

Distribution électrique

La Dépêche du Midi.

Martelet Curtis

Vous êtes un chargé d'affaires et vous répondez à un appel d'offre de la Dépêche du Midi.

Votre mission est d'étudier et dimensionner le réseau électrique des locaux de la Dépêche du Midi, puis de rendre un rapport détaillant la méthode employée pour dimensionner, les calculs et les résultats.

Une étude avec le logiciel Caneco devra aussi être remise. Cette étude sera complétée par une comparaison des deux méthodes.

Table des matières

Les machines	3
Premier jeu de barre.....	3
Deuxième jeu de barre	3
<i>Etude avec la norme 15-100.....</i>	<i>4</i>
I. Les calculs.....	5
A. La lettre de sélection.....	5
B. <i>Ib</i>	6
C. <i>In</i> & <i>Irth</i>	6
D. <i>Iz</i>	6
1. <i>K1</i>	6
2. <i>K2</i>	7
3. <i>K3</i>	7
E. Les sections.....	8
F. La chute de tension.....	9
1. La méthode traditionnelle	9
2. Utilisation du coefficient K	9
3. La chute en pourcent.....	11
G. <i>Icc</i>	11
II. Les câbles.....	12
A. Le câble de distribution.....	12
B. Le câble de terminal.....	14
C. Tous les autres câbles.....	16
III. Les disjoncteurs.....	17
<i>Etude avec le logiciel Caneco</i>	<i>19</i>
<i>Comparaison de la première et seconde partie</i>	<i>20</i>

Les machines

Premier jeu de barre

Câble	C3	C4	C5	C6	C7
Tension (V)	400	400	400	400	400
Puissance (kW)	90	A calculer	20	22	150
Longueur (m)	20	120	40	15	150
cosφ	0.8	A calculer	0.8	0.8	0.8
Température ambiante	30			40	
Chemin	Caniveau			Caniveau	
Matériau	PR				
Nb de Câble	3			2	
Nb Etage de Câble	1			1	

Deuxième jeu de barre

Puissance de C12 à C14 :

On a 18 luminaires, avec 2 lampes dans chaque. Chaque lampe a une puissance de 58W et est associé à un ballaste d'une puissance de 8.7W.

$$P = (58 + 8.7) \times (18 \times 2) = 2401.2 \text{ W}$$

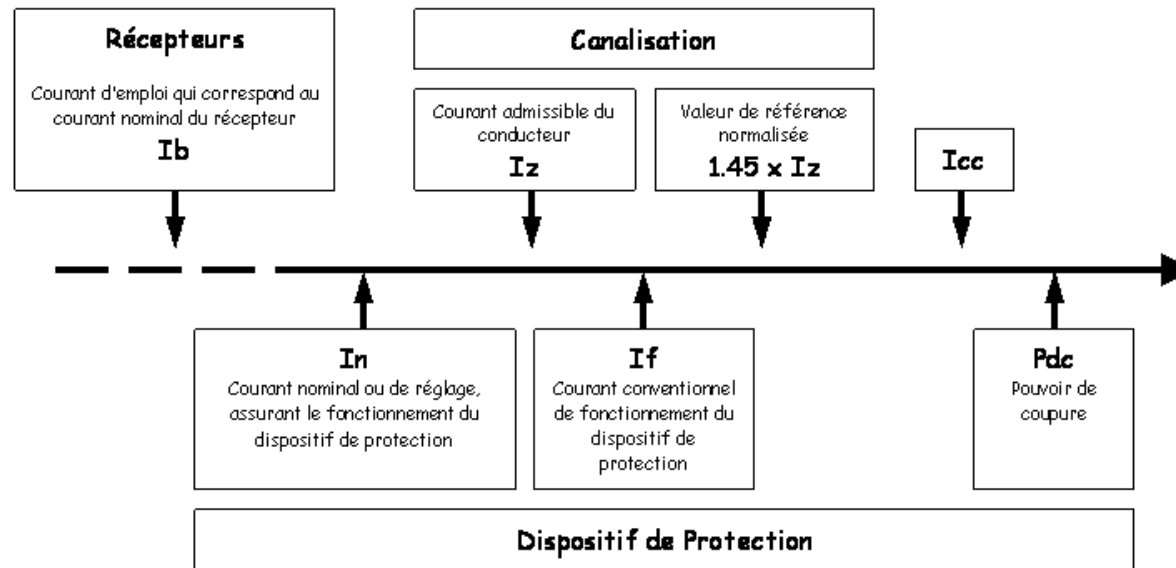
Câble	C9	C10	C11	C12	C13	C14
<i>Tension (V)</i>	400	400	400	230	230	230
<i>Puissance (kW)</i>	120	32	18	2.4012	2.4012	2.4012
<i>Longueur (m)</i>	20	30	30	6	8	10
<i>cosφ</i>	0.8	0.8	0.8	0.85	0.85	0.85
<i>Température ambiante</i>	40					
<i>Chemin</i>	Chemin de câble perforé					
<i>Matériau</i>	PR					
<i>Nb de Câble</i>	6					
<i>Nb Etage de Câble</i>	2					

