

SESSION DE 1998

CAPET**CONCOURS INTERNE****Section : GÉNIE ÉLECTRIQUE****Option : ÉLECTROTECHNIQUE ET ÉNERGIE****ÉTUDE D'UN SYSTÈME ET/OU D'UN PROCESSUS TECHNIQUE**

Durée : 8 heures

Aucun document n'est autorisé**Composition du dossier.**SUJET : (*chemise blanche*)

Présentation du sujet	page 1
Deux schémas électriques de distribution	pages 2 et 3
Travail demandé	pages 4 à 12
Deux documents-réponse	annexes 1 et 2

DOSSIER TECHNIQUE (*chemise jaune*) [27 pages]**Conseils aux candidats.**

Les études peuvent être abordées dans l'ordre de préférence. Toutefois il est demandé de distinguer les thèmes en composant chaque étude sur des copies différentes.

Les réponses doivent être mises en évidence.

Les documents-réponse seront rendus **obligatoirement**.

Tournez la page S.V.P.

Sujet

Ce dossier comporte :

Une présentation du sujet

Page 1

Deux schémas électriques de distribution

Pages 2 et 3

Le travail demandé

Pages 4 à 12

Deux documents réponse

Annexes 1 et 2

Le sujet comporte quatre parties :

- **Partie 1 : Étude de la distribution**
- **Partie 2 : Étude de l'alternateur du groupe électrogène**
- **Partie 3 : Étude de l'alimentation sans interruption dynamique**
- **Partie 4 : Étude du système de rafraîchissement.**

Les études peuvent être abordées dans l'ordre de préférence. Toutefois il est demandé de distinguer les thèmes en composant chaque étude sur des copies différentes.

- ♦ **Les réponses doivent être mises en évidence.**
- ♦ **Les documents réponse seront rendus obligatoirement.**

PRÉSENTATION

Le support

L'installation support de l'étude, représentée sur les documents pages 2 et 3, correspond à l'alimentation en énergie électrique d'une usine de fabrication de circuits intégrés, comportant notamment des salles blanches. L'énergie électrique fournie par E.D.F en haute tension H.T.A. 20 kV est distribuée dans l'entreprise en BTA 230/400 V, 50 Hz. Le régime du neutre adopté est de type TNC (ou TN_S en terminal).

Cette installation comporte trois TGBT (Fabrication, Viabilité 1 et Viabilité 2). Chaque tableau est relié à un transformateur d'une puissance apparente (S_{at}) de 1600 k VA qui assure la conversion de tension HTA/ BTA.

La continuité de service vis à vis de l'alimentation en énergie électrique, et la qualité de l'énergie fournie à certains appareils sensibles, nécessitent un circuit de distribution performant. Ainsi l'installation est caractérisée par :

- ◆ des possibilités de permutation des transformateurs ;
- ◆ un circuit normal et un circuit secours ;
- ◆ un groupe électrogène qui est mis en fonctionnement si il y a une coupure réseau ;
- ◆ des alimentations sans coupure dynamiques et statiques qui alimentent les appareils sensibles ou « pollueurs ».

La puissance journalière consommée est de 2800 kVA. Tous les conducteurs sont en cuivre.

Des batteries de condensateurs installées dans chaque T.G.B.T. relèvent le $\cos \varphi$ à 0,973. Tous les locaux étant climatisés on peut considérer que la température ambiante est de 20°C.

Le sujet

Le sujet aborde les problèmes généraux de distribution d'énergie électrique en prenant en compte les contraintes de :

