVC enrobés de béton, ou en ouvrages fourreaux PEHD enrobés ou non de béton,
- la pose en galerie, tunnel ou à l'intérieur d'ouvrage d'art (pont, viaduc…), en passage en sous-œuvre,…

D'autres modes de pose peuvent être utilisés sur le RPT, uniquement s'ils sont validés par RTE.

En cas de franchissement ou d'utilisation d'ouvrages d'autres concessionnaires, les dispositions constructives retenues doivent être validées par ceux-ci.

5.3.3 Ouvrages ponctuels

Les ouvrages ponctuels sont :

- les ouvrages de jonctions de puissance,
- les ouvrages de remontées sur pylône ou sur charpente,
- les puits de permutation et les puits de terre,
- les puits de remontées lors de passages des câbles à grande profondeur,
- les ouvrages particuliers comme les ouvrages de ventilation de galerie ou les ouvrages permettant le maintien des câbles lorsque ceux-ci sont installés en zone de fortes pentes,
- les ouvrages de jonctions télécommunication.

Les puits de terre et de permutation, ainsi que les chambres de télécommunication, doivent être visitables. Ils doivent par conséquent être installés de manière à faciliter leur accès et être équipés de tampon, tout en minimisant les gênes sur le milieu environnant.

5.4 PROTECTION DE L'OUVRAGE ET DES TIERS

5.4.1 Protection mécanique de l'ouvrage

L'Arrêté Technique en vigueur impose la protection mécanique des liaisons souterraines contre les avaries d'origine externe (tassement des terres, contact des corps durs, choc des outils métalliques à main).

---

[8] Une annexe informative constitue une recommandation qui n'a pas un caractère obligatoire.

[9] La notion d' « accessibilité » peut être partielle ; elle peut correspondre à un optimum technico-économique des opérations nécessaires à l'accès à l'ouvrage.

Copyright RTE. Ce document est la propriété de RTE. Toute communication, reproduction, publication même partielle est interdite sauf autorisation écrite du Gestionnaire du Réseau de Transport d'Electricité (RTE)

En conséquence, la profondeur de pose et l'enrobage des câbles doivent être étudiés pour minimiser les risques d'avaries dus à une agression mécanique externe, en rendant les parties sensibles des liaisons souterraines inaccessibles à un tiers qui n'engagerait pas une démarche volontaire d'accès à l'ouvrage.

Par ailleurs, un « dispositif avertisseur » doit être mis en place, pour satisfaire les spécifications de l'Arrêté Technique en vigueur. Ce dispositif constitue un système visuel alertant les tiers des risques encourus, et protégeant ainsi l'ouvrage électrique souterrain. La charge relative à ce dernier dépend du mode de pose choisi, et de son environnement. Dans le cas particulier d'une implantation en terrain agricole, elle doit respecter le protocole agricole en vigueur.

5.4.2 Protection des tiers

En complément de la protection mécanique, toutes les dispositions constructives utiles doivent être prises pour réduire au maximum les risques encourus par les tiers vis-à-vis des courants et tensions électriques en régime permanent ou en régime de défaut.

Ainsi, la profondeur de pose et l'enrobage des câbles de l'ouvrage doivent être étudiés pour :

- protéger les tiers de tout risque d'électrisation ou d'électrocution que ce soit en cas d'intervention inopportune dans le voisinage immédiat de l'ouvrage, ou lors d'un court-circuit sur cet ouvrage,
- prévenir les manifestations extérieures à proximité immédiate de l'ouvrage en défaut.

5.5 QUALIFICATION DES PRESTATAIRES ET DES COMPOSANTS ELECTRIQUES

Les matériels installés sur les ouvrages du RPT doivent être agréés par RTE, conformément aux spécifications précisées dans le CCTP.

Les prestataires de RTE doivent être qualifiés / agréés par RTE lorsqu'ils réalisent les activités suivantes :

- la fourniture de matériels HTB,
- la réalisation des ouvrages de génie civil au contact immédiat des matériels électriques,
- le déroulage des câbles,
- le montage des accessoires de puissance,
- la réalisation des mesures thermiques par fibre optique.

6 EXIGENCES THERMIQUES

6.1 DESCRIPTION DU PHENOMENE

L'exploitation d'un câble entraîne l'échauffement de :

- son âme conductrice, par effet Joule lié au courant la traversant,
- son enveloppe isolante, par pertes diélectriques liées à la tension à ses bornes,
- son écran métallique, par effet Joule et effet magnétique.