Première Partie

Etude avec la norme 15-100

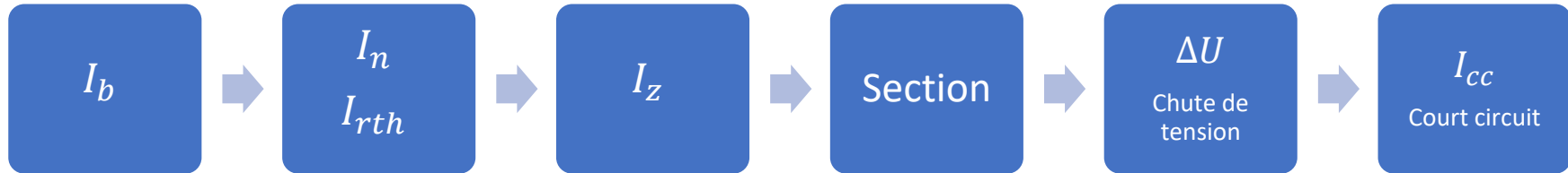
La norme 15-100 a été appliquée le 27 novembre 2017. Elle a été rédigée pour fixer les règles de conception, réalisation et entretien des installations électriques basse tension. Toutes installations, neuves ou entièrement rénovées, doivent la respecter.

Nous nous servirons de cette norme pour calculer et dimensionner la section des câbles, ainsi que les disjoncteurs qui seront utilisés dans les locaux de l'usine.



I. Les calculs

L'étude des câbles se fera toujours dans cet ordre-là. Cela nous permettra de les faire simplement, sans se perdre dans toutes les valeurs.



Cependant, certains calculs varient en fonction de paramètres, tel que la nature de la tension, l'environnement immédiat du câble ou encore la température ambiante.

A. La lettre de sélection

La lettre de sélection définit dans quel type d'environnement se trouve le câble. Il doit s'agir de la première chose que l'on doit faire quand on commence à étudier un câble à l'aide de la norme NFC 15-100.

Cette lettre peut se trouver à l'aide de ce tableau.

Type d'éléments conducteurs	Mode de pose	Lettre
<i>Conducteurs et câbles multiconducteurs</i>	<ul style="list-style-type: none">Sous conduit, profilé ou goulotte, en apparent ou encastréSous vide de construction, faux plafond.Sous caniveau, moulures, plinthes, chambranles.	B
	<ul style="list-style-type: none">En apparent contre mur ou plafond.Sur chemin de câbles ou tablettes non perforées.	C
<i>Câbles multiconducteurs</i>	<ul style="list-style-type: none">Sur échelle, corbeaux, chemin de câbles perforés.Fixés en apparent, espacés de la paroi.Câbles suspendus.	E
<i>Câbles mono-conducteurs</i>	<ul style="list-style-type: none">Sur échelles, corbeaux, chemin de câbles perforés.Fixés en apparent, espacés de la paroi.Câbles suspendus.	F

B. I_b

I_b est le courant nominal d'un récepteur. C'est un courant, il est donc en ampère.

- V et U sont les tensions qui alimente la machine (en Volt).
- P est la puissance utile de la machine (en Watt).
- $\cos \varphi$ est le déphasage.

Triphasé	Monophasé
$I_b = \frac{P}{U\sqrt{3} \times \cos \varphi}$	$I_b = \frac{P}{V \times 2 \times \cos \varphi}$

C. I_n & I_{rth}

I_n est le calibre du disjoncteur. Il est exprimé en ampère et sa valeur dépend de I_b . Il suffit de prendre la valeur strictement égale ou supérieur à I_b dans le tableau joint. Il sera utilisé plus tard, quand on étudiera les disjoncteurs.

Valeur de I_n																								
0.5	1	2	4	6	8	10	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	400	630	800	1250

I_{rth} est le courant de réglage du disjoncteur. Lui aussi est exprimé en ampère.

$$I_{rth} = 1.05 \times I_b$$

D. I_z

I_z est le courant admissible par le conducteur. Il est exprimé en ampère. Sa valeur varie en fonction de K_1 , K_2 et K_3 , 3 valeurs qui dépendent de l'environnement, et de I_z' , qui est défini comme ci-dessous :

- $I_z' = I_n$ si $I_b \leq 125A$.
- $I_z' = I_{rth}$ si $I_b > 125A$.

$$I_z = \frac{I_z'}{K_1 \times K_2 \times K_3}$$

On cherche à déterminer K_1 , K_2 et K_3 .