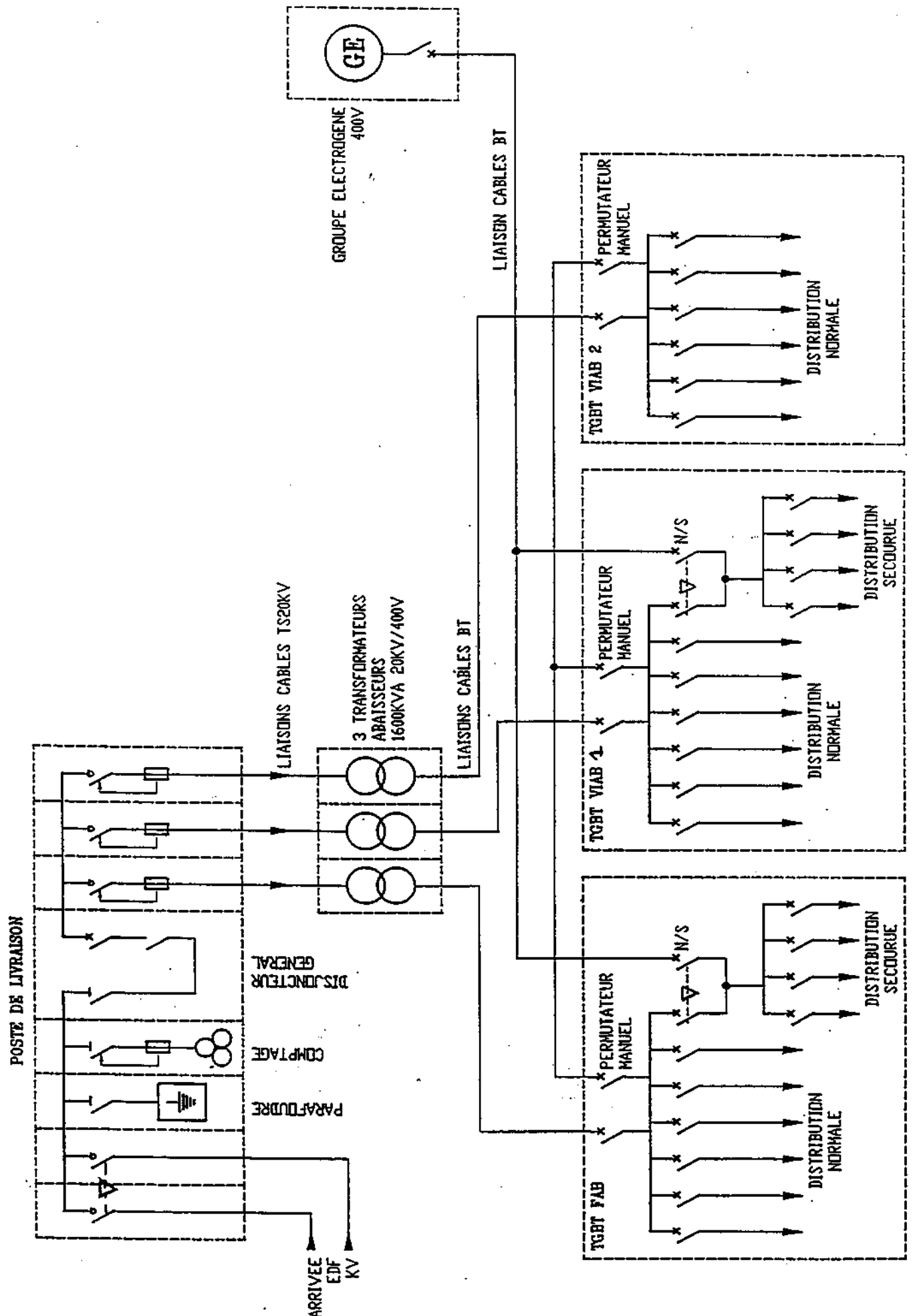
- protection des personnes et des matériels ;
- continuité de service ;
- qualité de l'énergie fournie aux appareils sensibles ;
- pollution harmonique.

Enfin on s'intéresse également au système de distribution d'eau glacée.

Le tableau ci-dessous précise le travail demandé.

Objet de l'étude	Durée Conseillée	Poids approximatif pour l'évaluation
Lecture du sujet	10 minutes	0%
La distribution de l'énergie électrique (dimensionnement, choix et caractéristiques des alimentations et des éléments, distorsions harmoniques).	2 heures 30 mn	35 %
L'alternateur du groupe électrogène (choix, étude en court-circuit, étude de la régulation, étude harmonique).	1 heure 50 mn	25 %
L'alimentation interruptible dynamique (Dimensionnement de la batterie, étude des courants et des tensions du redresseur chargeur, étude fonctionnelle de la machine).	2 heures 10 mn	28 %
Etude de la distribution d'eau glacée (production et graphes traduisant le fonctionnement des pompes, étude de la régulation de température d'air soufflé).	1 heure 20 mn	15 %

