
	Direction générale Département de support technique et gestion Service technique et logistique		
	Référence	Indice	Page
	STL SPE ELEC DO 284	2	1 / 42
	Classement 1	ELECTRICITE	
	Classement 2	IGS008	
Thème (s)		HT/BT - HTA	
Affaire			

Titre du document : Spécification technique sur les câbles HTA et optiques mis en œuvre sur le réseau de distribution électrique 15kV du CEA de Cadarache.	CEA/DEN/CAD/DSTG/STL DO 284 11/05/21  21PPEC000304 diffusé le : 11/05/21
---	---

Champ d'application et résumé :
 Cette spécifications (anciennement **140 ELECT PZR SPE 09000319**) définies les exigences sur les câbles, leur mode de pose, les raccordements et les essais des câbles HTA et optiques mis en œuvre sur le réseau 15kV du CEA de Cadarache.

Destinataires internes CEA	Destinataires externes CEA
DG/CEACAD/DSTG/STL : Karl SILBERSTEIN DG/CEACAD/DSTG/STL : Thierry ABRAN DES/DIMP/DCET/DIR : Claire FEVRE DES/DIMP/DCET/SE2C : Jérôme PRADEL ; Patrick EUSTACHON ; Guillaume CHAUVIN DG/CEA/CAD/DSTG/GPI : Gilles SCHMITT DAM/C2IP: secrétariat	Toutes entreprises consultées dans le cadre de projet, travaux ou rénovation Titulaire du Contrat Général de Services (63kV)

Historique des évolutions d'indice		
Indice	Date	Commentaires
1	20/10/2020	Annule et remplace 140 ELECT PZR SPE 09000319 ind G. Mise à jour réorganisation – STL/GEFD
2	11/05/2021	Tranchée type 5 et Mise à jour tampon paragraphe 4.2, mise à jour câbles optiques, Mise à jour annexe 2, ajout DOE suite REX têtes HTA « coulantes », formalités pour réalisation tranchées (Remplace indice 1 STL SPE ELEC DO 496)

Nom	E.Roquebert / P.Eustachon	C.Dudon / J.Pradel	K.Silberstein
Visa			
	RÉDACTEUR	VÉRIFICATEUR	APPROBATEUR

En l'absence d'accord ou de contrat, la diffusion des informations contenues dans ce document auprès d'un organisme tiers extérieur au CEA est soumise à l'accord du Directeur de la Direction de l'Énergie Nucléaire.	Cadre de réalisation du document.		CLASSIFICATION				
	Durée d'archivage : voir tableau de gestion		DR	CC	CD	SD	sans
	Site intranet : Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>



SOMMAIRE

1	OBJET	5
2	NORMES APPLICABLES ET DOCUMENTS DE REFERENCE	5
3	REALISATION DES TRANCHEES	6
3.1	Démarches préalables aux travaux	6
3.1.1	Formalités administratives :	6
3.1.2	Préparation du chantier :	6
3.1.3	Habilitations :	6
3.2	Contraintes d'implantations des tranchées	6
3.2.1	TYPE 1	7
3.2.2	TYPE 2	8
3.2.3	TYPE 3	9
3.2.4	TYPE 4	10
3.2.5	TYPE 5	11
3.3	Aménagement d'une piste	12
3.3.1	Travaux préparatoires	12
3.3.2	Terrassement pour l'aménagement de la piste	12
3.4	Déroulement des travaux	13
3.5	Tassement des terres, profondeur de pose	13
3.6	Dispositif avertisseur	14
3.7	Proximité d'autres canalisations	14
3.8	Proximité de support de lignes aériennes	14
3.9	Risque d'entraînement hydraulique	14
4	CHAMBRES DE TIRAGE	15
4.1	Chambre de tirage pour réseaux HTA	15
4.2	Chambre de tirage pour réseaux fibre optique	15
4.3	Chambres de tirage existantes	16
5	TRANSPORT, MANUTENTION ET DECHARGEMENT	17
6	GESTION DES CABLES ET TOURETS	17
7	MODALITE DE DEROULAGE DES CABLES	18
7.1	Dispositions préalables	18
7.2	Dispositions particulières	18
7.3	Efforts de traction pendant le tirage des câbles	19
7.3.1	Dans le cas de tirage mécanisé	19
7.3.2	Dans le cas de chaussette de tirage	19
7.4	Températures de pose	19
7.5	Risques de blessures	19



7.6	Différents moyens de tirage	20
7.6.1	Tirage à main	20
7.6.2	Tirage au treuil	20
7.6.3	Tirage à l'aide de machines ou chenilles de tirage (train de déroulage)	20
7.6.4	Tirage par pose mécanisée	20
7.6.5	Pose à la « déroulée » ou à la « tombée »	21
8	POSE DES CABLES	21
8.1	Pose en galerie	21
8.2	Pose sous fourreaux	21
8.2.1	Généralités	21
8.2.2	Fourreaux pour câbles HTA	22
8.2.3	Fourreaux pour câbles fibre optique	22
8.3	Pose en caniveaux	22
8.4	Pose sur chemin de câbles	22
8.5	Traversées et pénétrations de mur, dalles et parois	23
8.6	Fixation des câbles	23
8.7	Relevé topographique	23
9	REPERAGES	23
9.1	Repérages des câbles	23
9.2	Bornes de balisage	24
9.3	Plaque sur Bornes hautes et dalle supérieure des CT	24
10	CABLES	29
10.1	Câbles HTA	29
10.1.1	Généralités	29
10.1.2	Caractéristiques minimales du câble	29
10.1.3	Caractéristiques de la câblette de terre	30
10.1.4	Marquage des câbles HTA	30
10.1.5	Documents techniques	30
10.2	Câbles optiques	31
11	JONCTION HTA	31
11.1	Jonctions HTA entre câbles neufs	31
11.2	Jonctions entre câbles papier imprégné et câbles neuf (appelées aussi transition).	31
12	RACCORDEMENTS	32
12.1	Extrémités HTA	32
12.1.1	Extrémités fixes	32
12.1.2	Fabricants	32
12.1.3	Tores pour relais homopolaires ou relais bardins	32
12.2	Conditions d'exécution des raccordements HTA	33
12.2.1	Outillage spécifique	33
12.2.2	Personnel intervenant	33
13	CONTROLES ET ESSAIS	34



13.1	Conditions d'essais tableaux HTA	34
13.2	Conditions d'essais câbles HTA	34
13.2.1	Généralités	34
13.2.2	Processus général pour câbles neufs	34
13.2.3	Essais de tangente delta	35
13.2.4	Essais diélectriques	35
13.3	Conditions d'essais câbles optiques	37
13.4	Fin des travaux	37
13.5	Comparatif installations neuves et anciennes	37
14	FIN DES TRAVAUX	38
14.1	ORGANISME DE CONTROLE	38
14.2	RECEPTION PROVISOIRE	38
14.3	DOSSIERS DES OUVRAGES EXECUTES (D.O.E.)	38
14.4	RELEVÉ TOPOGRAPHIQUE	39
15	Annexe 1 : Exemple de rapport d'essais	40
16	Annexe 2 : Section des conducteurs actifs – liaison cellule haute tension/transformateur	41
17	Annexe 3 : Section des conducteurs actif – liaison des boucles haute tension du réseau 15kV	42



1 OBJET

Cette note basée sur le retour d'expérience du CEA, a pour objet de décrire les spécifications techniques à respecter pour l'achat, la pose, le raccordement et les essais sur les câbles HTA mis en œuvre sur le réseau de distribution électrique du site du CEA de Cadarache.

Les câbles sont, dans tous les cas où cela est possible, standardisés pour permettre une facilité d'exploitation du réseau, de disponibilité des câbles en cas de remplacement et une harmonisation des protections.

Ce document évoluera de droit dans les cas suivants :

- Evolution des textes règlementaires,
- Evolution des matériels et techniques.

Cette spécification ne dégage en aucune manière l'Entreprise intervenante de ses responsabilités contractuelles et légales.

2 NORMES APPLICABLES ET DOCUMENTS DE REFERENCE

NF P 98-331	Ouverture, remblayage et réfection des tranchées, Février 2005
NF C 13-200	Installations électriques à haute tension, 23/06/2018
NF P 98-050-1	chambres manufacturées
NF P 98-050-2	dispositifs de fermetures
NF P94-063 Juin 2011 et NF P94-105 Avril 2012	Contrôle de la qualité du compactage – méthode au pénétromètre dynamique à énergie constante
NF C 11-201	Réseau de distribution public d'énergie électrique
NF P 11-300	Exécution des terrassements-classification des matériaux utilisables dans la construction des remblais et des couches de forme d'infrastructures routières
NF P 98-736	Matériels de construction et d'entretien des routes – compacteurs – classification. Afnor, septembre 1992
NF EN 13 286-3	Mélanges traités et mélanges non traités aux liants hydrauliques – Partie 3 : méthodes d'essai de détermination en laboratoire de la masse volumique de référence et la teneur en eau – Vibro-compression ç paramètres contrôlés – Afnor – Janvier 2004
NF EN 12613	Dispositif avertisseur, protection, identification et localisation d'ouvrages enterrés
NF C 33-020	Connecteurs de dérivation à perforation d'isolant pour réseaux et branchements aériens en conducteurs isolés torsadés, de tension assignée 0,6/1 kV
NF C 33-226	Câbles de tensions assignées comprises entre 6/10 (12) kV et 18/30 (36) kV, isolés au polyéthylène réticulé à gradient fixé, pour réseaux de distribution
NFC 33-220+ Additif de Juillet 1988	Câbles isolés par diélectriques massifs extrudés pour des tensions assignées de 1,8/3 (3,6kV) à 18/30 (36) kV
Arrêté du 25 février 2019	Modalités de contrôle des canalisations électriques cheminant sur le domaine public ou susceptibles de présenter des risques pour les tiers
CERMA Juin 1999	Réalisation des tranchées de faible longueur
CERMA Mai 1994 + complément de Juin 2007	Remblayage des tranchées et réfection des chaussées
CERMA Novembre 2001	Etudes et réalisation des tranchées
CERTU Avril 1998	Remblayage des tranchées, utilisation de matériaux auto compactant



3 REALISATION DES TRANCHEES

3.1 DEMARCHES PREALABLES AUX TRAVAUX

3.1.1 Formalités administratives :

Un chantier ne peut pas démarrer tant que la Déclaration d'Ouverture de Travaux n'a pas été signée. Avec celles-ci, les plans de prévention, dans le cas de chantier non clôt, peuvent être rédigés. Il y aura autant de plans de prévention que d'installations traversées par le chantier.

3.1.2 Préparation du chantier :

Un état des lieux contradictoire sera effectué par les différentes parties.

La préparation du chantier intégrera :

- Le repérage des réseaux sur l'intégralité du tracé,
- Le marquage des découpes des enrobés,
- La matérialisation du tracé,
- Le balisage et la signalisation des zones de travaux,
- La prise en compte des contraintes portant sur l'environnement du chantier,
- La prise en connaissance des plans de recollement des réseaux enterrés, afin d'assurer et de définir les mesures particulières à adopter,
- La mise en œuvre de gabarit sous le passage des lignes électriques,
- La demande du défrichement/déboisement et le marquage des arbres concernés,
- La réalisation du ou des permis de fouille.

3.1.3 Habilitations :

Les intervenants réalisant une tranchée devront être habilités AIPR par leur employeur, avec à minima un titulaire de l'habilitation « encadrement ».

Le conducteur des engins de terrassement devra être titulaire d'une habilitation CACES adaptée à jour.

3.2 CONTRAINTES D'IMPLANTATIONS DES TRANCHEES

Tout terrassement doit respecter la norme NF P 98-331 relative à l'ouverture, le remblayage et la réfection des tranchées.

Aucune implantation de réseau n'est possible à moins de 2m de distance des arbres et 1m des arbustes ou haies.

Le cas échéant, toutes les demandes pour couper/abattre un arbre doivent obligatoirement faire l'objet d'une étude et d'une demande auprès du responsable du contrat débroussaillage du CEA. Certains arbres ne pourront pas être touchés dû à la faune et à la flore protégée, dans ce cas, le chargé d'affaires devra s'adapter et définir un cheminement différent évitant ces arbres.

Les tranchées longitudinales ne doivent pas être situées à proximité immédiate des constructions (bâtiments, caniveaux, lignes aériennes...) pour ne pas les déstabiliser.

La largeur à minima des tranchées ne sera pas inférieure à **40 cm**.