1. K_1		
Lettre de sélection	Cas d'installation	K1
B	Câbles dans les conduits encastrés directement dans des matériaux thermiquement isolants.	0.7
	Conduits encastrés dans des matériaux thermiquement isolants.	0.77
	Câbles multiconducteurs	0.9

	Vides de construction et caniveaux	0.95
C	Pose sous plafond	0.95
B, C, E, F	Autres cas	1

2. K_2

K_2 est un coefficient qui varie en fonction du nombre de câble voisin de celui que l'on étudie.

Pour le trouver, on regarde d'abord la [lettre de sélection](#), la disposition du câble et le nombre de câble sur le chemin. Ensuite, on multiplie ce coefficient par un second qui dépend du nombre d'étage de câble présent dans le chemin.

$$K_2 = \text{Coef}(\text{Nb de câble}) \times \text{Coef}(\text{Nb de couche})$$

Lettre	Disposition	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	15	20
B	Encastré/noyé dans parois	1	0.8	0.7	0.65	0.6	0.57	0.54	0.52	0.5	0.45	0.41	0.38
C	Simple couche sur murs/planché/tablette	1	0.85	0.7	0.75	0.73	0.72	0.72	0.71	0.7	0.7		
	Simple couche plafond	0.95	0.81	0.72	0.68	0.56	0.64	0.63	0.62	0.61	0.61		
E	Simple couche sur tablette perforée/verticale	1	0.88	0.82	0.77	0.75	0.73	0.73	0.72	0.72	0.72		
	Simple couche sur échelle	1	0.87	0.82	0.8	0.8	0.79	0.79	0.78	0.78	0.78		

Nombre de Couche de Câble	2	3	4 & 5	6 à 8	9 & +
Coefficient	0.8	0.73	0.7	0.68	0.66

3. K_3

K_3 est un coefficient qui varie en fonction de la température ambiante sur le chemin et du matériau utilisé pour la gaine du câble.

°C	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Caoutchouc	1.29	1.22	1.15	1.07	1	0.93	0.82	0.71	0.58		
PVC2	1.22	1.17	1.12	1.07	1	0.93	0.87	0.79	0.71	0.61	0.5
PVC3	1.22	1.17	1.12	1.07	1	0.93	0.87	0.79	0.71	0.61	0.5
PR2	1.15	1.12	1.08	1.04	1	0.96	0.91	0.87	0.82	0.76	0.71
PR3	1.15	1.12	1.08	1.04	1	0.96	0.91	0.87	0.82	0.76	0.71

E. Les sections.

Une fois que l'on a I_Z , il est temps de trouver la section des phases et de protection.

Pour déterminer la section des phases, on a besoin de la [lettre de sélection](#), de I_Z , du matériau utilisé pour la gaine et de la nature du courant qui circulera dedans (monophasé, triphasé...).

Dans la ligne correspondant à la lettre de sélection, on recherche la colonne qui correspond au matériau et à la nature du courant qui passera dans le câble : PR3 désigne une gaine en PR conçu pour du triphasé ; PVC2 une gaine en PVC pour du monophasé... On cherche ensuite une valeur supérieure ou égale à I_Z : la valeur dans la première colonne qui est en face est la section que l'on cherche.

La section de protection, quant à elle, se trouve grâce à ce tableau :

<i>Isolants</i>									
<i>B</i>	PVC3	PVC2		PR3		PR2			
<i>C</i>		PVC3		PVC2	PR3		PR2		
<i>E</i>			PVC3		PVC2	PR3		PR2	
<i>F</i>				PVC3		PVC2	PR3		PR2
<i>S (mm²)</i>	Cuivre								
1.5	15.5	17.5	18.5	19.5	22	23	24	26	
2.5	21	24	25	27	30	31	33	36	
4	28	32	34	36	40	42	45	49	
6	36	41	43	48	51	54	58	63	
10	50	57	60	63	70	75	80	86	
16	68	76	80	85	94	100	107	115	
25	89	96	101	112	119	127	138	149	161
35	110	119	126	138	147	158	169	185	200
50	134	144	153	168	179	192	207	225	242
70	171	184	196	213	229	246	268	289	310
95	207	223	238	258	278	298	328	352	377
120	239	259	276	299	322	346	382	410	437
150		299	319	344	371	395	441	473	504
185		341	364	392	424	450	506	542	575
240		403	430	461	500	538	599	641	679
300		464	497	530	576	621	693	741	783
400					656	754	825		940
500					749	868	946		1083
630					855	1005	1088		1254

Section des phases	$\geq 16 \text{ mm}^2$	Entre 16 et 35 mm²	$> 35 \text{ mm}^2$
Section de protection	Egale a la section des phases	16mm²	$\frac{\text{Section des phases}}{2}$

F. La chute de tension.

La chute de tension est la différence de tension entre le début et l'arrivée du câble. Cette chute de tension est due à l'effet de Joule, qui convertit du courant en chaleur.