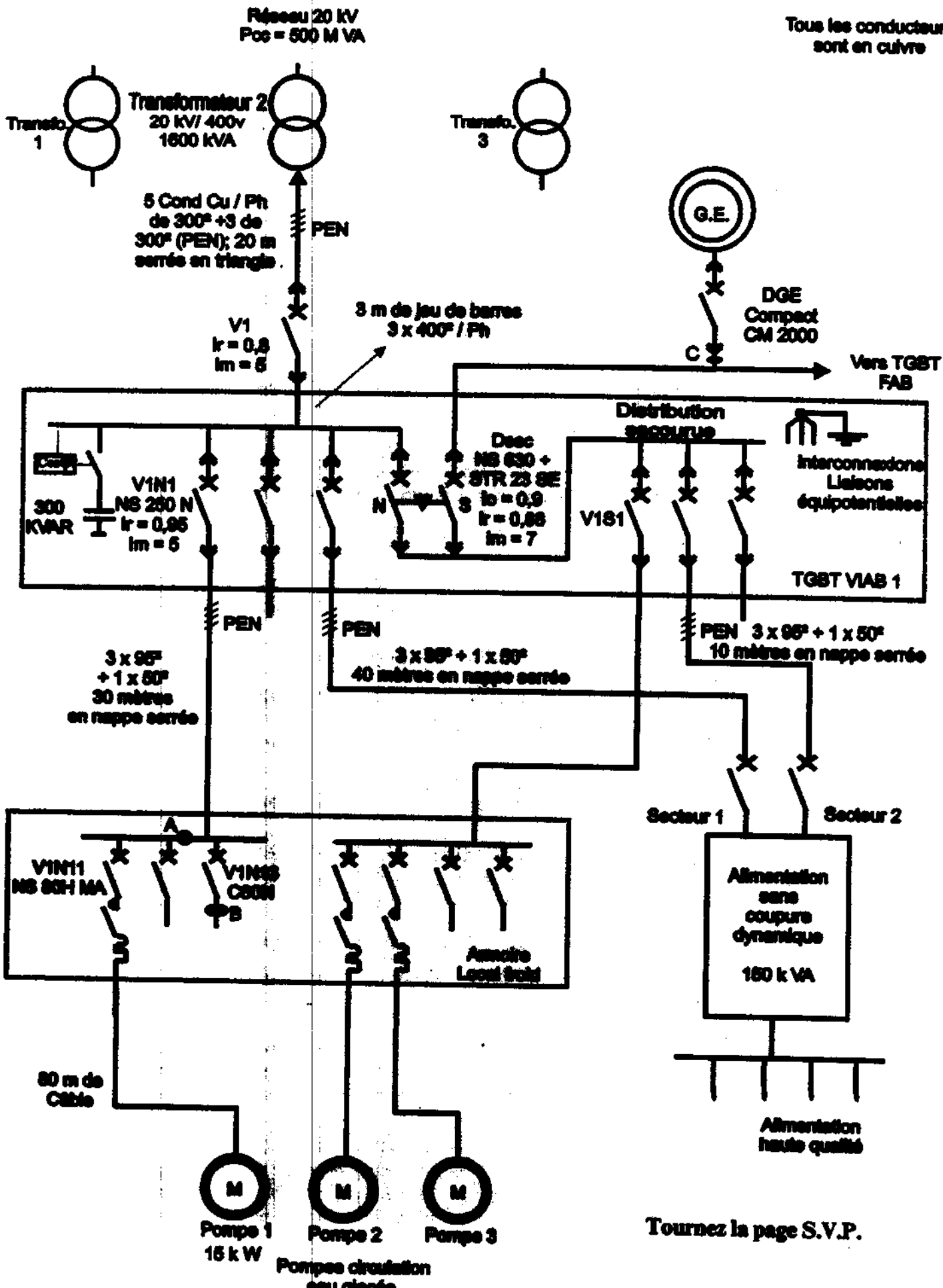
Tournez la page S.V.P.



SCHEMA DE DISTRIBUTION

Schéma de l'installation

Tous les conducteurs sont en cuivre



Tournez la page S.V.P.

1 Etude de la distribution

1 1 Le poste de livraison

1 Préciser quel est le type de structure du réseau d'alimentation E.D.F. haute tension du poste de livraison.

1 2 Le transformateur de distribution T2

1 2 1 Dessiner le couplage des enroulements et donner le diagramme vectoriel des tensions.

1 2 2 Indiquer ce que signifie O.N.A.N.

1 2 3 Déterminer les valeurs de la résistance et la réactance ramenées au secondaire.

1 2 4 En déduire pour les conditions d'utilisation : (I_u) : 1800 A et ($\cos \varphi_t$) : 0,973 :

- la tension entre phases au secondaire : (U_n);
- le rendement du transformateur : (η_t)

1 2 5 Choisir et calibrer le dispositif assurant la protection côté haute tension du transformateur.

1 3 Le réseau de distribution non secouru

1 3 1 Calculer la valeur du courant de court-circuit au point A : (I_{ccA}) (les grandeurs caractéristiques des différents éléments seront présentées sous forme de tableau).

1 3 2 En déduire les pouvoirs de coupure ($P_{dc} V1$, et $P_{dc} V1N1$) pour les disjoncteurs V1 et V1N1.

1 3 3 Calculer le courant de court-circuit ($I_{cc} B$) en aval du disjoncteur V1N13 et justifier le choix de ce disjoncteur dont le pouvoir de coupure n'est que de 6000 A (Norme NFC 61 410).

