

1. Introduction :

Cette note concerne l'étude des caractéristiques techniques d'une canalisation HTA connaissant les renseignements indiqués au chapitre 2. Le lecteur se reportera aux documents normatifs (NFC 13-200, UTE C 13-205), textes réglementaires et documents constructeurs (câbliers)

2. Données :

Longueur	70m
Tension d'alimentation entre phases	20KV Alternatif triphasé 50Hz
Récepteur	Transformateur HTA/BTA de 630kVA
Conditions d'installation de la liaison	Enterrée directement dans le sol. Température du sol : 20°C. Tension spécifiée $U_0/U/U_{max}$: 12/20 (24kV) kV Pose jointive : 3 câbles HTA côte à côte. Résistivité thermique du sol : 150°C/W Profondeur de pose : 0,8m
Type de câble choisi	Câble multipolaire aluminium : 3 âmes Nature de l'isolation : PRC Câble à champ radial
Conditions de fonctionnement sur court-circuit	Pcc = 500MVA Durée d'élimination du court-circuit 0,2 s (fusible HPC) Durée d'élimination du court-circuit 0,5 s (Disjoncteur)
Chute de tension	$\Delta u_{(max)} = 2\%$

La protection contre les courts-circuits sera assurée soit par fusible HPC, soit par disjoncteur. Le dispositif de protection sera placé à l'origine de l'installation.

3. Calcul de l'intensité à véhiculer en régime normal

$$I_{b(A)} = \frac{S_{(kVA)}}{U_{(kV)} \times \sqrt{3}} = \frac{630}{20 \times \sqrt{3}} = 18,2A$$

4. Calcul de la section relative à l'intensité admissible

4.1 Détermination des facteurs de correction :

- Température du sol $k1 = 1$
- Pose non jointive $k2 = 0,64$
- Résistivité du sol $k3 = 0,86$
- facteur global de correction $f = k1 \times k2 \times k3 = 1 \times 0,64 \times 0,86 = 0,55$

4.2 Détermination de l'intensité fictive à véhiculer :

$$I'_z = \frac{I_b}{f} = \frac{18,2}{0,55} = 33,04A$$

4.3 Détermination de la section

La section minimale relevée dans un catalogue de câblier¹ (SILEC) nous donne une section minimale de 25mm² Alu

5. Calcul de la section relative à l'intensité de court-circuit

Pour ce type de câble dont la nature de l'isolation est du PRC, j'ai considéré que la température initiale de l'âme est de 90°C² et la température de fin de court-circuit est de 250°C. Je vous rappelle que nous sommes en régime adiabatique et qu'en cas de court-circuit toute la chaleur reste concentrée dans le câble et que la formule que vous allez découvrir ci-dessous s'applique pour un temps maximum égal à 5s.

Le document (annexe 9-2) indique les densités de courant $\delta_{(A/mm^2)} = \frac{I_{(A)}}{S_{(mm^2)}}$ pour une nature d'âme, une isolation, une température initiale θ_i , une température finale θ_f et pour une temporisation variant de 0,1 à 0,5s ce tableau doit couvrir les applications courantes pour d'autres valeurs, vous ferez les calculs.

5.1 Calcul du courant de court-circuit à l'origine :

$$I_{k3} = \frac{P_{cc}(VA)}{U_{(V)} \times \sqrt{3}} = \frac{500 \times 10^6}{20 \times 10^3 \times \sqrt{3}} = 14433A$$

5.2 Protection par fusible HPC

Le tableau nous donne une densité de courant égale à 210 A/mm² (intersection de 0,2s et EPR/PRC $\theta_i = 90^\circ C$ et $\theta_f = 250^\circ C$).

$$S_{(mm^2)} = \frac{I_{(kA)}}{\delta_{(A/mm^2)}} = \frac{14433}{210} = 68,7mm^2$$

La section normalisée la plus proche sera 70mm² (1)