Si le courant que l'on calcul passe par plusieurs câbles, il faut alors additionner la chute de tension de chaque câble.

	Publique	Privé
Eclairage	3%	5%
Autre	6%	8%

Selon l'installation électrique, la chute de tension ne doit pas dépasser entre 3% et 8% de sa valeur initiale. Il est donc nécessaire que l'on calcule cette chute pour tous les appareils du circuit.

Il existe deux méthodes pour la calculer.

1. La méthode traditionnelle

$$\Delta U = Coef \times \left(\rho \frac{L}{S} \cos \varphi + XL \sin \varphi \right) \times I_b$$

- Le *Coef* est égal à $\sqrt{3}$ si on est en triphasé, 2 si monophasé.
- ρ est la résistivité du conducteur :
- L est la longueur en mètre du câble.
- S est la section de celui-ci, en mm².
- X est la réactance linéique, égale à 0.08mΩ/m.
- φ est le facteur de puissance.
- I_b est le courant que l'on a déjà calculé [plus haut](#).

2. Utilisation du coefficient K

$$\Delta U = K \times L \times I_b$$

- I_b est le courant que l'on a déjà calculé [plus haut](#).
- L est la longueur en mètre du câble.
- K est le coefficient donné par le tableau.

Voici le tableau de K :

Section (mm ²)	Câble en cuivre						Câble en aluminium					
	Circuit monophasé			Circuit triphasé équilibré			Circuit monophasé			Circuit triphasé équilibré		
	Puissance moteur		Eclairage	Puissance moteur		Eclairage	Puissance moteur		Eclairage	Puissance moteur		Eclairage
	Service normal	Démarrage		Service normal	Démarrage		Service normal	Démarrage		Service normal	Démarrage	
	Cos ϕ = 0.8	Cos ϕ = 0.35	Cos ϕ = 1	Cos ϕ = 0.8	Cos ϕ = 0.35	Cos ϕ = 1	Cos ϕ = 0.8	Cos ϕ = 0.35	Cos ϕ = 1	Cos ϕ = 0.8	Cos ϕ = 0.35	Cos ϕ = 1
1,5	25.4	11.2	32	22	9.7	27						
2,5	15.3	6.8	19	13.2	5.9	16						
4	9.6	4.3	11.9	8.3	3.7	10.3	10.1	4.5	12.5	8.8	3.9	10.9
6	6.4	2.9	7.9	5.6	2.5	6.8	6.1	2.8	7.5	5.3	2.4	6.5
10	3.9	1.8	4.7	3.4	1.6	4.1	3.9	1.8	4.7	3.3	1.6	4.1
16	2.5	1.2	3	2.1	1	2.6	2.50	1.2	3	2.2	1	2.6
25	1.6	0.81	1.9	1.4	0.70	1.6	1.8	0.90	2.1	1.6	0.78	1.9
35	1.18	0.62	1.35	1	0.54	1.2	1.4	0.70	1.6	1.18	0.61	1.37
50	0.89	0.50	1.00	0.77	0.43	0.86	0.96	0.53	1.07	0.83	0.46	0.93
70	0.64	0.39	0.68	0.55	0.34	0.59	0.60	0.37	0.63	0.52	0.32	0.54
95	0.50	0.32	0.50	0.43	0.28	0.43	0.50	0.33	0.50	0.43	0.28	0.43
120	0.41	0.29	0.40	0.36	0.25	0.34	0.42	0.29	0.41	0.36	0.25	0.35
150	0.35	0.26	0.32	0.30	0.23	0.27	0.35	0.26	0.31	0.30	0.22	0.27
185	0.30	0.24	0.26	0.26	0.21	0.22	0.30	0.24	0.25	0.26	0.21	0.22
240	0.25	0.22	0.20	0.22	0.19	0.17	0.25	0.22	0.19	0.21	0.19	0.16
300	0.22	0.21	0.16	0.19	0.18	0.14	0.22	0.20	0.15	0.19	0.18	0.13

3. La chute en pourcent

Qu'importe la façon que l'on a eu de calculer la chute de tension, il est nécessaire de la voir sous forme de pourcentage. Cette forme s'écrit : $\Delta U\%$. Elle est égale à :

- ΔU la chute de tension
- V la tension ($U = V\sqrt{3}$).