1 4 Alimentation d'une pompe « circulation d'eau glacée »

Le départ repéré V1N11 est constitué par un disjoncteur NS 80H-MA associé à un relais thermique LR2D33, il assure la protection d'un circuit d'alimentant d'une pompe de circulation d'eau glacée de 15 kW. (En régime nominal : $\cos \varphi = 0,83$, $\eta = 0,89$. Au démarrage : $\cos \varphi_{md} = 0,35$ et $I_d/I_n = 8,2$).

1 4 1 Proposer le calibre du disjoncteur (I_{disj}) et les valeurs de réglage du magnétique (I_m) et du relais thermique (I_r).

Le câble d'alimentation, de la pompe, PVC multiconducteurs en cuivre est posé sur un chemin de câble perforé en simple couche au voisinage de quatre autres câbles. La température ambiante est de 20 °C. On se propose de déterminer sa section et de choisir le câble.

1 4 2 Rappeler comment est assurée la protection des personnes dans un régime du neutre TNC.

1 4 3 On demande de déterminer successivement les sections minimales des conducteurs : Sc_θ , Sc_u , Sc_{th} et Sc_{pp} pour répondre aux contraintes:

- d'échauffement maximal en régime permanent : (Sc_θ);
- de chute de tension (Sc_u) lors du démarrage. Pour ce départ, on souhaite limiter la chute de tension à 14% de $U_{nominale}$ aux bornes du moteur lors du démarrage. On considère que la chute de tension en amont du disjoncteur V1N11 est de 5% lors du démarrage. L'inductance d'un câble multiconducteur est de 0,08 mΩ/m .
- thermiques imposées lors de court-circuit (échauffement adiabatique du câble) : (Sc_{th});
- relatives à la protection des personnes. Pour le calcul de cette section : (Sc_{pp}) et conformément à la norme, on se place dans le cas le plus défavorable, en considérant une chute de tension de 14 % pour le circuit en amont du disjoncteur et un défaut franc sur la machine. La tension limite de contact est de 50 V.

1 4 4 En conclusion choisir le nombre et la section des conducteurs du câble.

Rappel : Le schéma TNC est interdit pour des sections < à 10 mm².

Pour les sections < à 25 mm² la section du conducteur PEN est égale à la section des conducteurs de phase.

1 4 5 Au titre de la maintenance, il est nécessaire de remplacer le contacteur de la pompe 1 dans l'armoire du local froid. Le chargé d'exploitation établit une demande d'intervention auprès du service électrique. La réalisation des travaux nécessite tout d'abord de « consigner pour travaux » l'installation électrique (tâche effectuée par un personnel habilité B C), avant de procéder à l'exécution par un chargé de travaux (niveau d'habilitation B2 V).

1 4 5 1 Indiquer à quoi correspondent les niveaux d'habilitation BC et B2 V.

1 4 5 2 Préciser pour l'opération de « consignation pour travaux » :

- les outils et documents nécessaires;
- l'ordre chronologique des opérations à effectuer.

1 5 Distorsion en tension induite par les harmoniques de courant

La forme réelle de l'onde de courant ou de tension dans le réseau électrique est assez différente de la sinusoïde pure. L'onde déformée relevée est constituée par la superposition sur l'onde théorique à la fréquence de 50Hz d'un certain nombre d'ondes harmoniques, également sinusoïdales mais de fréquence multiple entier de l'onde de référence fondamentale à 50Hz.

Rappel : le « taux global de distorsion » est défini par le rapport de la valeur efficace des harmoniques à celle de la valeur efficace du fondamental :

$$D = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} X^2 h}}{X_1}$$

Les règles relatives à la compatibilité électromagnétique et aux caractéristiques des alimentations en énergie électrique fixent les limites pour les valeurs des taux d'harmoniques.

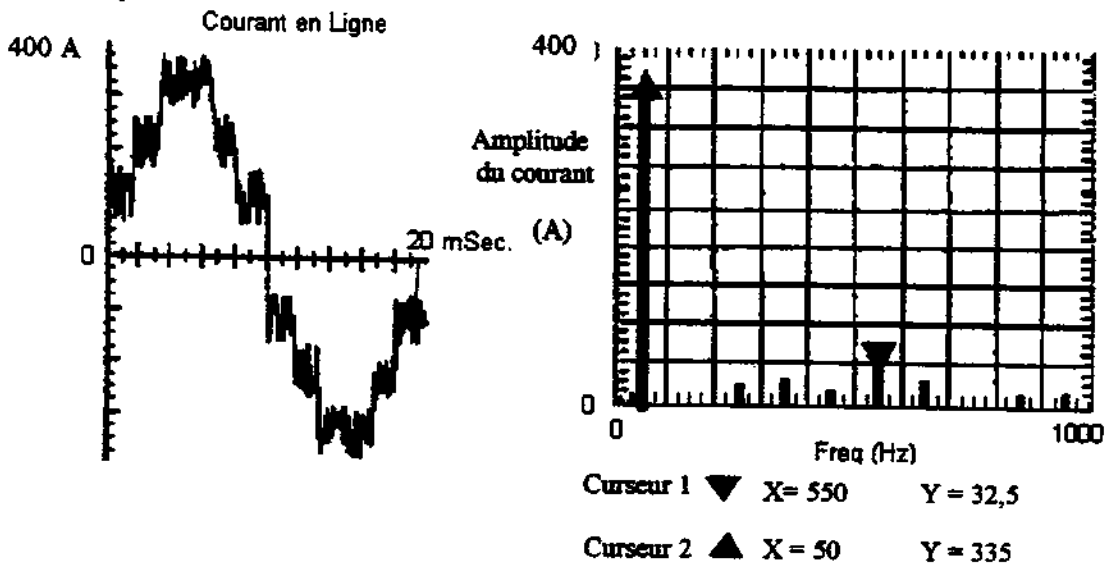
Ces valeurs sont en pourcentage de la tension nominale :