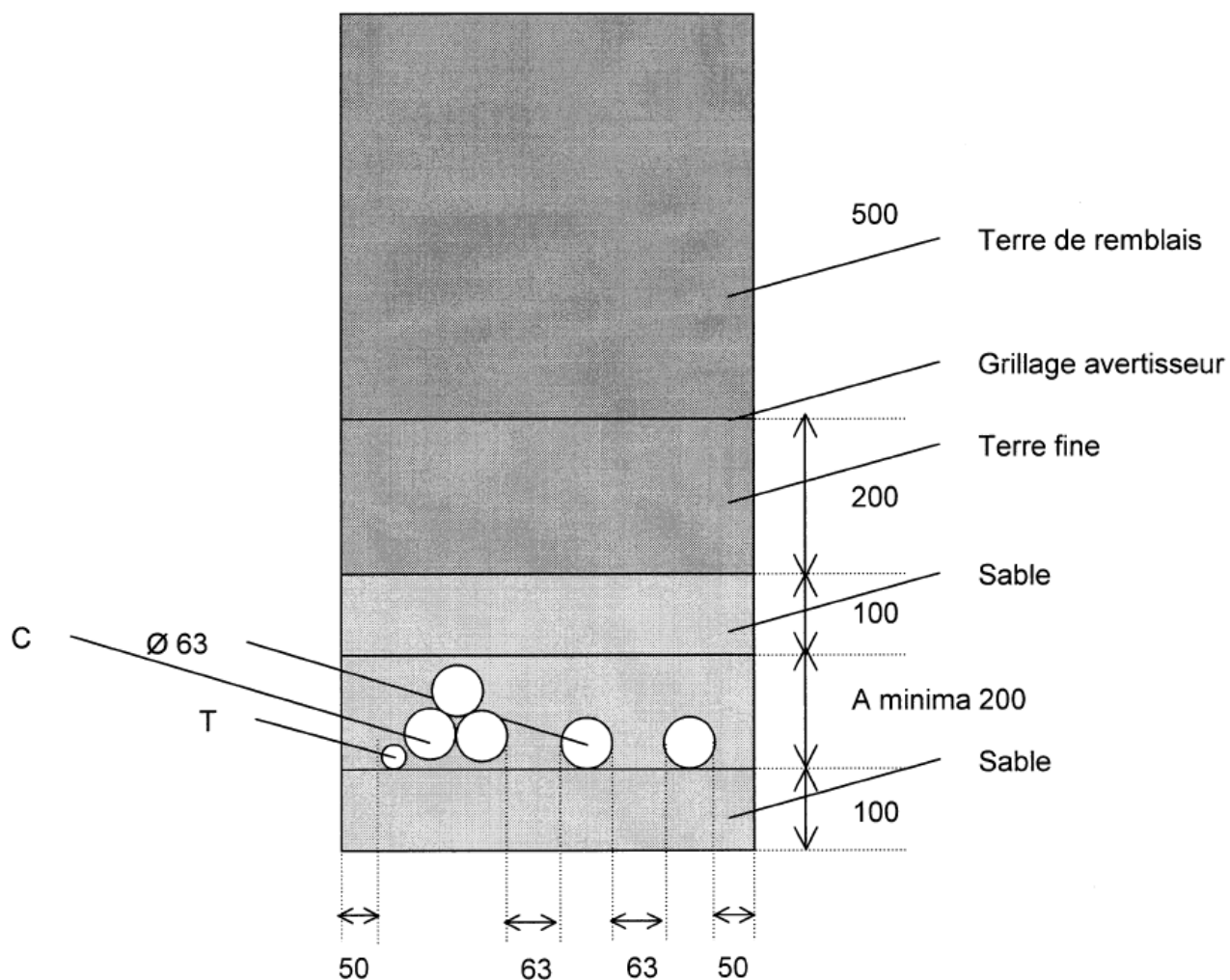
Les câbles HTA seront posés suivant les schémas de coupe représentés ci-après.

- Tranchées de types 1 et 2 pour les travaux de rénovation,
- Tranchées de types 3 et 4 pour les travaux neufs.

Nota : pour les tranchées de types 3 et 4 prévoir systématiquement 1 fourreau TPC rouge $\varnothing 200$ supplémentaire, par rapport à la quantité nécessaire au projet.

Lorsqu'une tranchée est commune à 2 liaisons HTA raccordée à un poste HT/BT en bouclage d'artère, les câbles HTA peuvent être posés suivant le schéma de coupe type 5. Dans ce cas, cela doit être précisé dans le CCTP.

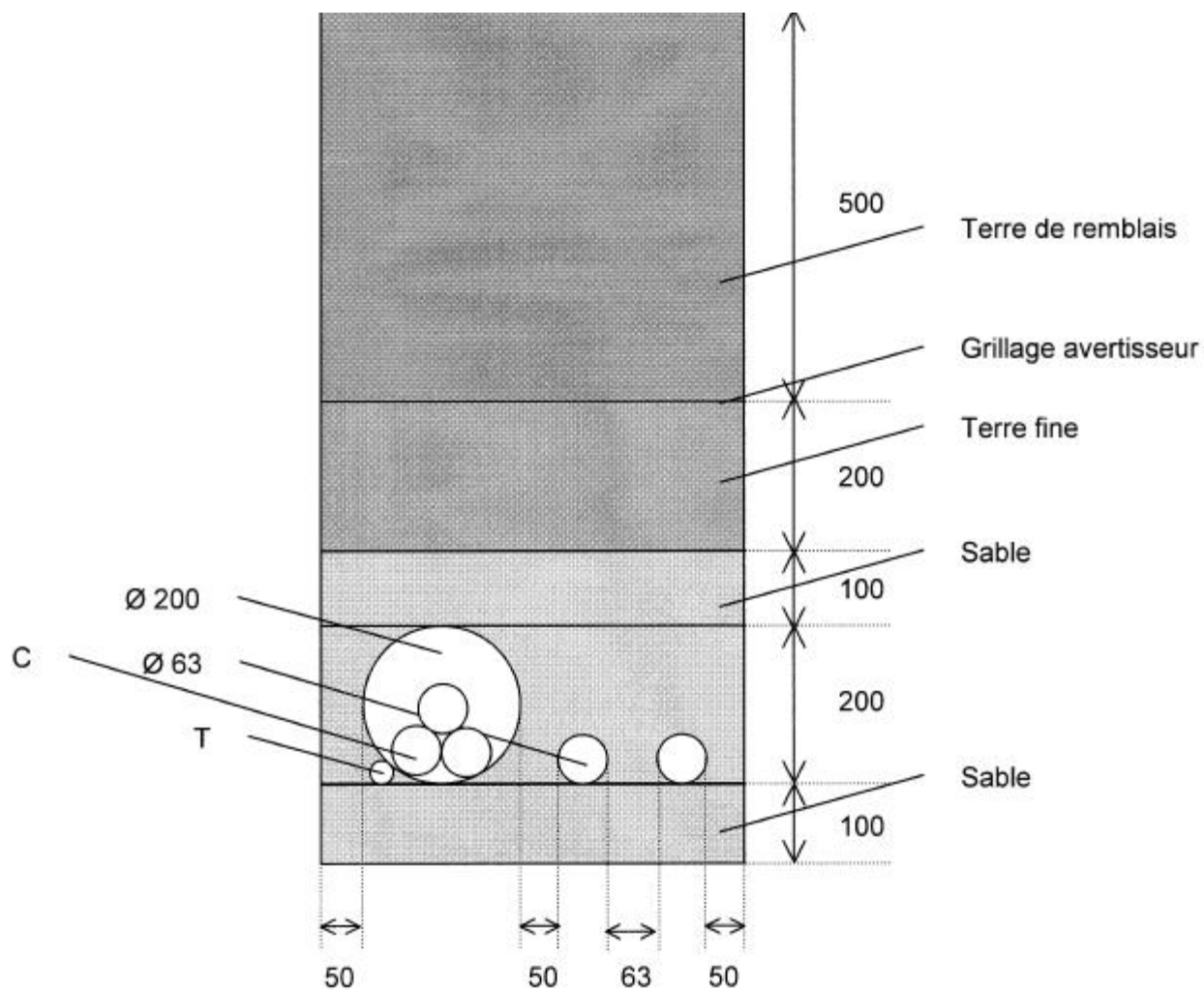
3.2.1 TYPE 1



Légende :

C : câble
T : câblette de terre
Ø 63 : fourreaux TPC Ø 63 rouge

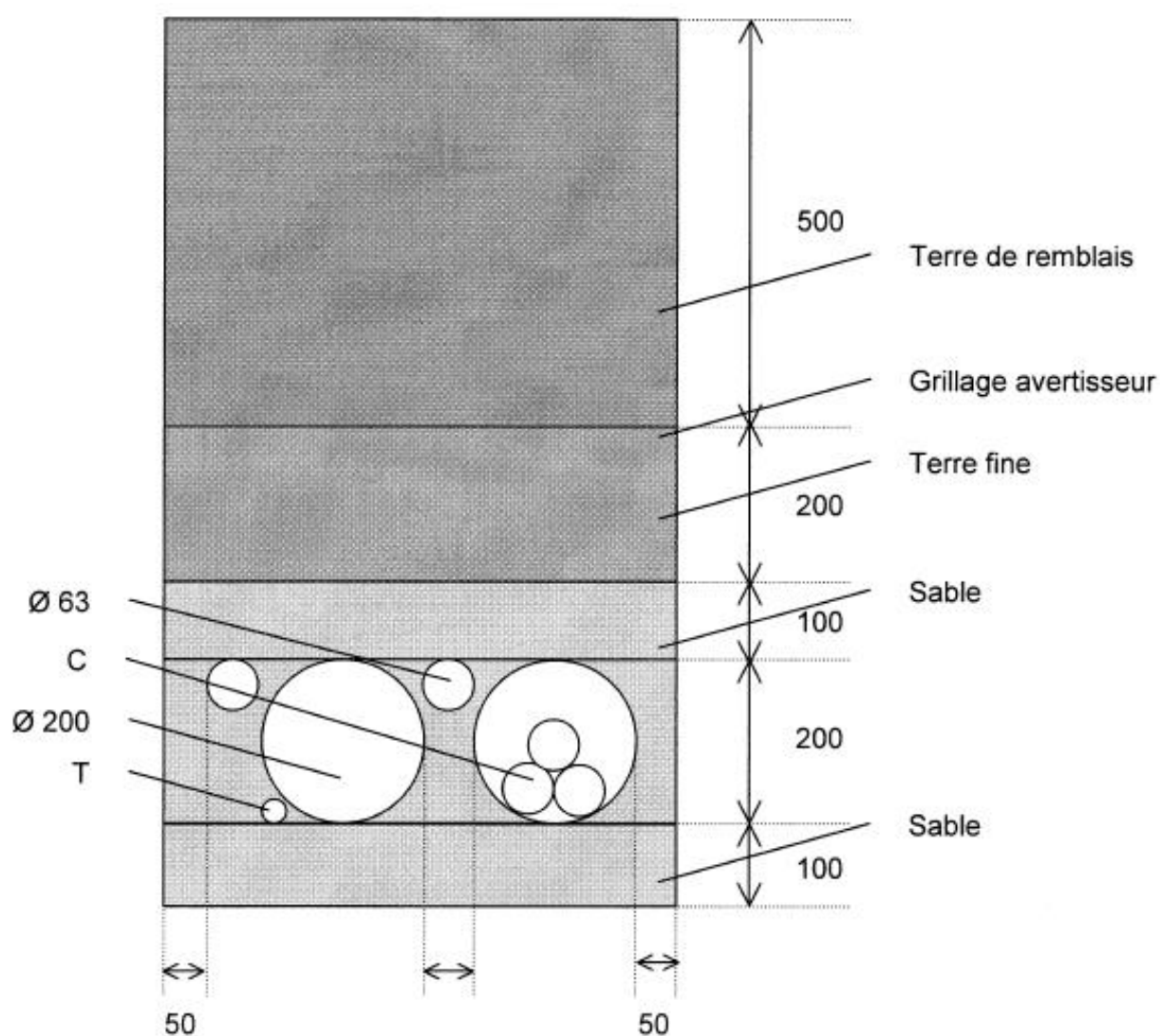
3.2.2 TYPE 2



Légende :

- C : câble
- T : câblette de terre
- Ø 200 : fourreaux TPC Ø 200 rouge
- Ø 63 : fourreaux TPC Ø 63 rouge

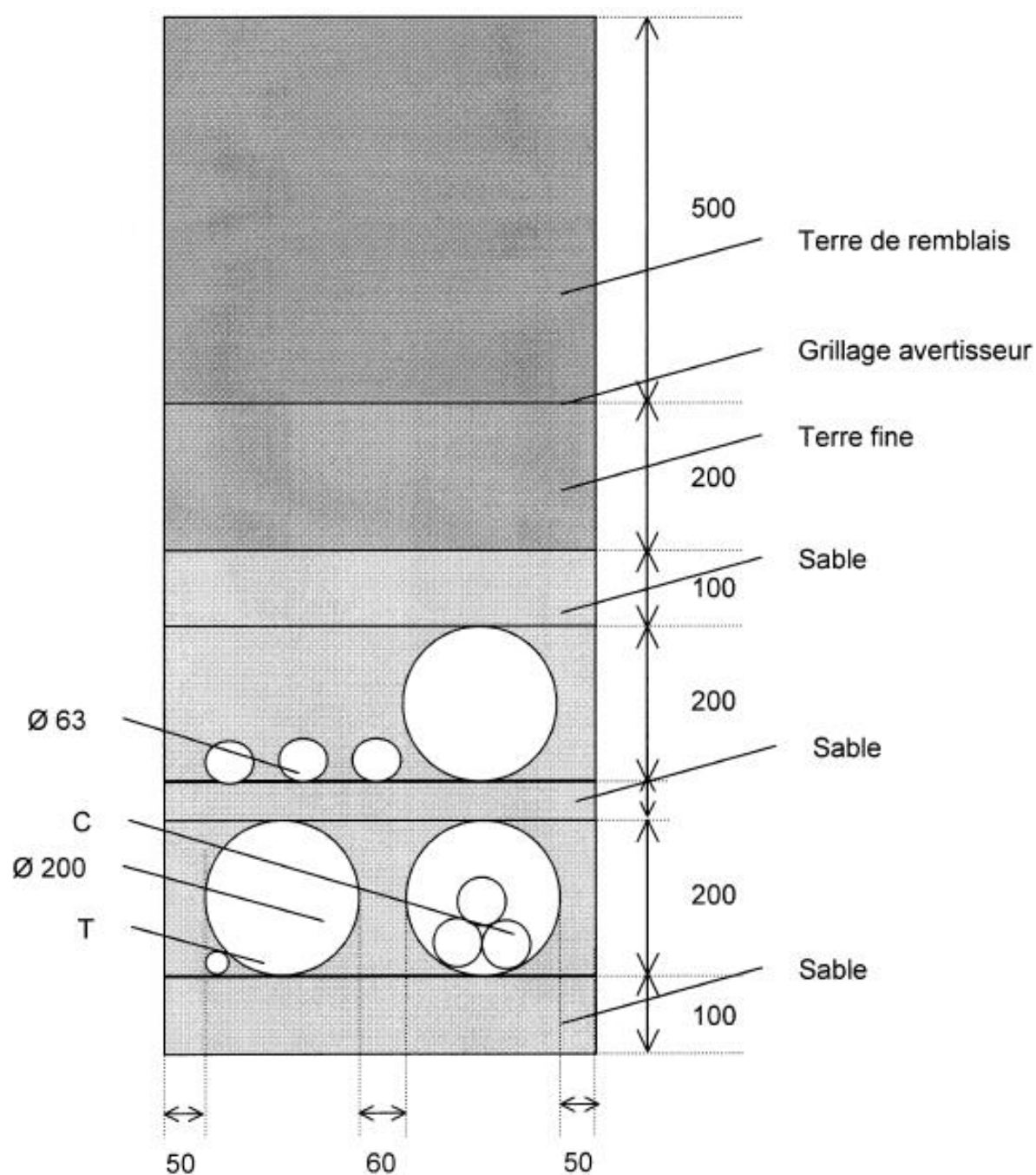
3.2.3 TYPE 3



Légende :