Triphasé	Monophasé
$\Delta U\% = 100 \times \frac{\Delta U}{U}$	$\Delta U\% = 100 \times \frac{\Delta U}{V}$

G. I_{cc}

Le courant de court-circuit est important lorsque l'on doit choisir le disjoncteur. C'est lui qui indique quel courant le disjoncteur doit pouvoir arrêter.

- m est le facteur de charge (le plus souvent égal à 1.05).
- c est le facteur de tension ((le plus souvent aussi égal à 1.05).
- V est la tension.
- R est la résistance du câble.
- X est la réactance du câble.

Monophasé	Triphasé
$I_{cc} = \frac{m \times c \times V}{2 \times \sqrt{R^2 + X^2}}$	$I_{cc} = \frac{m \times c \times V}{\sqrt{3} \times \sqrt{R^2 + X^2}}$

X et R sont les deux plus importantes valeurs de l'équation. On les détermine en additionnant toutes les résistances et impédances d'un chemin. Ces résistances et réactances peuvent être déterminé à l'aide du tableau ci-dessous.

- ρ la résistance linéique : 0.0225 pour le cuivre, 0.037 pour l'aluminium.
- L la longueur en mètre du câble.
- S la section en mm^2 .
- λ et α sont la réactance linéique : $\lambda = 0.08 \text{ m}\Omega$ et $\alpha = 0.15 \text{ m}\Omega$.
- $Z_t = \frac{U_{20}^2}{P} \times U_{cc}$; U_{20} la tension entre phase à vide.

Élément	Résistance (R)	Réactance (X)
Câble	$\rho \frac{L}{S}$	$\lambda \times L$
Transformateur	$\frac{P_{cu}}{3 \times I_n^2}$	$\sqrt{Z_t^2 + R_t^2}$
Jeu de barre	Négligeable si la section $> 200 \text{ mm}^2$. $\rho \frac{L}{S}$	$\alpha \times L$
Disjoncteur	Négligeable	$0.15 \text{ m}\Omega$
Amont	$\frac{Ra}{Xa} \approx 0.15$	$\frac{U_{20}^2}{P_{cc}}$

II. Les câbles.

Le câble de distribution désigne le câble qui lie le premier et le second jeu de barre. Le câble que l'on étudiera sera le C4.

Le câble de terminal désigne quant à lui le câble qui désigne le câble entre le jeu de barre et la machine. Le câble sera le C9.

On cherche à trouver la section des câbles terminaux et de distribution. A la suite se trouve les calculs pour un câble de chaque type.

A. Le câble de distribution.

Caractéristique du câble C9 :

- Il mesure 120 mètres de long.
- Une tension de 400 Volt triphasé circule dedans.
- Son chemin de câble comprend 3 câbles, sur un étage. De plus, c'est un caniveau.
- Enfin, le câble utilise une gaine en PR.

On cherche à trouver la section

Le chemin étant un caniveau, la lettre de sélection est le B.

Le câble n'étant pas un câble terminal, on doit calculer I_b différemment :

$$S_{total} = \sqrt{P_{total}^2 + Q_{total}^2} = \sqrt{3} \times U \times I_b$$
$$I_b = \frac{\sqrt{P_{total}^2 + Q_{total}^2}}{U\sqrt{3}} \times K_s$$

On cherche P_{total} et Q_{total} . P_{total} est la somme de toutes les puissances actives et Q_{total} la somme de toutes les puissances réactives du second jeu de barre. On doit calculer les puissances réactives :

$$Q = P \times \tan(\cos^{-1}(\varphi))$$

$$Q_{total} = 90 + 24 + 13.5 + (3 \times 1.4) = 132.9 \text{ kVAR}$$

$$P_{total} = 120 + 32 + 18 + (2.4 \times 3) = 177.2 \text{ kW}$$

Q_9	Q_{10}	Q_{11}	$Q_{12} \quad Q_{13} \quad Q_{14}$
90 kVAR	24 kVAR	13.5 kVAR	1.4 kVAR

$$I_b = \frac{\sqrt{(177.2 \times 10^3)^2 + (132.9 \times 10^3)^2}}{400\sqrt{3}} \times 0.9 = 319 \times 0.9 = 287 \text{ A}$$

Le courant I_b du câble de distribution est égal à 287A.

Selon le [tableau](#), la valeur de I_n directement supérieure à I_b est 400A.

$$I_{rth} = 287 \times 1.05 = 302 \text{ A}$$

Puisque $I_b > 125 \text{ A}$, alors $I_z' = I_{rth}$.