Rang de l'harmonique	Norme actuelle (E.D.F.)	Recommandation (E.D.F.)
3	5	1
5	6	1
7	5	1
9	1,5	1
11	3,5	1
13	3	1
Taux global en H.T.A	7	1,6

Hypothèses :

- l'impédance du réseau 20 kV est négligée devant l'impédance du transformateur de 1600 kVA ;
- la résistance ramenée au secondaire de ce transformateur est supposée négligeable devant sa réactance ;
- la résistance des câbles est négligée devant leur réactance ;
- les récepteurs de l'installation sont considérés comme des « générateurs de courants harmoniques » ;
- les courants absorbés par les pollueurs sont indépendants des autres charges et de l'ensemble des impédances du réseau.

Ci-dessous sont fournis les mesures du courant en amont de l'alimentation sans coupure dynamique de 150 kVA.



1 5 1 Déterminer, d'après le relevé du spectre en fréquence, le rang et l'intensité de l'harmonique en courant dont l'amplitude est la plus élevée (le curseur est affiché sous forme d'un triangle).

1 5 2 Rédiger pour une phase, le modèle équivalent de l'installation vue aux bornes des condensateurs de compensation.

1 5 3 Exprimer la tension induite par un harmonique de courant I_h au niveau du jeu de barres en fonction des impédances Z_{th} , Z_{ch} , Z_{lh} où Z_{th} , Z_{ch} , et Z_{lh} désignent les impédances du transformateur, des condensateurs de compensation, et des éléments placés entre le transformateur et les condensateurs.

1 5 4 Calculer la distorsion en tension induite au niveau du jeu de barres par l'harmonique de courant dont l'amplitude est la plus élevée.

1 6 Ajout d'un filtre passif

La distorsion de tension induite par le convertisseur sur le jeu de barre s'ajoute à la distorsion créée par les autres récepteurs. La distorsion totale devient supérieure aux recommandations E.D.F. La distorsion de l'onde de tension risque de provoquer des dysfonctionnements dans l'installation : vieillissement accéléré des batteries de condensateurs, déclenchement intempestif des protections, échauffement des équipements ...

Il devient nécessaire de réduire la distorsion en tension. Le filtre est réalisé en ajoutant, en série aux condensateurs de la batterie de compensation du facteur de puissance, des inductances.

1 6 1 Pour une phase, rédiger le schéma équivalent du circuit avec filtre vu aux bornes des condensateurs de relèvement du facteur de puissance.

1 6 2 Déterminer la relation liant l'inductance du filtre à ajouter en fonction de :

- L_R : inductance du réseau (transformateur + lignes) situé en amont des batteries de condensateurs,
- C_F : valeur des condensateurs de compensation du facteur de puissance,
- ω : pulsation à 50Hz,
- h : rang de l'harmonique à filtrer.

1 6 3 La batterie de condensateurs de 300 kVAR installée pour relever le facteur de puissance fonctionne en permanence à 100% de sa capacité. Calculer la valeur de l'inductance L_1 à ajouter aux condensateurs connectés en triangle pour filtrer l'harmonique de rang 11.