La chaleur ainsi produite traverse les différentes couches du câble, puis est évacuée dans le milieu extérieur :

- par conduction lorsque le câble est enterré,
- par convection et rayonnement lorsque le câble est posé en fourreaux, en galerie, en ouvrage confiné ou à l'air libre.

Le dépassement d'une certaine température d'âme (dépendant de la nature d'isolant) conduit à une dégradation accélérée du câble, voire à son claquage.

Le dépassement d'une certaine température au niveau du sol enrobant la liaison peut, par ailleurs, conduire à un dessèchement de celui-ci et donc à une augmentation de sa résistivité thermique. En fonction du type de sol et de la nature de la surface, ce phénomène peut être plus ou moins irréversible et conduire à un emballement thermique du câble.

Copyright RTE. Ce document est la propriété de RTE. Toute communication, reproduction, publication même partielle est interdite sauf autorisation écrite du Gestionnaire du Réseau de Transport d'Electricité (RTE)

6.2 METHODE GENERALE DE DIMENSIONNEMENT

6.2.1 Norme

Tout calcul effectué dans le cadre du dimensionnement thermique d'une liaison du RPT doit être conforme aux publications CEI suivantes :

- *CEI 60287 Câbles électriques - Calcul du courant admissible dans les câbles en régime permanent*
- *CEI 60853 Calcul des capacités de transport des câbles pour les régimes de charge cycliques et de surcharge de secours*

6.2.2 Principe

Le Maître d'Ouvrage détermine l'intensité maximale admissible dans les câbles en prenant en compte, pour toutes les configurations le long du tracé de l'ouvrage :

- l'environnement thermique (caractéristiques thermiques du sol, autres ouvrages à proximité, mode et profondeur de pose...) ;
- l'inertie thermique du sol qui confère des capacités de surcharge qui contribuent notamment à l'optimisation du dimensionnement dans le cas de charges cycliques ;
- l'exploitation future de la liaison, avec un lissage des potentielles variations journalières via un facteur de forme.

Le Maître d'Ouvrage effectue son dimensionnement en se référant aux normes et exigences précédemment citées.

Le Maître d'Ouvrage doit spécifier les valeurs des paramètres retenues et leur justification.

6.3 PARAMETRES

6.3.1 Saisons

Deux saisons sont définies pour le dimensionnement des ouvrages en fonction des conditions d'exploitation : la période HIVER (du 1er octobre au 21 mai inclus) et la période ETE (du 22 mai au 31 octobre inclus).

6.3.2 Température ambiante

La température ambiante correspond à la température du milieu à l'endroit où est posée la liaison, en dehors de toute source de chaleur à l'intérieur du sol. Cette limite (isotherme) est nécessaire au calcul de la température du câble.

Ce paramètre prend deux valeurs (été et hiver), et peut être déterminé par une étude de sol. RTE pourra être sollicité afin de définir les valeurs à retenir en fonction de la zone d'implantation de l'ouvrage.

La température du milieu ambiant est à majorer d'une valeur égale à 5°C pour intégrer les éventuels échauffements supplémentaires du sol liés à la proximité de la liaison souterraine du sol avec d'autres sources thermiques :

- lorsqu'il existe des incertitudes sur l'identification exhaustive des sources thermiques existantes,
- pour se prémunir d'installations futures non connues lors du dimensionnement (chauffage urbain, autres liaisons électriques, etc.).

REMARQUE : POSE EN GALERIE VENTILEE

Lors de la pose de câbles en galerie ventilée, le Maître d'Ouvrage doit effectuer une étude spécifique qui intègre notamment les conditions retenues pour l'évacuation de la chaleur dissipée par les installations techniques.

A titre informatif, les températures moyennes à prendre en compte par défaut pour une pose à l'air libre en galerie technique sont de 20°C en hiver et de 30°C en été.

6.3.3 Résistivité thermique

La résistivité thermique d'un sol mesure la capacité du sol à s'opposer à la diffusion de la chaleur depuis une source chaude (câbles) vers une source froide (sol loin de toute influence).

Copyright RTE. Ce document est la propriété de RTE. Toute communication, reproduction, publication même partielle est interdite sauf autorisation écrite du Gestionnaire du Réseau de Transport d'Electricité (RTE)

Les valeurs de résistivité thermique sont déterminées à partir d'étude de sol, avec mesure des propriétés thermiques en laboratoire. Elles correspondent aux valeurs extrêmes mesurées en été et en hiver pour des sols naturels physiquement aptes à être utilisés pour combler la tranchée et dont l'humidité pondérale résiduelle est égale à environ 2 % en été et 6 % en hiver.