K_1	K_2	K_3
La lettre de sélection est B.	Sur le chemin, on a 3 câbles. Selon le tableau , le coefficient est 0,70.	Le matériau de la gaine est le PR3, avec une température ambiante de 30°C.
0.95	On a qu'un seul niveau de câble, donc le second coefficient est égal à 1.	1
	0.7	

$$I_z = \frac{302}{0.95 \times 0.7 \times 1} = 454 \text{ A}$$

$$454 \times 0.95 = 431 \text{ A}$$

La section du câble C4 est de 240mm² puisque le matériau utilisé est le PR3 et que $I_z = 431 \text{ A}$.

On s'intéresse à la chute de tension

Je rappelle que l'on a une tension triphasée qui circule dans 120 mètres de câble de section égal à 240mm² et ayant une âme en cuivre ; un courant I_b égal à 431 A.

$$\text{On cherche le } \cos \varphi : \tan \varphi = \frac{P_{total}}{Q_{total}} = \frac{132900}{177200} = 0.75$$

$$\cos \varphi = \cos(\tan^{-1} 0.75) = 0.8$$

$$\Delta U = 287\sqrt{3} \times 1 \times \left(\frac{120 \times 22.5 \times 10^{-3}}{240} \times 0.8 + 0.08 \times 10^{-3} \times 120 \times \sin(\cos^{-1}(0.8)) \right) = 7.34 \text{ A}$$

$$\Delta U\% = 100 \times \frac{7.34}{400} = 1.8\%$$

$$\Delta U\% = \frac{120}{1000} \times 287 \times 0.21 = 7.2$$

$$\Delta U\% = 100 \times \frac{7.2}{400} = 1.8\%$$

Exprimé en pourcentage, la chute calculée est égale à 1.8%. L'installation est privée, et concerne autre chose que l'éclairage : 2.56% < 8%, l'installation est bonne.

B. Le câble de terminal.

Caractéristique du câble C9 :

- Il mesure 20 mètres de long.
- Une tension de 400 Volt triphasé circule dedans.
- La machine a une puissance de 120 kW, avec un $\cos\varphi = 0.8$.
- Son chemin de câble comprend 6 câbles, sur deux étages. De plus, c'est un chemin de câble perforé.
- Enfin, le câble utilise une gaine en PR.

On cherche à trouver la section

Le chemin de C9 est perforé. La lettre de sélection est donc la E.

$$I_b = \frac{120 \times 10^3}{400\sqrt{3} \times 0.8} = 216.5 \text{ A}$$

Selon le [tableau](#), la valeur de I_n directement supérieure à I_b est 250A.

$$I_{rth} = 216.5 \times 1.05 = 227.325 \text{ A}$$

Puisque $I_b > 125 \text{ A}$, alors $I_z' = I_{rth}$.

K_1	K_2	K_3
La lettre de sélection est E.	Sur le chemin perforé, on a 6 câbles. Selon le tableau , le coefficient est 0,73.	Le matériau de la gaine est le PR3, avec une température ambiante de 40°C.
1	Ces 6 câbles sont disposés en 2 niveaux, le second coefficient est égal a 0,8. $0.8 \times 0.73 = 0,584$	0.91

$$I_z = \frac{227.325}{1 \times 0.584 \times 0.91} = 427.75 \text{ A}$$

On suppose qu'il y a une erreur d'environ 5% dans les calculs : $I_z = 427.75 \times 0.95 = 406.35 \text{ A}$

Selon le tableau des sections, si le matériau est le PR3 et que courant est de 406.35 A, alors la section des phases est 185mm². 185mm² étant supérieur à 35mm², on divise donc cette section pour trouver la section de protection : cette section serait de 92.5mm².

On s'intéresse à la chute de tension

La chute de tension de C9 doit se calculer de l'arrivée électrique à la machine. La tension passe donc par deux câbles : C4 et C9. On doit donc les additionner.

Je rappelle que l'on a une tension triphasée qui circule dans 20 mètres de câble de section égal à 185mm² et ayant une âme en cuivre ; un courant I_b égal à 216A, un $\cos\varphi$ égal à 0.8.

Première méthode :

$$\Delta U = 216\sqrt{3} \times 1 \times \left(\frac{20 \times 22.5 \times 10^{-3}}{185} \times 0.8 + 0.08 \times 10^{-3} \times 20 \times \sin(\cos^{-1}(0.8)) \right) = 1.09$$

$$\Delta U\% = 100 \times \frac{1.09}{400} = 0.27\%$$

Deuxième méthode :

$$\Delta U = 0.25 \times \frac{20}{1000} \times 216 = 1.085$$

$$\Delta U\% = 100 \times \frac{1.085}{400} = 0.27\%$$

Les deux méthodes trouvent le même résultat.