- C : câble
- T : câblette de terre
- Ø 200 : fourreaux TPC Ø 200 rouge
- Ø 63 : fourreaux TPC Ø 63 rouge

3.2.4 TYPE 4

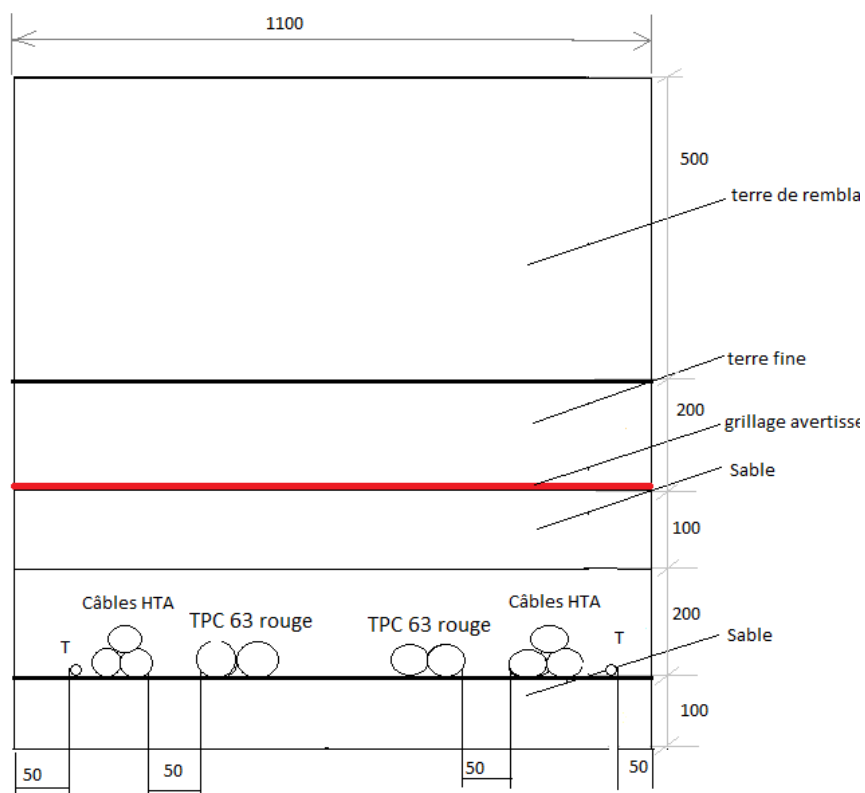



Légende :

C : câble
T : câblette de terre

Ø 200 : fourreaux TPC Ø 200 rouge
Ø 63 : fourreaux TPC Ø 63 rouge

3.2.5 TYPE 5



	Direction Générale - Cadarache Département de support technique et gestion Service technique et logistique	Référence STL SPE ELEC DO 284 du 11/05/2021	Indice 2	Page 12/4 2
---	--	---	-------------	-------------------

3.3 AMENAGEMENT D'UNE PISTE

3.3.1 Travaux préparatoires

Après délimitation par piquetage dans l'axe :

- Délimitation de la zone par un marquage en bord de piste des arbres à conserver,
- Abattage des arbres au centre de la zone délimitée,
- Débitage, mise en stère et évacuation du bois,
- Broyage des branches et de la végétation arbustive par broyeur à axe horizontal,
- Dessouchage de toutes les souches à la pelle mécanique, équipée d'une dent de dessouchage.

L'élimination des souches doit se faire par la mise en andain des souches et broyage sur place avec un broyeur horizontal.

Nota : Par arrêté préfectoral du 03 février 2016 : du 1er Juin au 30 Septembre, ces travaux ne peuvent être exécutés, sauf conditions climatiques favorables.

3.3.2 Terrassement pour l'aménagement de la piste

Travaux préparatoires, aménagement de la piste et finitions de la piste.

La coupe transversale de la piste aura toujours une pente côté bassin versant, pour éviter le lavage de la piste et la tranchée.

Et dans le sens longitudinal, on exécutera des passages à gué pour canaliser les eaux de ruissellement vers le bassin versant, évitant de ce fait aux eaux de ruissellement de prendre de la vitesse.

Le pas des passages à gué variera en fonction de l'inclinaison de la piste - en moyenne le pas varie entre 30 et 50 mètres.

Après remblaiement de la tranchée pour l'aménagement de la piste, dans le cas de terrain rocheux et pour des profils en long raisonnable, les matériaux de surface pourront être réduits par concassage en place.

En fin d'opération, un réglage de finition sera exécuté sur l'ensemble de la piste.

3.4 DEROULEMENT DES TRAVAUX

Après validation des documents techniques et mise en place de la signalisation, les phases d'exécution sont les suivantes :

- Réalisation des découpes d'enrobé
- Ouverture de la tranchée avec stockage des matériaux réutilisés et mise en décharge contrôlée de ceux non-réutilisés
- Le franchissement d'ouvrage détecté se fait manuellement.
- Mise en œuvre de blindage et étalements pour la sécurisation des tranchées en milieu posant des problèmes de stabilité de terrain et pour tranchée profonde.
- Evacuation des eaux éventuellement
- Mise en forme du fond de la tranchée
- Mise en œuvre du premier lit de sable, d'une épaisseur de 10cm minimum
- Déroulage des câbles, des fourreaux TPC
- Relevé topographique (en coordonnées LAMBERT III ou 93 à préciser sur les plans du géomètre)
- Mise en œuvre du deuxième lit de sable, qui doit se situer 10 cm au-dessus de la génératrice supérieure du câble électrique ou dans le cas de traversée de chaussée d'un béton maigre.
- Mise en œuvre de terre fine (20cm au minimum)
- Déroulage du grillage avertisseur situé à 30 cm au-dessus de la génératrice supérieure du câble
- Exécution du remblayage avec compactage par couche de 20 cm (la distance minimale à respecter entre la génératrice supérieure des câbles et la partie active du compacteur est de 25 à 40 cm suivant la performance de l'engin ; l'utilisation des matériaux auto-compactants à base de liants hydrauliques est possible).
- Réfection de surface des enrobés, espaces verts, des trottoirs
- Pour les tranchées sous chaussée, les épaisseurs des matériaux à mettre en œuvre suivant le trafic et la structure, sont donnés dans le guide SETRA de Juin 1999.
- Remise en état des lieux
- Réception des travaux.

Nota : Tous les fourreaux d'un diamètre $\geq 90\text{mm}$ seront validés après tirage et pose, à l'aide d'une bouteille ou d'un objet similaire.

3.5 TASSEMENT DES TERRES, PROFONDEUR DE POSE

Les câbles électriques enterrés doivent être protégés contre les avaries qui pourraient occasionner le tassement des terres, le contact des corps durs et le choc des outils métalliques à main.

En l'absence de règles particulières ou de contraintes imposées par d'autres ouvrages ou par la nature du sol pour les câbles HTA Conformés aux normes NFC 33-223 et NFC 33-226, la génératrice supérieure du câble ou du fourreau TPC doit être placée à **0.80m** au minimum en pleine fouille et à **1,00m** sous chaussée et dans une zone de 50cms de part et d'autres.

En terrain rocheux, cette profondeur de pose peut être diminuée, le fond de fouille sera ramené à 0.70m ; dans ce cas, une protection mécanique constituée de dalle béton est mise en place, en cas de cheminement sous fourreau TPC, les dalles peuvent être remplacées par un enrobage de béton.

Sous une chaussée, une protection constituée d'un béton de 4 centimètres d'épaisseur minimale sera mise en place.



3.6 DISPOSITIF AVERTISSEUR

Ce dispositif permet de protéger, d'identifier et de localiser le câble ou les fourreaux enterrés ; il doit être conforme à la norme NF EN 12613.

Ce dispositif est constitué par un grillage plastifié, il est placé à **0,30m** au-dessus des câbles ou du dispositif de protection mécanique.

Pour les canalisations électriques, il doit être de couleur rouge.

3.7 PROXIMITE D'AUTRES CANALISATIONS

La distance entre 2 câbles HTA doit être établie pour obtenir un coefficient de groupement supérieur ou égal à 0.74, ce qui donne une distance minimale de 0,25mètre (cf norme NF C 13-200).

Tout terrassement doit respecter la norme NF P 98-332 relative aux règles de distance entre les réseaux enterrés et règles de voisinage entre les réseaux et les végétaux.

Lorsque deux canalisations se croisent ou sont parallèles, elles doivent être à une distance minimale de 20cm.

La distance minimale entre un câble d'énergie et un câble de télécommunication est de 20cm au croisement et de 50cm en cas de parallélisme (C 11-001, art.33bis).

Si en cas de parallélisme, cette distance ne peut être respectée ou si la liaison de télécommunication requiert une immunité renforcée aux perturbations susceptibles d'être induites par la liaison d'énergie, il sera mis en œuvre des câbles blindés.

Il peut être nécessaire d'éloigner les câbles incompatibles, la distance entre câble rayonnant et câble sensible doit être égale ou supérieure à 1 m.

Les câbles incompatibles à angle droit devront se croiser.

Lorsqu'une canalisation électrique enterrée longe ou croise des conduites d'eau, de gaz, d'hydrocarbure, d'air comprimé ou de vapeur, une distance minimale de 20cm doit exister entre leurs points les plus rapprochés (C 11-001, art.37, NF C 15-100, §529.5 et HN 11-S-01, §4.4).

Dans le cas de la proximité d'une canalisation de vapeur, il est nécessaire de tenir compte de l'échauffement et d'appliquer un facteur de correction d'intensité.

La distance minimale à respecter entre une canalisation BT et une canalisation HT est de 20cm pour un croisement ponctuel et au voisinage pour un cheminement parallèle.

3.8 PROXIMITE DE SUPPORT DE LIGNES AERIENNES

Les câbles doivent être posés à plus de 50 cm des bords extrêmes des supports ou de leurs massifs. Cette distance est portée à 1,5 m pour les supports soumis à l'effet de basculement vers la fouille (HN 11-S-01, §3.7.10).

3.9 RISQUE D'ENTRAINEMENT HYDRAULIQUE

« Phénomène de lavage de tranchée »

Il est nécessaire de s'assurer que les matériaux enveloppent bien tous les réseaux (câbles, fourreaux, etc....), afin de ne pas laisser de cavité, puis d'effectuer un serrage avant le remblayage.



4 **CHAMBRES DE TIRAGE**

Les produits seront conformes aux normes en vigueur :

- Pour les chambres manufacturées, la norme NF P 98-050-1 « Ouvrages souterrains d'hébergement de réseaux secs Partie 1 : Chambres de tirage et de raccordements »
- Pour les dispositifs de fermetures, la norme NF P 98-050-2 « Ouvrages souterrains d'hébergement de réseaux secs Partie 2 : Dispositifs de fermeture ».

Les dimensions de la fouille seront appropriées aux dimensions extérieures des chambres pour permettre l'utilisation des moyens de compactage dans de bonnes conditions. La surface de fouille équivalente à la surface au sol de la chambre augmentée de 40 cm de chaque côté sera considérée comme suffisante pour garantir un bon compactage du remblai.

La profondeur du fond de fouille sera réglée de façon à ce que le niveau fini des chambres corresponde aux exigences du projet.

Dans le cas d'une réalisation de l'assise en sable ou ballast, ce fond de fouille devra être soigneusement purgé des éléments susceptibles d'endommager la chambre, dressé horizontalement à la bonne cote et compacté.

La manutention, stockage, et mise en œuvre devra être conforme aux consignes fournies par le fabricant des chambres.

4.1 **CHAMBRE DE TIRAGE POUR RESEAUX HTA**

Les chambres de tirage pour réseaux HTA sont réalisées avec des éléments préfabriqués de 2.00 x 2.00m superposables, de marque SOBEMO ou similaires.

Pour les chambres de profondeur supérieure à 1.50m, les éléments seront équipés d'échelon fixe.

Le fond est constitué par une couche de ballast permettant l'évacuation naturelle des eaux d'infiltration.

La couverture est réalisée par une dalle équipée d'un trou d'homme de diamètre 60cm, avec tampon béton série lourde

L'ensemble des éléments est équipé de dispositifs d'ancrage par crochets Arthéon permettant les opérations de levage et de manutention.

La dalle de couverture est prévue pour supporter le passage d'un véhicule lourd lorsque la chambre est positionnée sur la voirie.

Les chambres de tirage seront implantées à minima à chaque changement de direction et dénivelé important.

Nota : Dans le cas de câbles posés sous fourreaux il sera mis en œuvre des chambres de tirage de 2x2 mètres tous les 200 mètres au maximum et à chaque changement de direction.

4.2 **CHAMBRE DE TIRAGE POUR RESEAUX FIBRE OPTIQUE**

Les chambres de tirage de type LT sont constituées de :

- Un corps monobloc en béton armé certifié NF P98-050-1 Décembre 2016
- Un encadrement en acier galvanisé prêt à sceller dans le corps de la chambre
- Un tampon de couverture en fonte sans logo de classe 400 KN série lourde sous-chaussée.