5.3 Protection par disjoncteur

Le tableau nous donne une densité de courant égale à 133 A/mm² (intersection de 0,5s et EPR/PRC $\theta_i = 90^\circ C$ et $\theta_f = 250^\circ C$).

$$S_{(mm^2)} = \frac{I_{(kA)}}{\delta_{(A/mm^2)}} = \frac{14433}{133} = 108,5mm^2$$

La section normalisée la plus proche sera 120mm² (2)

5.4 Calcul de la chute de tension

Cas (1)
$$\Delta u_{(V)} = \frac{Z_{(\Omega/km)} \times I_{(A)} \times l_{(m)}}{1000} = \frac{0,92 \times 18,2 \times 70}{1000} = 1,17$$

$$\Delta u_{(\%)} = \frac{\Delta u_{(V)} \times \sqrt{3} \times 100}{20000} = \frac{1,17 \times \sqrt{3} \times 100}{20000} = 0,01\%$$

Cas (2)
$$\Delta u_{(V)} = \frac{Z_{(\Omega/km)} \times I_{(A)} \times l_{(m)}}{1000} = \frac{0,57 \times 18,2 \times 70}{1000} = 0,73$$

$$\Delta u_{(\%)} = \frac{\Delta u_{(V)} \times \sqrt{3} \times 100}{20000} = \frac{0,73 \times \sqrt{3} \times 100}{20000} = 0,006\%$$

La chute de tension est nettement inférieure à la limite imposée.

¹ Vous consulterez éventuellement ce catalogue pour plus de précision.

² En retenant la valeur de la température initiale égale à 90°C, je me pénalise car dans la réalité cette température ne devrait jamais être atteinte.

6. Conclusion :

La section finale sera égale à $3 \times 1 \times 70^2$ alu si vous optez pour une protection à l'origine assurée par des fusibles HPC

La section finale sera égale à $3 \times 1 \times 120^2$ alu si vous optez pour une protection à l'origine assurée par un disjoncteur.

La tenue aux courts-circuits est la condition la plus sévère.

7. Commentaires

Vous remarquerez l'importance de la connaissance de la valeur du courant de court-circuit à l'origine. En effet plus ce courant est élevé, plus la section des câbles est élevée (à densité constante). La protection contre les courts-circuits doit être assurée sur la totalité de la liaison donc à fortiori à l'origine.

J'ai choisi volontairement une liaison en câble aluminium, il vous restera donc à refaire la totalité de cette étude en utilisant une liaison cuivre, cela vous permettra également de plonger dans votre littérature (documentation des constructeurs et normes NFC 13-200 et guide pratique UTEC 13-205).

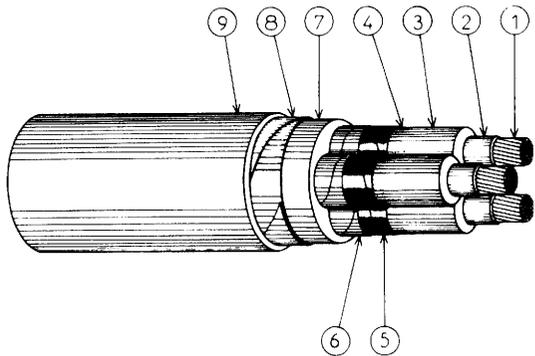
Il vous appartient d'étudier les autres aspects de l'installation électrique.

8. Bibliographie

Guide pratique UTEC 13-205 (1994)

Extrait du catalogue SILEC

Densité de courant admissible en A/mm² document : JM BEAUSSY



- 1 - Âme rigide en cuivre ou en aluminium
- 2 - Gaine conductrice en élastomère
- 3 - Enveloppe isolante en PR
- 4 - Enduit conducteur
- 5 - Ruban conducteur
- 6 - Ruban en cuivre
- 7 - Bourrage
- 8 - Armure feuillards en acier
- 9 - Gaine en PVC

Non armé	2	3	4	3	4	3	3	2
Armé	1	4	4	3	4	3	3	2

DOCUMENT DE NORMALISATION : UTE NF C 33-220.