L'installation est privée, et concerne autre chose que l'éclairage : la chute de tension totale doit donc être inférieure à 8%. L'addition de la chute de tension de C4 et C9 fait 2.07%, ce qui est inférieur à ce que l'on cherche.

C. Tous les autres câbles.

Ces valeurs ont été calculées à partir du fichier Excel (la ligne I_z correspond à la colonne Erreur du tableur).

Câble	C3	C4	C5	C6	C7	C9	C10	C11	C12	C13	C14
<i>Lettre</i>	B	B	B	B	B	E	E	E	E	E	E
I_b	162.37	287	36.1	39.69	270.63	216.51	57.73	32.5	12.23		
I_n	250	400	40	40	400	400	63	40	16		
I_{rth}	170.5	302	37.89	41.68	284.16	227.33	60.61	34.125	12.84		
K_1	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1	1	1	1		
K_2	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.584	0.584	0.584	0.584		
K_3	1	1	1	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91		
I_z	243.56	431	57.71	51.71	367.38	406.38	118.54	71.5	28.6		
<i>Section des phases</i>	95	240	10	10	185	185	25	10	2.5		
<i>Section de protection</i>	47.5	120	10	10	200	200	16	10	2.5		
ΔU <i>Première</i>	1.33	7.26	4.62	1.9	10.21	8.36	9.57	10.39	8.25	8.57	8.89
$\Delta U\%$ <i>Première</i>	0.33	1.82	1.155	0.48	2.55	2.09	2.39	2.59	3.57	3.71	3.85
ΔU <i>Seconde</i>	1.4	7.58	4.91	2.02	10.26	1.13	2.43	3.315	0.97	1.29	1.62
$\Delta U\%$ <i>Seconde</i>	0.35	1.895	1.2275	0.505	2.64	2.1775	2.5025	2.72375	2.3167	2.456	2.6

III. Les disjoncteurs

Le disjoncteur est un appareil qui sert à protéger les câbles et les machines de courant trop forts.

Les critères de choix du disjoncteur sont son nombre de pôle, le calibre I_n , la tension, le courant I_{cc} et le pouvoir de coupure.

Les calculs pour déterminer les disjoncteurs des câbles C9 et C4 seront présentés : D4 est le disjoncteur de C4 et D9, le disjoncteur de C9.

Le chemin de câble jusqu'à D9 se présente comme tel :

Elément	R_i	Q_i	R_t	Q_t
Réseau en amont	0.05	0.35	0.05	0.35
Transformateur	8.93	25.37	8.98	25.72
Sectionneur	0	0.15	8.98	25.87
Jeu de Barre T1	0	0	8.98	25.87
Disjoncteur/Sectionneur C4	0	0.15	8.98	26.02
Câble	11.25	9.6	20.23	35.62
Jeu de Barre T2	0	0	20.23	35.62
Disjoncteur/Sectionneur C9	0	0.15	20.23	35.77

Le réseau en amont a un $U_{20} = 410V$, $P_{cc} = 500MVA$: on a donc un $R_i = 0.05$ et un $Q_i = 0.35$.¹

Le transformateur que l'on utilise est un 15kV/400V : $U_{20} = 410V$, puissance égale à 250kVA. $R_i = 8.93$ et $Q_i = 25.37$.²

Tous les disjoncteurs/sectionneurs n'ont pas de R_i , mais un $Q_i = 0.15m\Omega$.

Les jeux de barres sont tous deux négligeables.

Le courant de court-circuit de D4 se trouve au niveau du disjoncteur/sectionneur C4 : on a donc $R_t = 8.98$; $Q_t = 26.02$.

Le courant de court-circuit de D9 se trouve quant à lui au niveau du disjoncteur/sectionneur C9 : on a donc $R_t = 20.23$; $Q_t = 35.77$.

$$I_{cc}C4 = \frac{400 \times 1.05^2}{\sqrt{3} \times \sqrt{8.98^2 + 26.02^2}} = 9.25kA$$

$$I_{cc}C9 = \frac{400 \times 1.05^2}{\sqrt{3} \times \sqrt{20.23^2 + 35.77^2}} = 6.2kA$$

On sait donc que le disjoncteur D4 aura un I_n égal à 400A, un I_{cc} de 9.25kA et pilotera une tension de 400V.

D9, quant à lui, aura un I_n égal à 250A, un I_{cc} de 6.2kA et pilotera une tension de 400V.

Le pouvoir de coupure d'un disjoncteur est égal à la valeur du courant de coupure ultime (ou I_{cu}). Ce courant se trouve de la même façon que I_n : en prenant la première valeur égale ou supérieur de I_{cc} . Cette valeur se détermine lorsque l'on a le catalogue des disjoncteurs sous les yeux.

¹ Voir tableau B4-3.

² Voir tableau B4-4.