Dossier Technique

Sommaire :

Caractéristiques du réseau d'alimentation	Page 3
Caractéristiques du transformateur de distribution	Page 3
Caractéristiques électriques des câbles et disjoncteurs	Page 4
Tableau de filiation	Page 5
Méthode de détermination de la section des conducteurs	Pages 6 et 7
Extrait NFC 15 100 : Protection contre les courants de court-circuit présumés.	Page 8
Extrait NFC 15 100 : Protection contre les contacts indirects	Page 9
Caractéristiques des disjoncteurs Compact NS	Page 10
Déclencheur pour Compact NS	Page 11
Caractéristiques de l'alternateur du groupe électrogène	Pages 12 et 13
Régulateur de l'alternateur	Pages 14 et 15
Déclencheurs pour Compact CM	Pages 16 et 17
Alimentation sans interruption dynamique : fonctionnement	Page 18
Alimentation sans interruption : fonctionnement du monobloc	Page 19
Alimentation sans interruption : schéma unifilaire	Page 20
Alimentation sans interruption : schéma structurel	Page 21
Alimentation sans interruption : caractéristiques	Page 22
Caractéristiques des batteries	Page 23
Machine frigorifique : distribution d'eau glacée	Page 24
Schéma aéraulique du système de climatisation	Page 25
Courbe de relevé de température d'air soufflé	Page 26
Identification et réglages du régulateur	Page 27.

Le réseau d'alimentation

Caractéristiques :

Tension nominale : 20 k V
 Puissance de court circuit 500 M VA
 Réactance $X_a = 0,98 Z_a$
 Résistance $R_a = 0,2 X_a$

Le transformateur de distribution T1

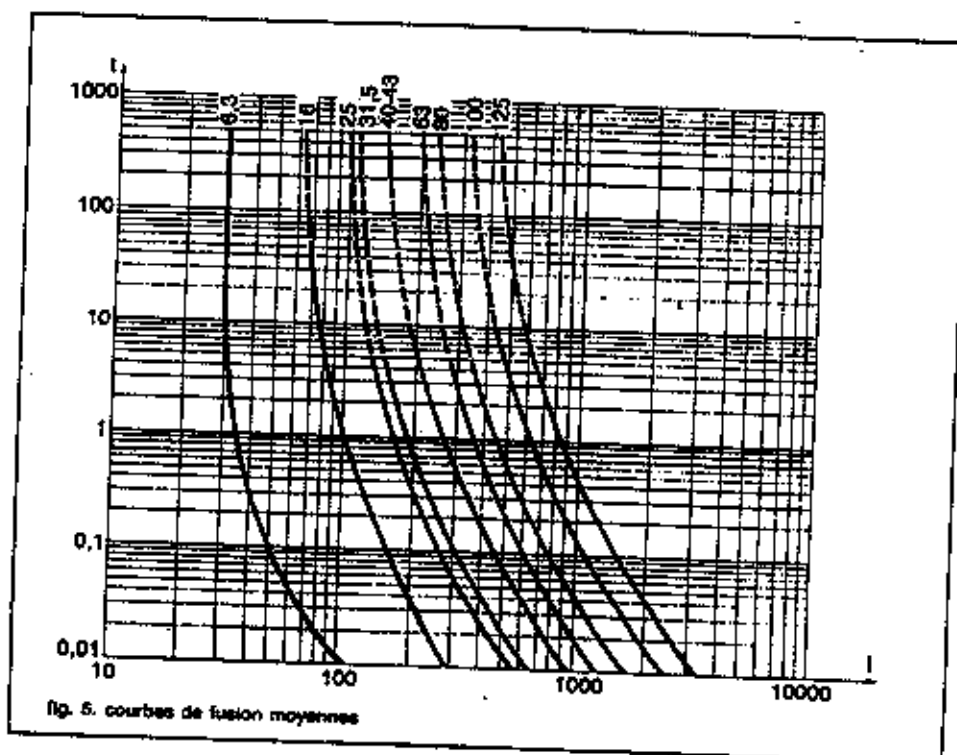
Caractéristiques :

Puissance 1600 k VA 20 kV / 400 V
 Remplissage total. Type : O.N.A.N.
 Couplage Dy n 11
 Tension de court-circuit : 6 %
 Pertes cuivre : 18,1 kW ; Pertes à vide : 3,3 kW
 Chute de tension (pour le fonctionnement nominal et un $\cos \varphi = 0,8$) = 4,46 %

Protection haute tension

P (kVA)	$n_s = \frac{I_{\text{encl. crête}}}{I_{\text{nom. transfo.}}}$	T_e (secondes)
50	15	0,10
100	14	0,15
180	12	0,20
400	12	0,25
630	11	0,30
800	10	0,30
1 000	10	0,35
1 250	9	0,35
1 600	9	0,40
2 000	8	0,45

fig.4 : valeurs de n_s et T_e pour l'endechement par la haute tension.



Tournez la page S.V.P.

Caractéristiques électriques des éléments

Disjoncteurs : la résistance est négligeable, la réactance $X_d = 0,15 \text{ m}\Omega$.