TENSION ASSIGNÉE : Les tableaux suivants concernent les câbles 3,5/6 (7,2) kV - 6/10 (12) kV et 12/20 (24) kV, qui sont les plus courants. Des câbles TRISIPRELEC de tensions assignées différentes (8,7/15 (17,5) kV - 18/30 (36) kV par exemple) peuvent être réalisés sur demande particulière.

SPÉCIFICATION : Les câbles TRISIPRELEC sont composés de 3 conducteurs réalisés de manière identique jusqu'à l'écran métallique inclus, aux câbles unipolaires SIPRELEC (voir page 63).

L'assemblage est recouvert :

- d'une gaine de bourrage de faible épaisseur,
- dans le cas des câbles armés, d'une armure formée de 2 feuillards en acier enroulés en hélice, répondant à la NF C 32-050.
- d'une gaine extérieure noire en PVC.

Dans certains cas particuliers, l'armure peut être réalisée en fils d'acier.

Remarque : La mise en œuvre de cette spécification n'est pas envisageable pour des longueurs de câbles réduites. En ce cas, afin de bénéficier notamment d'un délai de livraison plus court, il est préférable de retenir un câble constitué par l'assemblage de 3 câbles unipolaires sous gaine, SIPRELEC couramment fabriqués, recouvert d'une armure éventuellement et d'une gaine extérieure en PVC.

TEMPÉRATURE MAXIMALE ADMISSIBLE SUR L'ÂME :

- en permanence : 90°C,
- en court-circuit : 250°C.

REPÉRAGE DES CONDUCTEURS : Non prévu usuellement, il peut être réalisé sur demande particulière.

UTILISATION : Dans les mêmes conditions que les câbles unipolaires SIPRELEC. La présence d'une armure, retenue usuellement, a l'avantage de permettre la pose des câbles dans le sol sans protection mécanique complémentaire.

TRISIPRELEC ARMÉ

Diamètre approximatif		Masse approx. au km de câble		Section nominale mm ²	Intensité admissible (1)				Chute de tension par ampère et par km (cos φ = 0,8) (1)	
Gaine d'étanchéité mm	Extérieur mm	Cu kg	Alu kg		Câble enterré		Câble posé sur tablettes		Cu V	Alu V
					A	A	A	A		
TENSION ASSIGNÉE 3,5/6 (7,2) kV										
32,5	38,0	2500		25	160	125	155	120	1,4	2,3
33,0	40,0	3050		35	190	150	190	145	1,05	1,7
36,0	43,0	3700	2800	50	225	175	225	175	0,80	1,3
40,0	47,0	4550	3300	70	275	215	280	215	0,58	0,90
44,0	51,5	5800	4000	95	330	255	340	260	0,44	0,67
47,5	55,0	6800	4500	120	370	290	385	300	0,37	0,55
50,5	58,0	7850	5100	150	420	325	445	345	0,32	0,46
54,5	62,0	9300	5800	185	470	365	510	395	0,27	0,39
60,0	68,0	11600	7000	240	540	425	590	465	0,23	0,32
TENSION ASSIGNÉE 6/10 (12) kV										
34,5	41,0	3000		25	160	125	155	120	1,4	2,3
37,0	44,0	3550		35	190	150	190	145	1,1	1,7
40,0	47,0	4150	3300	50	225	175	225	175	0,80	1,3
43,5	51,0	5100	3850	70	275	215	280	215	0,59	0,90
47,5	55,0	6250	4450	95	330	255	340	260	0,45	0,67
51,0	58,5	7350	5150	120	370	290	385	300	0,38	0,55
54,0	62,0	8400	5500	150	420	325	445	345	0,32	0,47
58,0	66,5	10000	6500	185	470	365	510	395	0,28	0,39
63,5	72,0	12100	7600	240	540	425	590	465	0,23	0,32
TENSION ASSIGNÉE 12/20 (24) kV										
47,0	55,0	4700		25	160	125	160	125	1,5	2,3
47,5	55,0	4900		35	190	145	195	150	1,1	1,7
50,5	58,0	5600	4700	50	225	175	230	175	0,83	1,3
54,5	63,0	6500	5300	70	270	210	280	220	0,61	0,92
57,0	65,5	7800	6000	95	330	255	345	265	0,47	0,69
61,0	69,5	8900	6700	120	370	290	395	305	0,39	0,57
64,5	73,0	10000	7400	150	415	320	450	345	0,34	0,48
68,5	78,0	12500	9300	185	465	360	510	395	0,29	0,40
73,5	85,0	14900	10300	240	540	420	600	470	0,24	0,33