Lorsque l'on choisi un disjoncteur, on souhaite avoir le I_n du disjoncteur supérieur ou égal à I_n que l'on a calculé. Pour ce qui est de I_{cu} , c'est la même chose : on doit choisir la valeur supérieure ou égale à I_{cc} .

On utilisera des disjoncteurs n'utilisant pas la technologie magnétique

Avec un I_n de 400A et un I_{cc} de 9.25kA, D4 est un disjoncteur NS400N.

Avec un I_n de 250A et un I_{cc} de 6.3kA, D9 est un disjoncteur NS250N.

<i>Câble</i>	C3	C4	C5	C6	C7	C9	C10	C11	C12	C13	C14
$I_{cc} (kA)$	9.25	9.25	9.25	9.25	9.25	6.3	6.3	6.3	3.2	3.2	3.2
$I_n (A)$	250	400	40	40	400	250	63	40	16		
<i>Disjoncteur</i>	NS250N	NS400N	NS100N	NS100N	NS400N	NS250N	NS100N	NS100N	NS100N		

Deuxième Partie

Etude avec le logiciel Caneco

L'étude du réseau électrique se trouve en [annexe](#).

La première page (numéroté 3) est un schéma du réseau électrique, avec différentes informations tel que la taille du câble, la section du câble ou le nom du disjoncteur choisi.

Les pages suivantes (de 7 à 9) est la même chose que le schéma, mais en plus détaillé : sur chaque page se trouve 3 câbles différents.

Les pages 10 et 11 sont centré sur les protections : les disjoncteurs. On peut y trouver quel disjoncteur ont été choisi, avec quel réglages... Le tout, présenté avec le schéma des arrivés.

La 13, 14 et 15 détaille l'ensemble du matériel à utiliser : 13, les câbles utilisés (et la quantité nécessaire), 14 les disjoncteurs et 15, l'ensemble des valeurs trouvés jusqu'à présent.

Enfin, les pages de 16 à 26 sont les fiches de conformités. La partie de gauche présente toutes les valeurs que l'on a rentré, ainsi que les valeurs dites statiques (résistances des câbles, constructeur, protections...). La partie de droite, elle, affiche toutes les valeurs liées à la sécurité du réseau : courant équivalent à la surcharge des câbles, chute de tension...

Troisième Partie

Comparaison de la première et seconde partie

Les deux études donnent des résultats similaires, mais la méthode et les moyens sont différents.

Caneco est un logiciel payant qui fait tout le travail à notre place. Il suffit de dessiner le réseau que l'on souhaite réaliser, y mettre les composants et leurs caractéristiques (puissances...), les conditions du chemin de câble (type de chemin, température ambiante, chemin utilisé, nb de câble...) et l'alimentation (transformateur utilisé, tension...). Le logiciel s'occupe ensuite de tout, en calculant la section de câble et les chutes de tension, en dimensionnant les disjoncteurs et les calibres que l'on devra régler... Le tout présenté en un rapport concis, où tout ce qu'il faut savoir est présent : longueur de câble nécessaire selon la section, quel type de disjoncteur doit-on acheter...

Le logiciel est complet, fiable et facile d'utilisation. Cependant, il n'est pas exempt de défaut. Le logiciel est très difficile à prendre en main : le nombre d'options, fonctionnalités et fenêtres de configuration est énorme, ce qui fait que l'on se perd facilement. Si l'on se trompe quelque part (une valeur, une option cochée alors que non...), on ne risque pas de voir puisque le logiciel s'occupe de tout. On n'a d'ailleurs aucun contrôle vis-à-vis des méthodes de calcul employé par le logiciel. Enfin, si l'on souhaite personnaliser les valeurs, en prenant une section de câble plus grosse par exemple, il est très difficile de modifier ce type de valeur.

Faire les calculs de A à Z, en s'aidant de la norme à, comme le logiciel Caneco, des avantages et des inconvénients. Ces avantages et inconvénients sont l'inverse de ceux de Caneco : c'est nous qui décidons de la méthode employer pour les calculs, les résultats sont bien plus simples à vérifier et il suffit de suivre la méthode pour arriver simplement au résultat.

Cependant, cette méthode est bien plus longue, et une simple erreur de précision suffit à fausser tout le reste des calculs. On passe beaucoup plus de temps à trouver les ressources et à faire les calculs, et on doit être sûr que la méthode de calcul que l'on utilise est la bonne. Le rapport doit être rédigé à la main.

C'est pourquoi je propose d'utiliser les deux méthodes : réaliser l'étude sur Caneco, pour profiter de l'éditeur de rapport, mais aussi faire les calculs sur papier pour confirmer ce que le logiciel nous affiche.

Annexe