Les chambres seront implantées tous les 50 à 60 mètres et à chaque changement de direction.

Pour les réseaux fibres optiques, les chambres utilisées sur le Centre sont du type L2T.

Caractéristiques dimensionnelles et type de chambre LT :



Type	L.cm	l, cm	H. cm
L0T	63	45	38
L1T	77	63	68
L2T	141	63	68
L3T	162	77	68
L4T	212	77	68
L5T	204	113	128
L6T	267	113	128

Les côtes correspondent aux dimensions extérieures.

4.3 CHAMBRES DE TIRAGE EXISTANTES

Dans le cas où le cheminement du nouveau câble reprend des chambres de tirage existantes. Le chargé d'affaires doit s'assurer qu'il y a la place disponible pour passer un câble supplémentaire. Un entassement des câbles ne sera pas accepté.

Lors du passage de la nouvelle liaison, si au moins une tension présente dans la chambre est différente de celle du nouveau câble, une distanciation de 20cm avec mise en place d'un élément de caniveau doit être appliquée, ou une protection par tube métallique doit être installée.

5 TRANSPORT, MANUTENTION ET DECHARGEMENT

Pour les tourets de câbles, l'ensemble des opérations de transport, manutention et déchargement se fera selon les recommandations du câblier.

L'intervenant a la charge et la responsabilité de toutes les opérations de transport et de déchargement.

Tous les travaux prévus au contrat comprennent la récupération et l'évacuation hors de l'installation de tous les matériaux, remblais, gravats, matériels et équipements déposés ou démolis. Ils comprennent également, sauf spécifications contraires explicites, le chargement par tout moyen et l'enlèvement hors du chantier au fur et à mesure de l'avancement des travaux en application des procédures CEA.

6 GESTION DES CABLES ET TOURETS

Les câbles peuvent être fournis par le CEA. Cela est alors précisé au CCTP.

Dans un tel cas, les tourets sont à disposition de l'entreprise sur le parc à câbles du Bât 259, ils lui seront remis contre un bon de décharge fourni par une personne dûment habilitée du Contrat Global de Service.

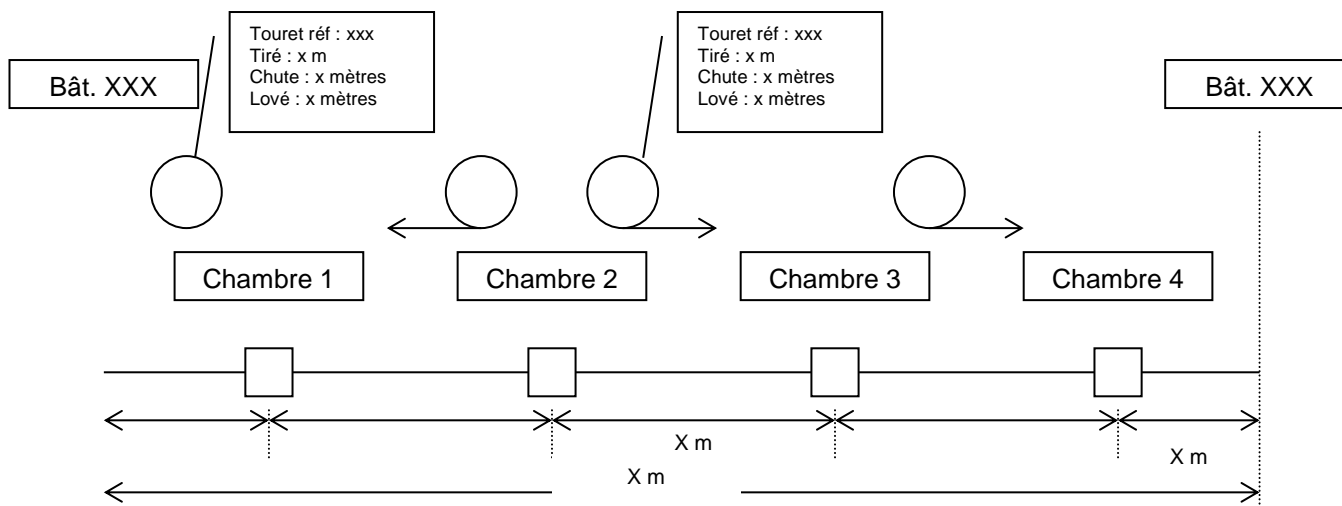
A la prise en charge un état contradictoire est réalisé entre les 2 parties.

En fin de déroulage les tourets vides et/ou avec un contenant sont retournés au parc à câbles. Après audit contradictoire avec une personne dûment habilitée du Contrat Global de Service, il sera restitué le bon de décharge. L'entreprise aura à sa charge la pose de capuchon thermo rétractable sur l'extrémité du câble et de poser une protection anti-UV sur les tourets non vides.

Avant l'utilisation des tourets de câbles, le représentant du CEA doit s'assurer que la section et les caractéristiques du câble désiré soit bien présent sur le parc à câble. S'il n'y a pas de tourets correspondant au critères technique du câble, il devra apparaître dans le cahier des clauses techniques particulière, CCTP, la fourniture du câble par le titulaire du marché.

Il est demandé un schéma représentant la répartition des tourets sur la liaison HTA, en précisant :

- La position des tourets sur la liaison en indiquant leur référence respective,
- Le sens de tirage du câble,
- La position des jonctions et chambres de tirage
- Pour chaque touret, il est demandé également de détailler les longueurs de câble (sur touret, tiré, chute, etc.) :





7 MODALITE DE DEROULAGE DES CABLES

7.1 DISPOSITIONS PREALABLES

L'ensemble de ces opérations se feront dans le respect des recommandations du Fabricant.

Le Titulaire doit fournir préalablement aux opérations de pose et de déroulage, les documents suivants :

- Plans de déroulage avec indication des longueurs, chute de câble sur touret, positions des jonctions, bornes, etc....
- Notes techniques permettant de justifier que les efforts de traction et les rayons de courbures admissibles sont respectés et minimisés pendant les opérations de déroulage, l'effort maximal de traction admissible pour le câble utilisé et l'effort maximal de traction théorique permettant le réglage du dynamomètre de débrayage du treuil est justifié par note de calcul.
- Procédure de déroulage décrivant notamment les moyens humains et matériels mis en œuvre.
- Procédures de contrôles et vérifications aux différentes étapes des travaux.
- Notes de calcul permettant de déterminer la section minimale de la câblette d'interconnexion des différents postes, ainsi que le courant admissible dans la liaison en fonction des modes de pose retenus.

Nota : Dans le cadre d'un déroulement avec des moyens mécaniques, le titulaire présentera une fiche technique concernant l'équipement et un certificat d'étalonnage récent par un organisme de Contrôle Agrée.

7.2 DISPOSITIONS PARTICULIERES

L'intervenant doit respecter les textes réglementaires applicables ainsi que les recommandations constructeur notamment sur :

- Les modes de pose et distances à respecter par rapport à d'autres canalisations (chauffage, eau, HT, BT, téléphone, informatique, etc.),
- Les rayons de courbure, y compris dans les chambres de tirage.

L'intervenant doit vérifier le bon état extérieur du câble au déroulement du touret et noter toute anomalie dans son cahier de chantier et en informer immédiatement le maître d'œuvre.


Tout défaut constaté ultérieurement serait présumé être dû à un manquement aux règles de l'art en matière de tirage des câbles.

Attention !! Tout câble blessé lors des opérations de déroulage doit être remplacé dans son intégralité aux frais de l'entreprise intervenante. Aucune coupe de câble ou intervention sur un câble en défaut n'est entreprise sans l'accord préalable du maître d'œuvre.

A la fin de la pose il est procédé au sectionnement du câble pour ôter le dispositif de tirage.

L'extrémité est ensuite capotée à l'aide de capuchon thermo rétractable étanche en attendant la réalisation des extrémités.

L'intervenant doit créer et renseigner les tableaux ci-dessous (pour les liaisons HT par exemple) :

	Direction Générale - Cadarache Département de support technique et gestion Service technique et logistique	Référence STL SPE ELEC DO 284 du 11/05/2021	Indice 2	Page 19/4 2
---	--	---	-------------	-------------------

Repère cheminement	Type	Fournisseur	Référence	Fonction	Bâtiment tenant	Bâtiment aboutissant	Longueur	Référence touret	Date	Entreprise intervenante

7.3 EFFORTS DE TRACTION PENDANT LE TIRAGE DES CABLES

7.3.1 Dans le cas de tirage mécanisé

Un certain nombre de précautions seront observées :

- Réduction le plus possible des frottements à l'aide de galets, diabolos, etc.
- Lubrification à l'aide de graisse en accord avec les prescriptions du Fabricant et la législation en vigueur,
- Eviter les torsions pendant le tirage,
- Utilisation de treuil avec enregistreur dynamométrique, débrayage automatique et personnel de surveillance dédié,
- Tirage portant sur les conducteurs.

Les recommandations des Fabricants préconisent que les efforts de traction par mm² de section de conducteur ne doivent pas dépasser :

- 6 daN pour les conducteurs cuivre,
- 3 daN pour les conducteurs aluminium.

Tous les conducteurs d'un même câble doivent participer à l'effort de traction. Dans le cas de câbles à sections inégales, le conducteur de section inférieure ne participe pas à l'effort de traction.

7.3.2 Dans le cas de chaussette de tirage

L'emploi d'une chaussette de tirage auto-serrante placée sur la gaine extérieure n'est en principe acceptable que lorsque l'effort de traction est réduit.

Pour les câbles HTA tirés avec une chaussette de tirage, la force maximale de traction ne doit pas dépasser 20 000 N (voir nota) même si la règle ci-dessus conduit parfois à des valeurs plus élevées sur de fortes sections (HD 620, partie 5, section D).

Pour tout type de câble, après l'opération de tirage, le tronçon de câble sur lequel la chaussette de tirage a été appliquée, augmentée d'un mètre, doit être éliminée.

Nota : dans le cas de température élevée, un coefficient minorateur de 25 % sera appliqué à la valeur de la force de tirage.

7.4 TEMPERATURES DE POSE


Les matériaux constituant les câbles ont des caractéristiques mécaniques variant de façon importante avec la température. Ces matières deviennent dures voire cassantes aux basses températures.

D'une façon générale, les câbles ne doivent pas être déroulés à une température inférieure à :

- -5°C (moins cinq) pour les câbles comportant une isolation ou une gaine PCV,
- 0° pour les câbles comportant une gaine en matériaux sans halogène.

7.5 RISQUES DE BLESSURES

Les blessures externes les plus fréquemment observées sont les coupures, les arrachements et les érosions dues à un frottement excessif.

	Direction Générale - Cadarache Département de support technique et gestion Service technique et logistique	Référence STL SPE ELEC DO 284 du 11/05/2021	Indice 2	Page 20/4 2
---	--	---	-------------	-------------------

D'une façon générale, le câble ne doit être blessé ni intérieurement ni extérieurement. Les blessures internes sont essentiellement des allongements, des froissures et des décollements des différents constituants du câble. Elles ont pour cause les efforts excessifs exercés sur le câble.

Ces efforts sont :

- Une traction excessive,
- Une flexion sur un rayon de courbure trop faible. En installation, fixe après pose, les câbles ne doivent en aucun cas supporter des rayons de courbures inférieures à ceux préconisés par le fournisseur,
- Une torsion (vrillage). Un câble ne doit être soumis à aucun effort de torsion,
- De plus, si le câble (cas des gros câbles) a tendance à tourner spontanément sur lui-même, il faut l'en empêcher. Le dispositif de tirage doit être prévu en conséquence.
- Un à-coup (coup de fouet).

Lors du déroulage des câbles de petites et moyennes sections, par suite d'irrégularité de tirage et d'un manque de synchronisme au freinage, il peut se produire des à-coups qui font subir au câble des efforts instantanés considérables et dommageables. Ces à-coups peuvent être produits lors d'arrêt de tir et de reprise de tir.

Il faut donc veiller à ce que le déroulage soit fait régulièrement et en douceur.

7.6 DIFFERENTS MOYENS DE TIRAGE

7.6.1 Tirage à main

Il faut disposer d'un nombre de personnes suffisant, en particulier au niveau des coudes, des entrées de buse et au niveau du touret.

On veillera à ce que la cadence de tirage soit régulière et uniforme afin d'éviter au câble les chocs avec le sol et les obstacles.

7.6.2 Tirage au treuil

Cette méthode de tirage est la plus simple mais aussi celle qui présente le plus de risques pour le câble. En fait, cette méthode de tirage ne peut être utilisée seule que si l'effort de tirage est bien contrôlé pendant tout le tirage au moyen d'un dynamomètre et d'un débrayage automatique, afin de ne pas dépasser la valeur maximale admise pendant toute l'opération de tirage.

Le dynamomètre doit être équipé d'une bande enregistreuse. L'original de la bande enregistreuse sera remis avec le DOE. L'effort de tirage est exercé au niveau des âmes des conducteurs de phase du câble à l'aide d'un manchon de tirage approprié.

7.6.3 Tirage à l'aide de machines ou chenilles de tirage (train de déroulage)


Ces machines sont constituées par des éléments motorisés et synchronisés tels que train de galets, chenilles, etc.

Lors de l'emploi de chenilles, il faut veiller à ce qu'elles s'arrêtent et redémarrent en même temps que le câble, faute de quoi ce dernier serait rapidement détérioré.

Le personnel sera compétent pour ce type de tirage et sera muni de moyens de communication.

7.6.4 Tirage par pose mécanisée

Ce mode de pose ne peut être réalisé que sur un terrain vierge, cette méthode présente des risques importants pour les réseaux existants non identifiés.

	Direction Générale - Cadarache Département de support technique et gestion Service technique et logistique	Référence STL SPE ELEC DO 284 du 11/05/2021	Indice 2	Page 21/4 2
---	--	---	-------------	-------------------

A chaque croisement avec d'autres réseaux, le câble tiré passera au-dessus, des ouvrages particuliers seront mis en œuvre à chaque franchissement de ces réseaux.