En l'absence de données, et pour des sols naturels[10] typiques (hors marécages ou sables par exemple), RTE fixe des valeurs par défaut égales à :

- 1,20 K.m/W en été,
- 0,85 K.m/W en hiver.

La résistivité du béton conforme aux exigences de RTE est fixée à 0,8 K.m/W toute l'année.

La résistivité thermique du sol desséché est prise par défaut égale à 2,5 K.m/W.

6.3.4 Température de fonctionnement des câbles

La température maximale admissible sur l'âme, imposée par le matériau isolant, est un paramètre fondamental pour le choix des câbles. Les valeurs sont spécifiées par les normes CEI 60840 et CEI 62067.

A titre d'exemple, les isolants en polyéthylène réticulé (PR) admettent normativement une température maximale de 90°C.

6.3.5 Dessèchement du sol

Le dessèchement du sol peut être préjudiciable à l'ouvrage, car il augmente la résistivité thermique de milieu environnant, rendant de fait plus difficile l'évacuation de la chaleur générée par l'ouvrage.

Afin d'éviter l'emballement thermique, le Maître d'Ouvrage doit s'assurer que la température maximale à l'interface ouvrage/sol, en régime permanent, reste suffisamment faible pour éviter ce phénomène de dessèchement.

A titre d'information, RTE fixe cette température limite à 55°C en été et 60°C en hiver.

6.4 REGIME CYCLIQUE DE LA CHARGE

6.4.1 Introduction

Le dimensionnement de l'ouvrage s'appuie sur des critères de diffusion dans le sol de la chaleur générée par les pertes dans les câbles. Ces pertes sont fonction du régime cyclique de la charge, d'où l'importance de leur prise en compte dans le dimensionnement.

Selon la situation de l'ouvrage sur le réseau (raccordement d'un groupe de production ou liaison entre postes notamment), sa charge présente des fluctuations plus ou moins marquées au cours d'une même journée.

Les câbles isolés ont une inertie thermique plus importante que les câbles nus. En conséquence, une liaison souterraine soumise à une charge constante atteint son équilibre thermique plus tardivement qu'une liaison aérienne.

6.4.2 Facteur de forme

1. Définition

Le facteur de forme F, spécifique à chaque courbe de charge, exprime la relation entre l'intensité maximale journalière (Imax) et une intensité permanente équivalente (IPE) qui, transportée pendant 24 heures, conduit au même échauffement du câble que la charge cyclique. Cette relation est représentée par la formule :

$$IPE = F \times Imax.$$

F est toujours inférieur ou égal à 1.

2. Valeurs par défaut

Les valeurs du facteur de forme définies par défaut sont comprises entre 0,9 et 1, selon la fonction de la liaison dans le RPT :

- Réseau maillé 63, 90 et 225 kV : F = 0,9 ;

[10] On désigne par « sol naturel » le sol qui était en place avant la construction de l'ouvrage. Les remblais, mêmes existants, ne sont pas considérés comme « sol naturel ».

Copyright RTE. Ce document est la propriété de RTE. Toute communication, reproduction, publication même partielle est interdite sauf autorisation écrite du Gestionnaire du Réseau de Transport d'Electricité (RTE)

- Interconnexion (400 et 225 kV), raccordement de centrales de production ou de clients industriels : **F = 1** (absence de variations significatives, IPE = Imax).

3. Application

Le Maître d'Ouvrage doit appliquer le facteur de forme déterminé par RTE pour les besoins d'exploitation du RPT. Il doit ainsi choisir un câble permettant le passage de l'IPE en régime permanent.

Toute autre optimisation du calcul de capacité de transport doit être validée par RTE.

6.5 REGIME DE SURCHARGE

Des surcharges courtes peuvent être prises en compte lors du dimensionnement. Elles permettent au chargé de conduite de manœuvrer sur le réseau (ou de faire manœuvrer pour son compte) afin d'adapter ponctuellement le schéma d'exploitation retenu, et ainsi lever la surcharge.

Le Maître d'ouvrage doit démontrer que l'application de ces intensités de secours de courte durée n'engendre pas de dépassement de la température maximale admissible sur âme du câble (soit 90°C pour les câbles à isolation PR), sans tenir compte du dessèchement du sol, le phénomène d'assèchement étant lent devant la durée de surcharge.

FIN DE DOCUMENT

Copyright RTE. Ce document est la propriété de RTE. Toute communication, reproduction, publication même partielle est interdite sauf autorisation écrite du Gestionnaire du Réseau de Transport d'Electricité (RTE)