Température maximale du sol : 20°C - Résistivité thermique du sol 1 K.m/W.
Température maximale à l'air libre : 30°C

(1) Les intensités et les chutes de tension sont indiquées pour une installation triphasée.

Conducteurs actifs et conducteurs de protection faisant partie de la même canalisation

Nature de l'isolation	Température de l'âme en °C		AME en CUIVRE					AME en ALUMINIUM				
			temporisation (t en seconde)					temporisation (t en seconde)				
	θ i	θ f	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
PVC S ≤ 300 ²	30	160	451	319	261	226	202	296	209	171	148	132
	40	160	430	304	248	215	192	282	199	163	141	126
	50	160	408	289	236	204	182	268	189	155	134	120
	60	160	386	273	223	193	173	253	179	146	127	113
	70	160	363	257	210	182	162	238	169	138	119	107
PVC S > 300 ²	30	140	421	298	243	210	188	276	195	159	138	124
	40	140	398	281	230	199	178	261	185	151	131	117
	50	140	374	265	216	187	167	246	174	142	123	110
	60	140	350	247	202	175	156	230	162	133	115	103
	70	140	325	230	187	162	145	213	151	123	107	95
EPR/PRC	30	250	555	393	321	278	248	364	258	210	182	163
	40	250	538	380	311	269	241	353	250	204	177	158
	50	250	521	368	301	260	233	342	242	197	171	153
	60	250	504	356	291	252	225	330	234	191	165	148
	70	250	486	344	281	243	217	319	226	184	160	143
	80	250	469	332	271	235	210	308	218	178	154	138
	90	250	452	319	261	226	202	297	210	171	148	133
Caoutchouc à 60°C	30	200	503	356	290	251	225	330	233	191	165	148
	40	200	484	342	279	242	216	317	224	183	159	142
	50	200	464	328	268	232	208	305	216	176	152	136
	60	200	445	315	257	223	199	292	207	169	146	131
Caoutchouc à 85°C	30	220	525	371	303	263	235	345	244	199	172	154
	40	220	507	358	293	253	227	333	235	192	166	149
	50	220	488	345	282	244	218	321	227	185	160	143
	60	220	470	332	271	235	210	309	218	178	154	138
	70	220	452	319	261	226	202	296	210	171	148	133
	80	220	433	306	250	217	194	284	201	164	142	127
	85	220	424	300	245	212	189	278	197	161	139	124

Conducteurs actifs et conducteurs de protection ne faisant pas partie de la même canalisation

PVC S ≤ 300 ²	30	160	451	319	261	226	202	296	209	171	148	132
PVC S > 300 ²	30	140	421	298	243	210	188	276	195	159	138	124
PRC ou EPR	30	250	555	393	321	278	248	364	258	210	182	163
θ°C à 60°C	30	200	503	356	290	251	225	330	233	191	165	148
θ°C à 85°C	30	220	525	371	303	263	235	345	244	199	172	154
nus sans BE2 ou BE2	30	200	503	356	290	251	225	330	233	191	165	148
nus avec BE2 ou BE3	30	150	436	309	252	218	195	286	203	165	143	128
Annexe 9-2	DENSITE de COURANT ADMISSIBLES en COURT-CIRCUIT en A/mm ²									N° du tableau		
										Den 001		