Les croisements ne seront pas réalisés à la machine, mais de façon traditionnelle avec une pelle mécanique et finition à la main.

7.6.5 Pose à la « déroulée » ou à la « tombée »

Suivant la largeur de la tranchée, cette méthode dite « à la déroulée » ou « à la tombée » offre 2 possibilités de pose du câble :

- Pour des tranchées de faible largeur, le câble peut être déroulé directement en fond de tranchée, la dérouleuse étant positionnée à cheval sur la tranchée.
- Dans l'autre cas, le câble sera déroulé sur le côté de la tranchée et repris manuellement pour être mis en fond de tranchée.

Les cadences de déroulage doivent être uniformes et régulières.

Ces 2 méthodes de déroulage sont celles qui présentent le moins de risque pour le câble.

8 POSE DES CABLES

8.1 POSE EN GALERIE

Si nécessaire, l'intervenant doit l'ouverture et la fermeture des dalles ou trappes d'accès à la galerie.

La zone de travaux sera signalée et balisée.

Les pénétrations seront ouvertes et refermées avec les matériaux nécessaires, l'étanchéité et le degré CF seront reconstitués. **Les mousses coupe-feu utilisées seront à base de produits siliconés.**

Pour le déroulage des câbles, on disposera de galets tous les 3 à 10 mètres suivant le cas et à chaque changement de direction.

Les câbles seront soigneusement disposés et mis en œuvre sur des chemins de câbles ou échelles à câbles correctement dimensionnés.

Les rayons de courbure seront respectés.

Les colliers seront adaptés au type de câbles et au mode de pose.

Les 3 phases d'un câble seront groupées en triangle ou en nappe jointive.

Les distances pour groupement de plusieurs canalisations seront respectées.

8.2 POSE SOUS FOURREAUX

8.2.1 Généralités

L'assemblage entre fourreaux se fera par manchon.

L'ensemble des fourreaux sera peigné de façon à être rectiligne, dans le cas de pose de fourreaux sur des longueurs importantes, une attention particulière sera faite sur le réglage du 1^{er} lit de sable et du 2^{ème} en enrobage pour éviter le phénomène de « vague » du fourreau qui entraînerait par la suite des difficultés pour la mise en œuvre des câbles.

Les câbles de tensions différentes ne seront pas placés dans un même fourreau.


Par contre, les câbles d'un même circuit peuvent être installés dans le même fourreau.

Les canalisations sous fourreaux enterrés seront signalées par un dispositif avertisseur tout comme un câble enterré directement.

Coefficient d'occupation des fourreaux rectilignes :

- D. intérieur du fourreau = D. du câble x1.50 pour un seul câble (unipolaire ou torsade d'unipolaire ou tripolaire)
- D. intérieur du fourreau = D. du câble x2.50 pour 3 câbles unipolaires.

Dans le cas de pose non rectiligne ou de grande longueur, ces coefficients seront doublés.

	Direction Générale - Cadarache Département de support technique et gestion Service technique et logistique	Référence STL SPE ELEC DO 284 du 11/05/2021	Indice 2	Page 22/4 2
---	--	---	-------------	-------------------

La pose sous tube acier d'un même circuit et triphasé de câbles unipolaires se fera obligatoirement dans le même tube.

8.2.2 Fourreaux pour câbles HTA

Les fourreaux destinés aux câbles HTA seront du type gaine polyéthylène (PE) double paroi de couleur rouge, annelés à l'extérieur, lisses à l'intérieur, ils sont dénommés « TPC » (tube pour canalisation) et conformes à la norme NF EN 500 86-2-4/A1.

Ils sont destinés soit à la protection mécanique, soit en réservation de passage pour les câbles électriques enterrés.

Caractéristiques :

- TPC rigide rouge 200.
- Degré de protection = IP30 mini
- Diamètre extérieur = 200 mm / diamètre intérieur = 182 mm
- Barre de 6 mètres avec manchon / couleur rouge
- Rayon de courbure mini à $-5^\circ / 23^\circ = 5$ mètres.

La câblette de terre sera posée hors fourreaux.

La section totale d'occupation des câbles ne doit pas être supérieure à 30% de la section interne du conduit s'il s'agit de câbles unipolaires. Pour un fourreaux rouge TPC 200mm (182mm intérieur = 26 015mm²), les câbles unipolaires ne doivent pas excéder 7 804mm².

8.2.3 Fourreaux pour câbles fibre optique

Les fourreaux destinés aux câbles fibre optique (en courants faibles) seront de type identique aux précédents, sauf de diamètre 40, 50 ou 63.

Caractéristiques :

- TPC cintrable de 40, 50 ou 63mm,
- Degré de protection : IP 30 mini,
- Diamètre extérieur = 40, 50 ou 63 mm / diamètre intérieur = 32, 37 ou 51 mm,
- Couronne de 25 ou 50 mètres avec tire fil.

8.3 POSE EN CANIVEAUX

L'intervenant doit l'ouverture et la fermeture des dalles de caniveaux et chambres de tirage avec les moyens de manutention appropriés.

Un état contradictoire est réalisé avant travaux. L'intervenant doit la remise en état de tous les ouvrages détériorés pendant les travaux, il prévoit aussi :

- Le balisage des zones ouvertes,
- Le nettoyage des caniveaux avant fermeture.

Les câbles sont soigneusement disposés. Il doit être prévu des supports pour la mise en place des câbles dans les chambres encombrées. Après la pose, l'étanchéité des pénétrations dans les bâtiments est soigneusement reconstituée.

Le principe de tirage des câbles est le même que celui décrit en galerie ou sous fourreau.

8.4 POSE SUR CHEMIN DE CABLES

Il peut être nécessaire de poser les câbles HTA sur chemin de câbles. Dans un tel cas, le chemin de câbles est réalisé en goulotte métallique fermée.

Il est repéré avec une « étiquette jaune texte noir « haute tension » tous les 20 mètres.



8.5 TRAVERSEES ET PENETRATIONS DE MUR, DALLES ET PAROIS

Lorsque les câbles traversent une paroi, pour exemples en cas de pénétration dans un poste électrique, toutes les ouvertures doivent être rebouchées intégralement et maintenir le pouvoir coupe-feu de la paroi.

Des matériaux à base de produits siliconés doivent être utilisés, le mortier est autorisé (par exemple des produits de marque Hilti). Les mousses à base de produits chlorés sont interdites.

Le rebouchage doit être propre et le plus lisse possible. Les « tas de mousse » ou « amas de mortier » ne seront pas acceptés, et la reprise des travaux est à la charge du titulaire du marché.

8.6 FIXATION DES CABLES

- Les câbles unipolaires peuvent être posés en nappe ou en trèfle.
Un ensemble de 3 câbles unipolaires en faisceau peut être traité comme un câble tripolaire, son maintien en trèfle se fait au moyen de colliers d'installation du type « RILSAN ou COLSON » à denture extérieure de la série large et protégé des UV.
En tranchée, suivant la rigidité de l'ensemble, ces colliers seront posés en moyenne tous les 2 mètres.
Si les câbles unipolaires sont posés et fixés individuellement, il est nécessaire d'utiliser des colliers en plastique ou en métal amagnétique.

Chaque liaison HTA est accompagnée d'une câblette de terre de section de **25mm² Cu** nu. Sur chemin de câble, cette câblette est maintenue par collier de type « colson » aux câbles HTA.

- Pour la pose le long des parois, les colliers de fixation doivent être à une distance maximale de :
 - 0,40m pour les câbles non armés,
 - 0,75m pour les câbles armés.

Dans le cas de câbles unipolaires, ces colliers seront en matériaux amagnétiques.

- La pose des chemins de câbles ou tablettes est préférable au mode de pose précédent, ainsi qu'à celui sur corbeaux.
Dans le cas de liaison de forte puissance, il est conseillé de prévoir des tablettes suffisamment larges de façon que les câbles puissent effectuer librement les mouvements de dilatation et de retrait successifs dus aux variations de charges.
Les câbles mono-polaires doivent être fixés de façon souple afin de permettre les mouvements dus aux dilatations et retraites, tout en assurant leur maintien en cas de court-circuit (la distance en mètres entre les colliers est égale au rapport du diamètre extérieur du câble en mm sur 20).

8.7 RELEVÉ TOPOGRAPHIQUE

Un relevé topographique est à réaliser pour toute liaison HTA enterrée ou sous caniveaux.
Il sera réalisé tranchée ouverte (cf paragraphe 14.4) ou caniveau ouvert.

9 REPERAGES

9.1 REPERAGES DES CABLES

Les câbles sont à repérer dans chaque chambre de tirage, et dans les vides techniques.
Ils sont également à repérer sur chemin de câbles tous les 20 mètres et à chaque changement de direction.

Voir spécifications de repérage et d'identification des ensembles électriques et fonctionnels des ouvrages HTA/BT du CEA Cadarache. : Réf : 112-ELECT-PFS-NTE-06000211 indice en vigueur.

9.2 BORNES DE BALISAGE

Les bornes basses et hautes seront de marque TELLURA :

- Borne de repérage basse : type 400P socle de 400x400 en polyéthylène,
- Borne de repérage haute : type 30/500 F en résine polyester avec socle en polyéthylène.

Les bornes de balisage sont disposées comme indiqué dans le tableau qui suit :

Borne de type TELLURA	Couleur	Hauteur hors sol	Mise en place
Borne de balisage socle au sol 0.4 x 0.4	Rouge vif	0.04m	Elles sont disposées tous les 50 mètres sur le passage de câble.
Borne haute de passage	Rouge vif	0.5m boulonnée sur socle au sol 0.4 x 0.4	Elles sont disposées tous les 300 mètres, à chaque changement de direction et à l'emplacement des boîtes de jonction

Les bornes hautes sont positionnées sur le passage du câble, si elles ne provoquent pas de gêne. Dans le cas contraire, elles sont déportées et la distance est renseignée sur la plaque signalétique.

Nota : les chambres de tirage isolées sont repérées par le marquage à la peinture rouge des lettres HT inscrites directement sur la face supérieure de la chambre. Les dimensions des lettres sont de 12 cm au minimum.

Sur trottoir, les bornes hautes seront protégées au moyen de « garde-corps » en tube acier, de hauteur 40cm, fixés sur massif.

9.3 PLAQUE SUR BORNES HAUTES ET DALLE SUPERIEURE DES CT

Les bornes hautes de balisage possèdent une plaque de repérage respectant les préconisations suivantes :

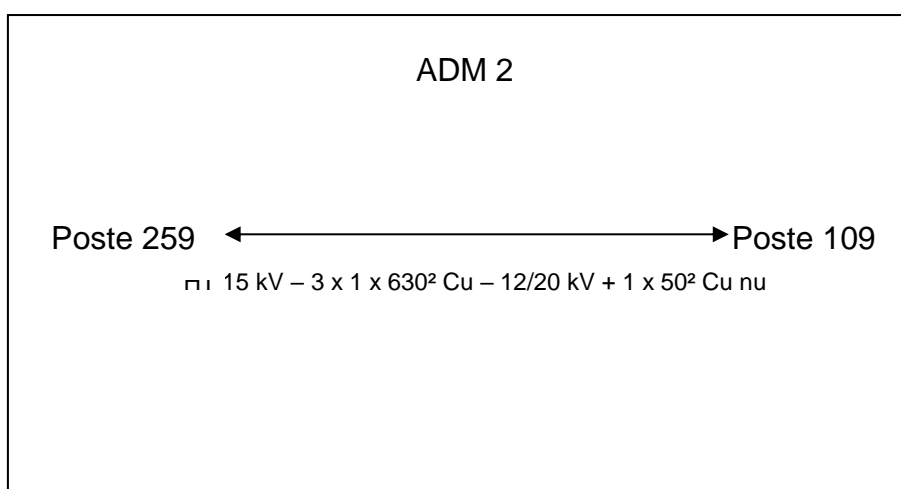
	Matière	Couleur	Dimensions	Fixation
Plaque Borne haute de passage	Aluminium	Aluminium	12x12 cm	2 vis

Numérotation des bornes de passage et des chambres de tirage :

- Chaque série de numéro est fonction du nom de la liaison
- La série commence à 1 par ordre croissant à partir du bâtiment tenant.

Nota : Pour chaque modification ou création de lignes sur le réseau HTA et BT, il est prévu la modification, la fourniture et la pose des plaques de repérage sur les bornes et les dalles supérieures des chambres existantes.