Câbles : Valeurs de la réactance suivant le mode de pose.

mode de pose	jeux de barres	câble triphasé	câbles unipolaires espacés	câbles unipolaires serrés en triangle	3 câbles en nappe serrée	3 câbles en nappe espacés de "d" d = 2r d = 4r	
schéma							
réactance linéique valeurs moyenne (en mΩ/m)	0,15	0,08	0,15	0,085	0,095	0,145	0,19
réactance linéique valeurs extrêmes (en mΩ/m)	0,12-0,18	0,06-0,1	0,1-0,2	0,08-0,09	0,09-0,1	0,14-0,15	0,18-0,20

fig. 16 : valeurs de la réactance des câbles selon le mode de pose.

Résistivité des conducteurs

Règle	Résistivité (*)	Valeur de la résistivité (Ω mm ² /m)		Conducteurs concernés
		Cuivre	Aluminium	
Courant de court-circuit maximal	$\rho_1 = 1,25 \rho_{20}$	0,0225	0,036	PH-N
Courant de court-circuit minimal	$\rho_1 = 1,5 \rho_{20}$	0,027	0,043	PH-N
Courant de défaut dans les schémas TN et IT	$\rho_1 = 1,25 \rho_{20}$	0,0225	0,036	PH-N (**) PE-PEN
Chute de tension	$\rho_1 = 1,25 \rho_{20}$	0,0225	0,036	PH-N (*)
Courant de surintensité pour la vérification des contraintes thermiques des conducteurs	$\rho_1 = 1,5 \rho_{20}$	0,027	0,043	Phase-Neutre PEN-PE si incorporé dans un même câble multi-conducteurs
		$\rho_1 = 1,25 \rho_{20}$	0,0225	0,036

(*) ρ_{20} résistivité des conducteurs à 20° C. 0,018 Ωmm²/m pour le cuivre et 0,029 Ωmm²/m pour l'aluminium.

(**) N la section du conducteur neutre est inférieure à celle des conducteurs de phase

fig. 15 : valeurs de la résistivité ρ des conducteurs à prendre en considération selon le courant de court-circuit calculé, maximum ou minimum (cf. UTE C 15-105).

Amplitude maximale de la crête asymétrique du courant de court-circuit

C'est en asymétrie totale que la première crête de courant atteint son amplitude maximale : I_m ; cette valeur est d'autant plus importante que l'amortissement de la composante continue est faible, comme le rapport R/X .

Il est indispensable de calculer I_m pour déterminer le pouvoir de fermeture et les contraintes électrodynamiques ; elle se déduit de la valeur efficace du courant de court-circuit symétrique I_b par la relation :

$I_m = K \cdot \sqrt{2} \cdot I_b$. le rapport K est relevé sur la courbe en fonction du rapport R/X .

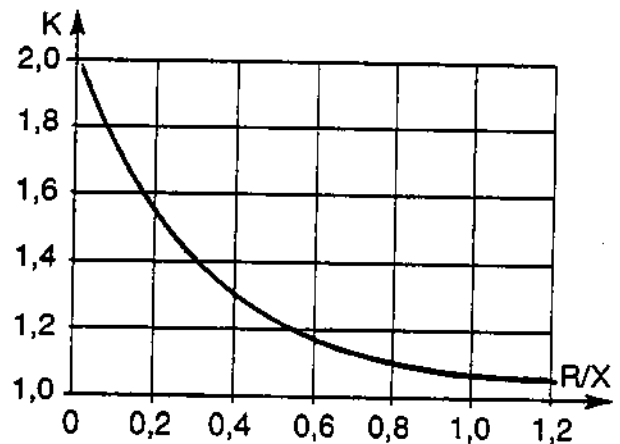


fig. 9 : variation du facteur K en fonction de R/X , ou R/L . (cf. CEI 909)