Exemple de plaque sur borne de passage





Direction Générale - Cadarache
Département de support technique et gestion
Service technique et logistique

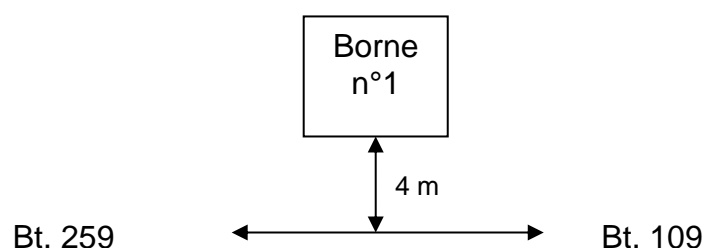
Référence
STL SPE ELEC DO 284
du 11/05/2021

Indice
2

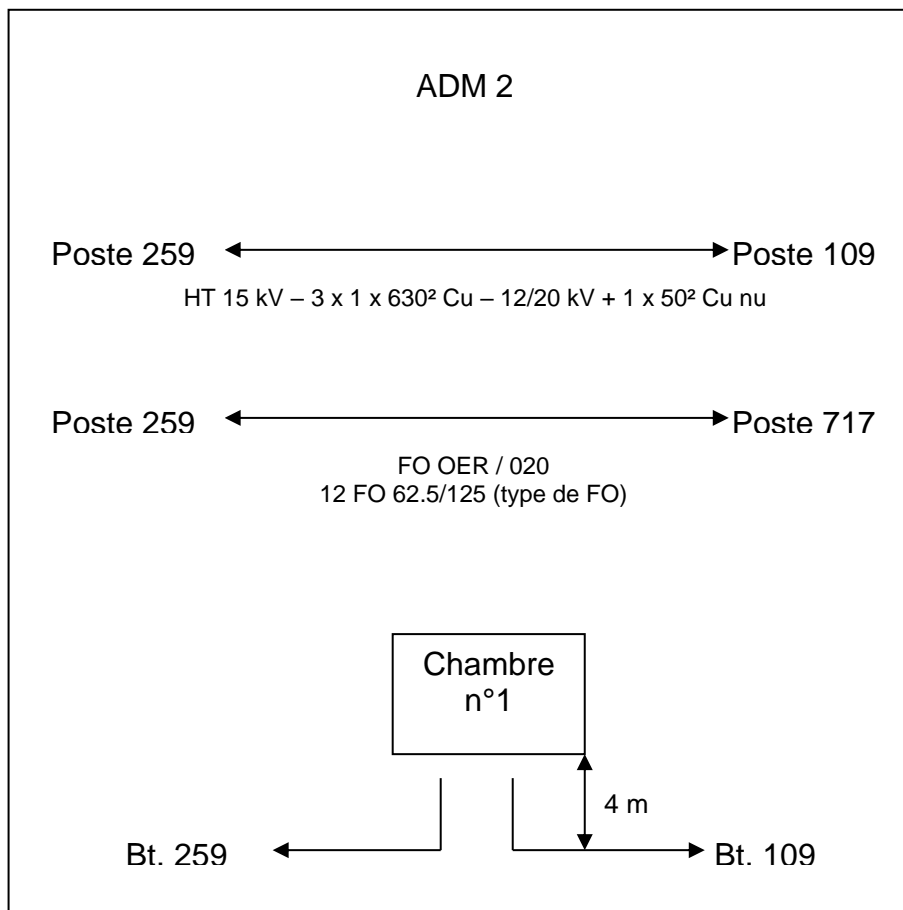
Page
25/4
2

Poste 259 ← → Poste 717

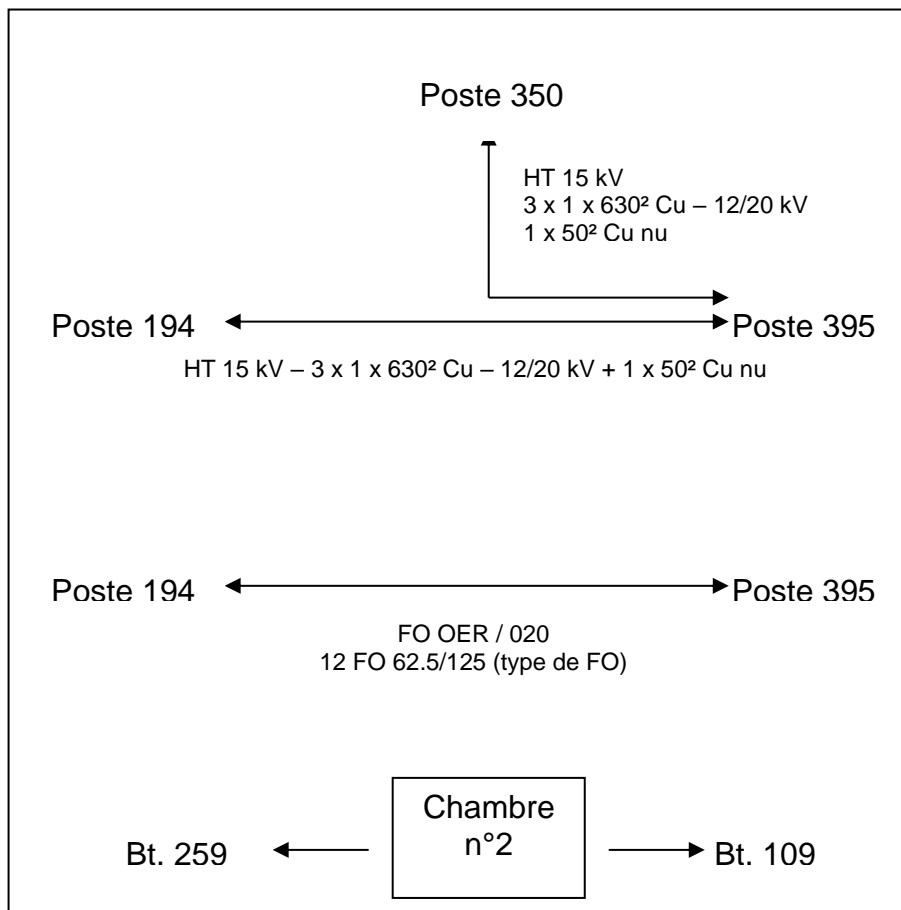
FO OER / 020
12 FO 62.5/125 (type de FO)



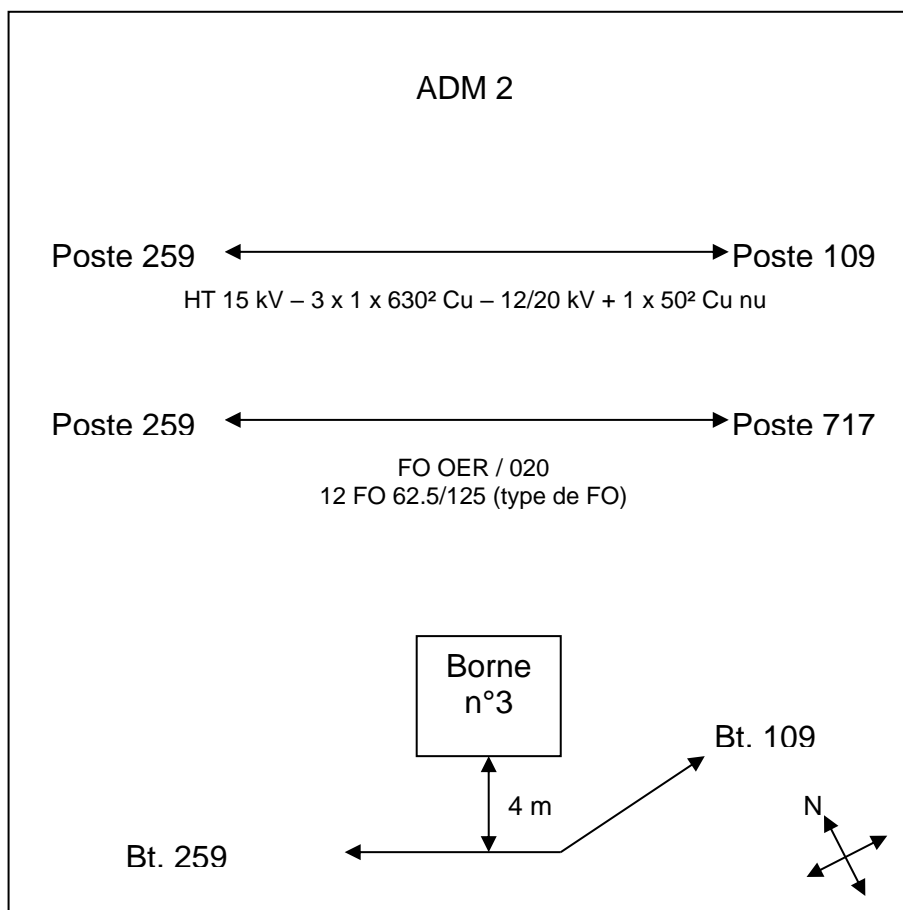
Exemple de plaque sur borne de chambre (1)



Exemple de plaque sur borne de chambre (2)



Exemple de plaque sur borne de passage (changement de direction)





10 CABLES

10.1 CABLES HTA

10.1.1 Généralités

Les câbles utilisés sont conformes à la NF C 33-226 de catégorie C2 (C2 = non propagateur de la flamme).

Les câbles utilisés historiquement sur le site du CEA Cadarache ont une gaine extérieure de couleur rouge avec une âme conductrice en cuivre. Le gainage extérieur de couleur rouge a une résistance médiocre aux radiations solaires.

Pour l'ensemble des nouveaux projets, sans spécification particulière du CCTP, le câble à l'âme ALU sera retenu, sauf liaisons cellules HTA/ transformateurs pour lesquelles elle sera en cuivre. La gaine pourra être de couleur standard avec 2 liserés.

Si du câble C1 doit être utilisé, cela sera spécifié dans le CCTP. La couleur de la gaine devra être différente.

En fonction des exigences techniques d'un projet, le câble à l'âme Cu pourra être imposé dans le CCTP.


10.1.2 Caractéristiques minimales du câble

Le câble sera unipolaire à champ radial conforme à la norme NF C 33-226 (ou câble unipolaire assemblé en torsade)

- Catégorie C2 selon NF C 32-070 non propagateur de la flamme
- Câbles posés en trèfle,
- Semi-conducteur extrudé
- Isolation PR
- Semi-conducteur extrudé pelable et cannelé
- Cannelures remplies de poudre d'étanchéité
- Ecran formé d'un ruban aluminium contrecollé à la gaine extérieure 150 microns
- Gaine extérieure PE
- Marquage et identification extérieurs du câble :
 - Référence à la norme
 - Nom du constructeur
 - Section et nature de l'âme
 - Nature de l'enveloppe isolante
 - Tension assignée
 - Année de fabrication
 - Repère permettant l'identification du lot de fabrication
 - Marquage métrique
- Couleur gaine extérieure : standard du câblage : noir + 2 liserés gris (sauf spécification du CCTP),
- Tension spécifiée : 12/20 kV (24 kV)
- Section des câbles haute tension :
 - Alimentation des transformateurs : 3*1*50mm² (câbles unipolaires torsadés jusqu'à une puissance maximale de 2500kVA), à âme Cuivre
 - Boucles HTA : 3x1x240 mm² (câbles unipolaires torsadés). Ame aluminium nu recuit câblée, retreinte

Les notes de calcul conformes à la NF C 13-200 sont données en annexe du présent document.

Nota 1: les câbles qui pénètrent dans une INB sont de catégorie C1.

	Direction Générale - Cadarache Département de support technique et gestion Service technique et logistique	Référence STL SPE ELEC DO 284 du 11/05/2021	Indice 2	Page 30/4 2
---	--	---	-------------	-------------------

Nota 2 : les câbles cheminant en zone contaminante seront obligatoirement à âme cuivre

10.1.3 Caractéristiques de la câblette de terre

Les câbles HTA sont accompagnés systématiquement d'une câblette de terre Cu nu, posée en pleine terre.

- Ame cuivre nu,
- Section minimale de **25mm²**.

Pour chaque modification au création d'une ligne HT, le CEA vérifiera que la section de la câblette de terre est suffisante, et spécifiera dans le CCTP si la section doit être supérieure.

10.1.4 Marquage des câbles HTA

Exemple de marquage sur un câble :

«C33-226 FR-N20XA8E-AR 240 Cu 12/20 (24) kV POPY G2.2 SCO.9 ECO2 T-10/50»

Sur cet exemple, on retrouve la norme française C33-226 FR, la nature et la section de l'âme, la tension assignée, le concept POPY (ou VINYL ou NIKOL suivant les fabricants), ainsi que les réglages des outils (voir nota) qui vont usiner les différents composants du câble.

Nota : ces réglages optimisent et garantissent la pose des différents constituants d'un accessoire HTA, ces opérations doivent être effectuées par des techniciens officialisés ayant reçus une formation technique pour ces prestations et étant certifiés et habilités pour intervenir sur les réseaux HTA.

Il existe 3 additifs aux modes opératoires des fabricants qui retracent les 3 types de câbles C33-226 existants sur le marché français et qui sont fabriqués par 6 câbliers Européens, **le concept retenu par le CEA est le concept « POPY »**. Le marquage des câbles sera donc conforme à ce concept.


Nota : ces additifs aux notices reprennent les différents outillages existants sur le marché et les différents points de réglage et de process pour utiliser ces outils sur les différences de constitution de ces câbles.

10.1.5 Documents techniques

L'offre devra être accompagnée des documents ci-après. Toute offre incomplète sera jugée irrecevable.

Une note technique comprenant notamment :

- Section nominale
- Diamètre de l'âme
- Résistance de l'âme à 20°C (0hms/km)
- Inductance de l'âme (mH/km)
- Réactance de l'âme (0hms/km)
- Capacité (µF/km)
- Courant de court-circuit admissible de l'âme (kA)
- Section géométrique et électrique de l'écran (mm²)
- Résistance de l'écran à 20°C (0hms/km)
- Réactance de l'écran (0hms/km)
- Courant de court-circuit admissible dans l'écran (kA)
- Caractéristiques dimensionnelles de l'enveloppe isolante
- Caractéristiques dimensionnelles de l'écran et constitution
- Caractéristiques mécaniques de l'enveloppe isolante (en l'état de livraison et après vieillissement en étuve)
- Résultats des essais de traction à chaud

	Direction Générale - Cadarache Département de support technique et gestion Service technique et logistique	Référence STL SPE ELEC DO 284 du 11/05/2021	Indice 2	Page 31/4 2
---	--	---	-------------	-------------------

Documentations technique concernant les tourets

Les prescriptions techniques concernant la pose des câbles, avec effort maximal de traction admissible pour les opérations de déroulage sont à fournir avant la pose.

10.2 CABLES OPTIQUES

Les câbles nécessaires à la GTC respecteront les spécifications suivantes :

-, multimode 50/125

- OM3

- 12 brins minimum

Les connectiques seront de type SC/UPC.

11 JONCTION HTA

11.1 JONCTIONS HTA ENTRE CABLES NEUFS

Selon les normes NFC33-220 / NFC 33-226

Ces jonctions concernent les câbles HTA ayant des enveloppes isolantes de type PE-PR et EPR.

Elles ont pour fonction de :

- Rallonger un câble (raccord de connexion)
- Jonctionner 2 câbles (raccord de jonction)

Suivant les sections des câbles, il existe 3 types de jonction :

- Type J3UP RF RSM de 50 mm² à 240mm² Cu 24 kV
- Type JUP RF de 240 mm² à 400mm² Cu 24 kV
- Type JUR 3 et 4 de 300 mm² à 630 mm² Cu 24 kV

La première (J3 UP RF RSM) de nouvelle génération utilise des raccords de type RSM « raccord à Serrage Mécanique ».

Les raccords de ce type de jonction sont du type multi-sections.

Les 2 autres (JUP RF et JUR 3 et 4) utilisent des raccords de type :

RRH pour les âmes cuivre « Rétreint Hexagonal ».


Pour ces types de jonction, la remise sous tension peut se faire immédiatement dès la jonction terminée.

2 méthodes sont retenues pour jonctionner les câbles mis en œuvre en tranchée :

- Méthode 1 : en chambre de tirage de 2x2m. pour des sections de câble jusqu'à 240 mm². Les 2 extrémités de câbles sont lovées dans la chambre de tirage sur 2 tours.
- Méthode 2 : en caniveau béton mis en œuvre en fond de tranchée et suffisamment déporté pour obtenir une sur longueur de câble permettant de reprendre la jonction en cas d'incident. Ce fond de caniveau sera sablé pour protéger le câble. Cette méthode peut s'appliquer pour toutes les sections de câbles.

11.2 JONCTIONS ENTRE CABLES PAPIER IMPREGNE ET CABLES NEUF (APPELEES AUSSI TRANSITION).

Selon normes NFC 33-100/ NFC 33-220 / NFC C 33-226

	Direction Générale - Cadarache Département de support technique et gestion Service technique et logistique	Référence STL SPE ELEC DO 284 du 11/05/2021	Indice 2	Page 32/4 2
---	--	---	-------------	-------------------

Ces jonctions concernent les câbles HTA ayant des enveloppes isolantes de type PI-PE-PR et EPR.

Elles ont pour fonction de :

- Rallonger un câble de type PI avec un câble de nouvelle génération
- Jonctionner un câble de type PI suite à un incident (coupure, défaut, ...)

Dans ce cas, il sera réalisé 2 jonctions avec un câble de génération actuelle entre les 2.

Les câbles papier imprégné étant très fragiles, ils ne seront pas déplacés et subiront le moins de manipulation possible, ils seront donc jonctionnés sur place.

Les jonctions utilisées sont du type :

Jonction de transition avec reconstitution de l'isolation par un mastic rubané et avec injection de résine époxy pour la protection mécanique, de type JTR 3 24 kV 25 mm² à 240 mm².

Les jonctions de transition, entre 1 câble de génération actuelle et un câble isolé aux papiers imprégnés, de type JTR, on utilisera des manchons normalisés à sertir du type RJU entre 2 câbles à âme cuivre.

La remise sous tension peut se faire immédiatement dès la jonction terminée.

12 RACCORDEMENTS

12.1 EXTREMITES HTA

Elles ont pour fonction de raccorder un câble à un autre élément d'équipement électrique.

12.1.1 Extrémités fixes

Les câbles seront de type à isolant PE-PR ou EPR, dans le cas d'un câble à isolant PI on passera par une boîte de jonction avec en sortie un câble de la génération actuelle.

Le modèle retenu est du type :

Extrémité unipolaire intérieure courte, rétractable à froid.

Suivant les sections des câbles HTA, il existe 3 types d'extrémités unipolaires intérieures :

- E3UIC3 de 50 mm² à 240 mm² cuivre.
- E3UI de 300 mm² à 630 mm² cuivre.
- E3UI de 800 mm² à 1200 mm² cuivre.

Les cosses sont à approvisionner séparément.

Pour les connexions des câbles cuivre et aluminium, il sera utilisé des cosses à plage renforcée :

- Série L pour des sections de 16 à 185mm²
- Série HU 240R à plage ronde pour le 240 mm²
- Série HU de 300 à 1200 mm².

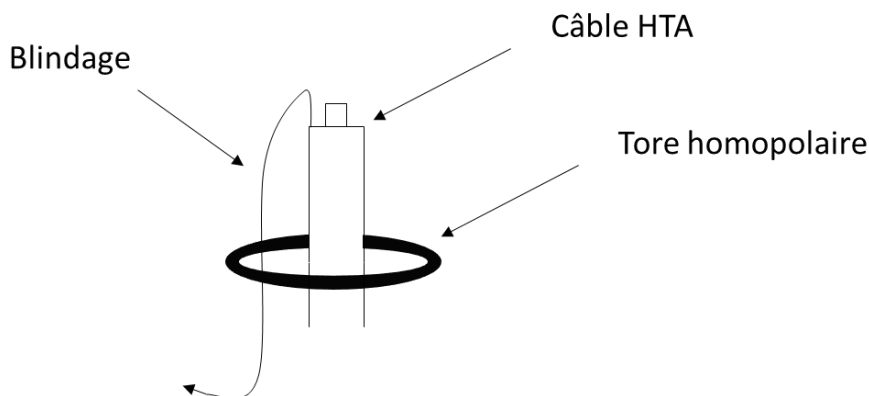
12.1.2 Fabricants

Les accessoires (jonctions et extrémités) utilisées sur le centre sont habituellement de marque 3M.

Dans des cas particuliers, il peut être utilisé du matériel des fabricants : Prysmian, Tyco, Nexans, Sagem, Sicame.

12.1.3 Tores pour relais homopolaires ou relais bardins

Quand les tores sont nécessaires, ceux-ci sont prévus à raison de 1 tore par trèfle.
Chaque tore est centré sur la trèfle.



La câblette de terre chemine hors du tore.

Le blindage du câble repasse dans le tore.

Les protections homopolaires sont obligatoires pour :

- Tous les câbles de boucle dans les projets neufs (prescriptions CEA),
- Les liaisons transformateurs supérieures à 50mètres

12.2 CONDITIONS D'EXECUTION DES RACCORDEMENTS HTA

12.2.1 Outillage spécifique

L'outillage sera adapté au concept du câble.

12.2.2 Personnel intervenant

Le personnel intervenant devra être :

Habileté UTE-C18-510 :

H1/H1V pour les techniciens, exécutants des opérations électriques dans les postes et sur les installations et au voisinage des câbles sous-tension sous la direction du chef de travaux et du chargé de consignation

H2/H2V pour les chefs de travaux, signataire de l'attestation de consignation délivrée par le chargé de consignation, qui encadre une équipe d'électricien et qui dans le cas de consignation des ouvrages électriques en 2 phases, procède à l'identification et à la destruction par perforation ou par sectionnement avec le matériel adapté qui garantisse la sécurité des intervenants et la fiabilité des réseaux.

En possession d'une attestation de formation complète dans le métier et certifiant d'un minimum d'intervention pour la mise en œuvre de ces accessoires HTA dans l'année le nombre minimal de réalisation à l'année est de :

- pour les têtes de câbles : 9 jeux tripolaires.
- pour les jonctions : 7 jeux tripolaires.

Une attestation sera demandée à l'entreprise.

En possession d'un certificat de qualification de monteur en canalisations électriques souterraines du type « application de la note du distributeur EDF G.5.2-01 « pour la réalisation de jonction HTA mixte CPI/PR ou PR/PR, E3 UIC, CSD ou CSE... »



13 CONTROLES ET ESSAIS

Ces essais évolueront de droit dans les cas suivants :

- Évolution des textes règlementaires
- Évolution des matériels et techniques

Nota : les clauses techniques particulières applicables sont traitées dans le CCTP décrivant l'opération à exécuter

13.1 CONDITIONS D'ESSAIS TABLEAUX HTA

Pour les installations équipées d'appareillage sous enveloppe métallique **et lorsque les équipements HTA ont été assemblés et/ou éclissés sur place**, l'isolement des connexions est vérifié par un essai de tenue à la fréquence industrielle (NF C 10-100) pendant une minute sous une tension d'essai égale à 80% de la tension assignée de tenue à fréquence industrielle.

13.2 CONDITIONS D'ESSAIS CABLES HTA

Ce qui suit traite des d'essais diélectriques et de tangente delta des câbles HTA et ses accessoires

13.2.1 Généralités

Ces essais seront réalisés conformément à la Norme NF C 33-220 et concernent les câbles HTA neufs.

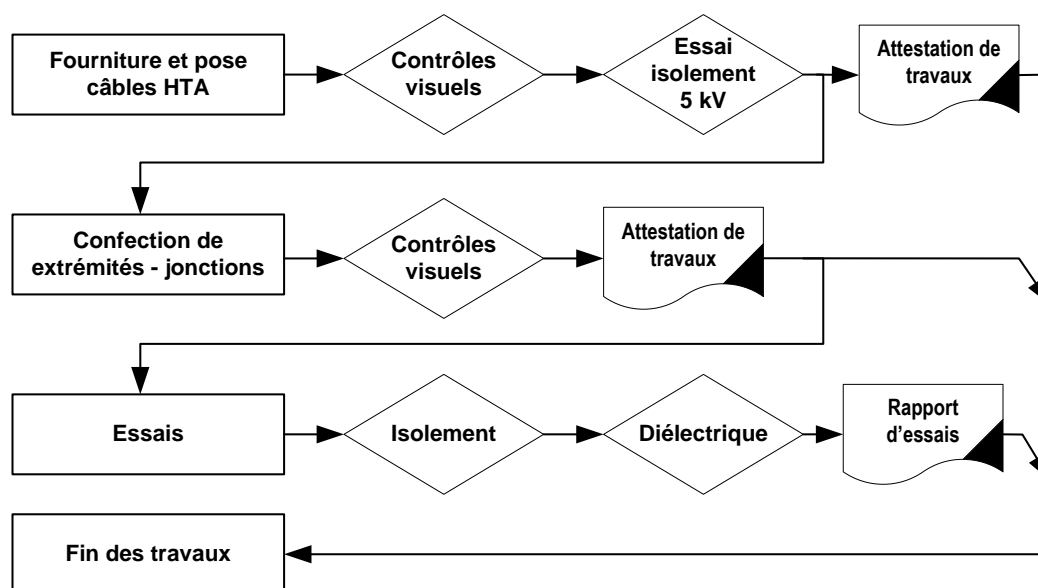
Les essais de tangent delta seront réalisés, ainsi que des essais diélectriques.

Les textes précisent que ces essais sont effectués après pose du câble et de ses accessoires (boîtes de jonction, extrémités).

Sur demande spécifique du CEA Cadarache et avant mise en service des tableaux HTA 15 kV neufs, livrés sur le Centre, il sera procédé à une vérification de l'isolement selon les règles de la norme NF C 13-200.

13.2.2 Processus général pour câbles neufs

Les 3 séquences, fourniture – pose, confection des extrémités et/ou jonctions et essais s'articulent comme suit :



13.2.3 Essais de tangente delta

Pour toute création, modification et prospection de liaison, un essai « test de décharge partielle » est à réaliser avant la mise sous tension des lignes.

Description succincte du test (conformément au document référencé 18-DO044-Fiche-REX DPIE N°141A-Diagnostic liaisons HTA enterrées) :

C'est la mesure du rapport entre la puissance active et la puissance réactive.

La mesure est réalisée sur chacune des trois phases avec 3 paliers de tensions par phase à 0,1 hertz. A chaque palier de tension, 8 points de mesures seront pris sur une durée de 2 minutes. La tension du réseau du CEA de Cadarache est de 15kV, les essais doivent être réalisées aux seuils de tension ci-après :

- 0,5U₀ (4,5kV),
- U₀ (9kV),
- 1,5U₀ (13,5kV).

Avec U₀ la tension entre phase et terre qui vaut $U_0 = 15\text{kV}/\sqrt{3} = 8,66 \text{ kV}$ sur le site de Cadarache.

13.2.4 Essais diélectriques

L'essai est effectué en appliquant la tension entre chaque phase et la masse, les autres phases étant reliées à la masse. Les valeurs de la tension d'essai à fréquence industrielle pendant 1 minute à appliquer sur site, sont les suivantes :

Tension la plus élevée pour le matériel (valeur efficace kV)	Tension d'essais (valeur efficace kV)
7,2	16
12	22
17,5	30
24	40

Sauf isolant de type « papier imprégné », la tension d'essais pour les câbles neufs NF C 33-226 et NF C 33-220 est de $3 \times U_0$ en courant continu ou $\sqrt{3} \times U_0$ en courant alternatif :

Ces essais s'appliquent sur tous types de câbles.

Cette tension est appliquée pendant 15 minutes.

Aucun claquage ne doit se produire.

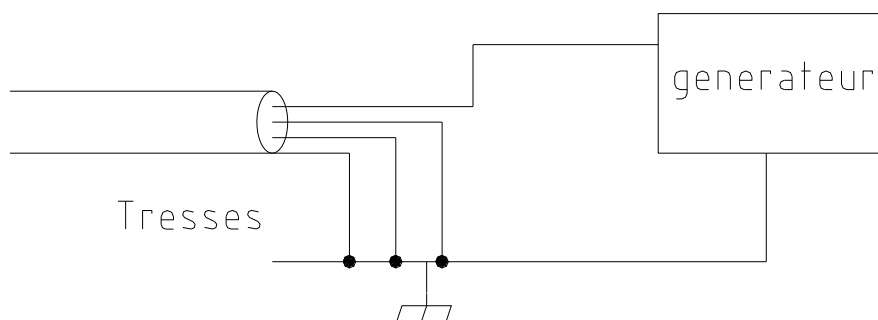
Les câbles visés dans la présente norme sont destinés à être posés à l'air libre (sur le sol ou sur tablettes), dans des caniveaux, en conduits ou en enterrés.

Essais diélectriques de câbles HTA neufs ou réfection de têtes de connexions suivant la norme NFC 33-220. Durant tous ces essais, il ne doit se produire ni perforation, ni contournement.

Le personnel en charge équipé de ses EPI (Equipements de Protection Individuels), les essais diélectriques des câbles sont réalisés de la façon suivante :

- Installation HTA consignée (vérification absence de tension),
- Déconnexion des extrémités de la liaison à tester par l'installateur électrique,
- Balisage de la zone d'essai (tenant et aboutissant),
- Contrôle de la perche de décharge,
- Mise en place à l'autre extrémité d'une personne pendant la totalité de l'intervention,
- Mesure d'isolement sous 5 kV entre phase/terre et phase/phase et relevé des valeurs
- Essai diélectrique sur câble neuf : injection d'une tension continue (voir nota) pendant 15 minutes entre l'âme et l'écran du câble à la terre et les autres âmes à la terre (méthode de câblage conforme aussi pour un câble à champ radial ou non radial).

Pendant l'injection, les courants de fuite pour chaque phase seront relevés.



- Décharge du câble à l'aide d'une perche résistive
- Mise à la terre du câble testé,
- Reconnexion des extrémités de la liaison,
- Rédaction du rapport d'essais sur site.



13.3 CONDITIONS D'ESSAIS CABLES OPTIQUES

Les essais des câbles optiques sont réalisés conformément à la spécification du STIC référencée 134 INFOR PGA SPE 04001376. Ils se dérouleront dans les deux sens, à deux longueurs d'onde (850 et 1310nm), et avec bobines amorces de début et fin.

Ils donneront lieu à la rédaction d'un cahier de recette suivant spécification pré-citée.

En dérogation avec cette spécification, il sera réalisé uniquement des essais réflectométriques.

13.4 FIN DES TRAVAUX

A l'issue de chaque séquence, fourniture – pose, confection des extrémités et/ou jonctions et essais, l'Entreprise intervenante remettra une Attestation de travaux précisant (voir modèle annexe 1) :

- Les points sur lesquelles elle est intervenue avec dates et heures d'intervention
- La localisation de son intervention
- Les noms et qualités des intervenants
- La traçabilité du matériel mis en œuvre
- Les autocontrôles et essais effectués

13.5 COMPARATIF INSTALLATIONS NEUVES ET ANCIENNES

Ce tableau de synthèse concerne :

Les essais diélectriques des câbles HTA et de ses accessoires (boîtes de jonctions et extrémités)

La vérification d'isolement du tableau HTA 15 kV

Installations neuves	Installations existantes
<u>Vérification d'isolement des tableaux HTA 15kV</u> * selon NFC 13-200 * 40 kV / 50Hz / 1 minute par phase	
<u>Essais diélectriques des câbles HTA et accessoires</u> * selon NFC 33-220 * concerne les câbles isolation PR/PVC/PE/EPR (sauf papier imprégné) Tension d'essais diélectrique à $3 \times U_0 = 36$ kV pendant 15 minutes/phase et câbles non raccordés.	<u>Essais diélectriques des câbles HTA et accessoires</u> * selon NFC 33-220 * concerne tous les isolants de câbles y compris y compris papier imprégné Tension d'essais spécifique CEA Cadarache à 17,5 kV pendant 1 minute/phase et câbles raccordés.
<u>Essais de tangente delta</u> *Mesure du rapport P/Q sous trois palier de tension à 0,1Hz	<u>Essais de tangente delta</u> *Mesure du rapport P/Q sous trois palier de tension à 0,1Hz



14 FIN DES TRAVAUX

14.1 ORGANISME DE CONTROLE

Conformément à l'arrêté du 25 février 2019, le passage d'un organisme de contrôle pour effectuer la VI est obligatoire et à la charge du responsable CEA.

Pour permettre le passage de l'organisme de contrôle, le titulaire doit fournir les documents suivants :

- Les plans établis à l'échelle faisant apparaître :
 - Les dimensions des tranchées,
 - L'aménagement de la fouille,
 - L'implantation des boîtes de jonction et des dérivations,
 - L'implantation des chambres de tirage,
 - Le mètre totale de la ligne électrique et de chaque portion chambre à chambre, et chambre à dérivation (boîtes de jonction),
 - Le tracé des voiries, des réseaux de télécommunication, les autres réseaux électriques, les réseaux non électriques (gaz, eau, ...),
 - Les points singuliers aux voisinages, croisements des réseaux, aux passages sous voiries ou cours d'eau, et aux modes de poses particuliers (profondeurs réduites ou pente accentuée),
 - La présence de cours d'eau,
 - L'activité des établissements voisins sensibles ou dangereux à moins de cent mètres du tracé,
- Les caractéristiques des canalisations électriques et le nombre de circuit,
- La définition des méthodes d'enfouissement, le cas échéant les caractéristiques des machines utilisées et les relevés des efforts de tirage.

Si la section ne fait pas partie de celles décrites en annexe (240mm² Alu ou 50mm² Alu), il devra être fourni une note de calculs au bureau de contrôle par le titulaire.

14.2 RECEPTION PROVISOIRE


La réception provisoire est prononcée sans réserve, après remise du rapport de l'organisme de contrôle, en présence de tous les intervenants (Intervenants, CEA, Titulaire du Contrat Global de Services).

A l'issue de cette réception provisoire, le câble peut être mis sous tension.

14.3 DOSSIERS DES OUVRAGES EXECUTES (D.O.E.)

Au plus tard 15 jours calendaires après la réception sur site, l'intervenant remet le Dossier des Ouvrages Exécutés (DOE) complet en 2 exemplaires papiers et en 2 exemplaire au format informatique avec les fichiers sources. Ce DOE comprend à minima :

- Les documents d'études d'exécution,
- Les Comptes-rendus de réunion (rédaction et diffusion à la charge du Titulaire),
- Les Comptes-rendus d'essais, et cahier de recettes
- La liste des intervenants avec qualifications, habilitations, références,
- Les certificats d'étalonnage des appareils,
- Les référentiels utilisés,
- Les documents techniques des matériaux employés,
En particulier, pour les jonctions et les têtes HTA, leur compatibilité avec les câbles HTA (matériau de l'âme, constituants des isolants) devra être mise en évidence
- Les schémas électriques,
- Les carnets de câbles,
- Les notes de calculs et de réglages,
- La copie du PV de réception,

	Direction Générale - Cadarache Département de support technique et gestion Service technique et logistique	Référence STL SPE ELEC DO 284 du 11/05/2021	Indice 2	Page 39/4 2
---	--	---	-------------	-------------------

- Les relevés des efforts de tirs, (bandes originales).
- Les fonds de plans au 1/500^{ème} avec les relevés topographiques suivant paragraphe ci-après.

Nota : les exemplaires seront remis par le responsable du marché CEA selon le plan suivant :

- 1 exemplaire (papier + informatique) doit être remis au personnel d'exploitation du CGS 63kV, en cas de problèmes ou de retard pour la remise du DOE,
- 1 exemplaire (papier + informatique) doit être remis au responsable CEA du contrat CGS.

En complément, si le câble a été fourni par le titulaire, les documents suivants doivent être inclus dans le DOE :

- Le certificat de conformité du câble livré
- Une copie des résultats des essais de type
- Une copie des résultats des essais de série
- Une copie des résultats des essais sur prélèvement
- Attestation de mise en œuvre du plan d'assurance qualité

14.4 RELEVÉ TOPOGRAPHIQUE

Un relevé topographique sera réalisé systématiquement. Il sera établi à partir du référentiel XYZ du site « LAMBERT III » avec une station totale TOPCON.

Ces relevés seront transcrits sous format AUTOCAD.

Ces relevés feront apparaître :

- Les câbles HTA
- les positions des boîtes de jonction HTA.



15 ANNEXE 1 : EXEMPLE DE RAPPORT D'ESSAIS

Demandeur :

Tension de service :

Site :

Unité / Bâtiment :

Localisation :

* Tenant :

* Aboutissant :

Caractéristiques de la liaison HTA :

* Type :

* Longueur :

* Tête : - Tenant : ☐ cosses ☐ prises ☐ autres :
 - Aboutissant : ☐ cosses ☐ prises ☐ autres :

Norme d'essai :

NFC 33.220 de Juillet 1988 relatif aux câbles isolés par diélectriques massif extrudés pour des tensions assignées de 1,8/3(3,6) kV à 18/30(36) kV.

(*1) ☐ Tension d'essais pour liaison neuve : $4 \cdot U_0$ pendant 15 minutes sur chaque âme, soit 48 kV.

(*2) ☐ Tension d'essais pur liaison ancienne : 17,5 kV pendant 1 minute sur chaque âme y compris câbles isolés au PI.

Résultats des essais d'isolement :

	Résistance Phase /Terre			Résistance Phase /Terre		
	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phases 1-2	Phases 1-3	Phases 2-3
R isolement						

Résultats des essais diélectriques :

U_{ESSAI} = kV T_{ESSAI} = mn

	Courant de fuite	Constat	Conclusion
Phase 1	<input type="checkbox"/> NM <input type="checkbox"/> valeur mesurée en A:	<input type="checkbox"/> Aucun claquage, ni perforation de l'isolant <input type="checkbox"/> Claquage.....KV ; min	(*1) <input type="checkbox"/> Conforme NFC 33.220 <input type="checkbox"/> Non-conforme
Phase 2	<input type="checkbox"/> NM <input type="checkbox"/> valeur mesurée en A:	<input type="checkbox"/> Aucun claquage, ni perforation de l'isolant <input type="checkbox"/> Claquage.....KV ; min	(*2) <input type="checkbox"/> Essai satisfaisant <input type="checkbox"/> Essai non satisfaisant
Phase 3	<input type="checkbox"/> NM <input type="checkbox"/> valeur mesurée en A:	<input type="checkbox"/> Aucun claquage, ni perforation de l'isolant <input type="checkbox"/> Claquage.....KV ; min	

NM : non mesurable

Ce document sera daté et signé des 2 parties, l'Entreprise en charge des travaux et la société exécutant les essais.

16 ANNEXE 2 : SECTION DES CONDUCTEURS ACTIFS – LIAISON CELLULE HAUTE TENSION/TRANSFORMATEUR

Justification de la section 3*1*50mm ² aluminium			
	Chemin de câble fermé (32)	Caniveaux (41)	Fourreaux (61)
Coefficients de correction	K1 = 0,96 (35°C) K9 = 0,70 (2 circuits enfermés maximum)	K1 = 0,96 (35°C) K10 = 0,72 (2 circuits max par caniveaux)	K12 = 1 (20°C) K13 = 1 (terrain sec) K14 = 1 (profondeur 0,8m) K16 = 0,70 (2 circuits maximum sur 1 nappe) K17 = 0,74 (2 circuits maximum à 0,25m)
Coefficient de correction total	K = 0,672	K = 0,691	K = 0,518
Courant théorique Iz pour un câble 3*1*50mm ² cuivre	Iz = 244ampères		
In transformateur 15kV/400V S=2000kVA avant correction	In = 77ampères		
Iz ₂₀₀₀ transformateur 15kV/400V S=2000kVA après correction	Iz ₂₀₀₀ = 114ampères	Iz ₂₀₀₀ = 111ampères	Iz ₂₀₀₀ = 148ampères
Tenue lcc du câble 3*1*50mm ² aluminium			
Icc max (kA)	12000 kA		
Temps de fusion fusible Solefuse 63A	t = 0,1s (plan de protection de Cadarache)		
Valeur de k câble en aluminium	116		
S = (Icc*Racine(t))/k	S = 33mm ²		
Conclusion	Iz ₂₀₀₀ < Iz & la section du câble résiste au passage de lcc. Câble 3*1*50mm ² al trèfle conforme.	Iz ₂₀₀₀ < Iz & la section du câble résiste au passage de lcc. Câble 3*1*50mm ² al trèfle conforme.	Iz ₂₀₀₀ < Iz & la section du câble résiste au passage de lcc. Câble 3*1*50mm ² al trèfle conforme.

Remarque : les calculs dans le tableau ci-dessus s'appliquent pour des transformateurs d'une puissance maximale de S=2000kVA.

Pour des transformateurs d'une puissance supérieure à 2000kVA, une note de calcul devra être réalisée.

Une liaison cellule HTA/transformateur cheminant en vide technique sera posée sur chemin de câbles ouvert fixé dans le vide technique. Le cas est considéré couvert par le calcul «vide technique ».

17 ANNEXE 3 : SECTION DES CONDUCTEURS ACTIF – LIAISON DES BOUCLES HAUTE TENSION DU RESEAU 15KV

Justification de la section 3*1*240mm ² aluminium				
	Chemin de câble fermé (32)	Caniveaux (41)	Fourreaux (61) cas spécifique	Enterré (62)
Coefficients de correction	K1 = 0,96 K9 = 0,70	K1 = 0,96 K10 = 0,72	K12 = 1 K13 = 1 K14 = 1 K16 = 0,62 K17 = 0,70	K12 = 1 K13 = 1 K14 = 1 K15 = 0,74
Coefficient de correction total	K = 0,672	K = 0,691	K = 0,434	K = 0,74
Courant théorique Iz pour un câble 3*1*240mm ² aluminium trèfle	Iz = 428 ampères			
Courant de réglage du disjoncteur Ir max. Ou courant max admissible dans le câble. I _{rmax} = k*Iz	Ir = 287 ampères	Ir = 295 ampères	Ir = 185 ampères	Ir = 316 ampères
Tenue Icc du câble 3*1*240mm ² aluminium				
Icc max (kA)	12000 kA			
Temps de déclenchement moyen des disjoncteur sur Cadarache	t = 0,6s			
Valeur de k câble en aluminium	116			
S = (Icc*Racine(t))/k	S = 80mm ²			
Conclusion	<p>Tous les câbles haute tension de boucle respectant les modes de pose ci-dessus et le courant de réglage maximal I_{rmax} associé sont conformes à la norme NF C 13-200.</p> <p>Nota : Les cas spécifiques seront traités séparément et présentés dans le cahier des charges. Une note de calcul spécifique sera établie par cas.</p>			