Tableau de filiation

filiation, réseau 380/415 V
 amont : Compact NS
 aval : Compact et Multi 9

disjoncteur amont 380/415 V kA eff										
150			NS100L			NS160L			NS250L	
70		NS100H			NS160H			NS250H		
65										
50										
45										
36										
30	NSA125N			NS160N			NS250N			
25		NS100N								
16										
disjoncteur aval kA eff										
150			NS100N NS100H C101N C101H NC100LH NC100LMA GV3M Intégral 18 Intégral 32 Intégral 63			NC100LH NC100LMA NS100N NS100H NS160N NS160H C101N C101H C161N C161H GV3M Intégral 18 Intégral 32 Intégral 63			NC100LH NC100LMA NS100N NS100H NS160N NS160H NS250N NS250H C101N C101H C161N C161H C250N C250H GV3M Intégral 32 Intégral 63	
70		NC100LH NC100LMA NS100N GV3M Intégral 18 Intégral 32 Intégral 63		NC100LH NC100LMA NS100N NS160N C101N C101H C161N C161H Intégral 18 Intégral 32 Intégral 63		NC100LH NC100LMA NS100N NS160N C101N C101H C161N C161H Intégral 18 Intégral 32 Intégral 63		NC100LH NC100LMA NS100N NS160N NS250N C101N C101H C161N C161H C250N C250H Intégral 32 Intégral 63		
65										
50		GV2M P25M	GV2M P25M		NSA125N GV2M P25M	NSA125N GV2M P25M		NSA125N	NSA125N	
45										
42										
40		C60H C60L	C60H C60L		C60L	C60L		C60L	C60L	C60L
35/36					NSA125N NS100N C101N C161N	NSA125N NS100N C101N C161N C250N				
30		C60N NC100H SC/XC40	C60N NC100H SC/XC40	C60H C60L	C60N C60H NC100H NS125E SC/XC40	C60N C60H NC100H NS125E SC/XC40	C60H C60L	C60N C60H C60L NC100H NS125E SC/XC40	C60N C60H C60L NS125E SC/XC40	C60N C60H C60L NS125E SC/XC40
25	C60N C60H C60L NC100H	C60N C60H C60L NC100H SC/XC40		C60N NC100H NS125E SC/XC40			C60N NC100H NS125E SC/XC40			
20		GV2M P25M								
15	C60a		C60a	C60a	C60a	C60a	C60a	C60a	C60a	C60a
10		C60a								

Méthode de détermination de la section des conducteurs (D'après Merlin Gérin et NFC 15100)

Les tableaux figurant ci-dessous et ci-contre permettent de déterminer la section des conducteurs de phase d'un circuit.

Ils ne sont utilisables que pour des canalisations non enterrées et protégées par disjoncteur.

Pour obtenir la section des conducteurs de phase, il faut :

■ déterminer une lettre de sélection qui dépend du conducteur utilisé et de son mode de pose

■ déterminer un coefficient K qui caractérise l'influence des différentes conditions d'installation.

Ce coefficient K s'obtient en multipliant les trois facteurs de correction, K1, K2 et K3 :

□ le facteur de correction K1 prend en compte le mode de pose

□ le facteur de correction K2 prend en compte l'influence mutuelle des circuits placés côte à côte

□ le facteur de correction K3 prend en compte la température ambiante et la nature de l'isolant.

lettre de sélection

type d'éléments conducteurs	mode de pose	lettre de sélection
conducteurs et câbles multiconducteurs	■ sous conduit, profilé ou goulotte, en apparent ou encastré ■ sous vide de construction, faux plafond ■ sous caniveau, moulures, plinthes, chambranles ■ en apparent contre mur ou plafond ■ sur chemin de câbles ou tablettes non perforées	B
câbles multiconducteurs	■ sur échelles, corbeaux, chemin de câbles perforé ■ fixés en apparent, espacés de la paroi ■ câbles suspendus	C
câbles multiconducteurs	■ sur échelles, corbeaux, chemin de câbles perforé ■ fixés en apparent, espacés de la paroi ■ câbles suspendus	E
câbles monoconducteurs	■ sur échelles, corbeaux, chemin de câbles perforé ■ fixés en apparent, espacés de la paroi ■ câbles suspendus	F

facteur de correction K1

lettre de sélection	cas d'installation	K1
B	■ câbles dans des produits encastrés directement dans des matériaux thermiquement isolants ■ conduits encastrés dans des matériaux thermiquement isolants ■ câbles multiconducteurs ■ vides de construction et caniveaux	0,70 0,77 0,90 0,95
C	■ pose sous plafond	0,95
B, C, E, F	■ autres cas	1

facteur de correction K2

lettre de sélection	disposition des câbles jointifs	facteur de correction K2											
		nombre de circuits ou de câbles multiconducteurs											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
B, C	encastrés ou noyés dans les parois	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38
C	simple couche sur les murs ou les planchers ou tablettes non perforées	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	0,70		
	simple couche au plafond	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61	0,61		
E, F	simple couche sur des tablettes horizontales perforées ou tablettes verticales sur des tablettes	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72	0,72		
	simple couche sur des échelles à câbles, corbeaux, etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78	0,78		

Lorsque les câbles sont disposés en plusieurs couches, appliquer en plus un facteur de correction de :

■ 0,80 pour deux couches

■ 0,73 pour trois couches

■ 0,70 pour quatre ou cinq couches

facteur de correction K3

températures ambiantes (°C)	isolation		
	élastomère (caoutchouc)	polychlorure de vinyle (PVC)	polyéthylène réticulé (PR) butyle, éthylène, propylène (EPR)
10	1,29	1,22	1,15
15	1,22	1,17	1,12
20	1,15	1,12	1,08
25	1,07	1,07	1,04
30	1,00	1,00	1,00
35	0,93	0,93	0,96
40	0,82	0,87	0,91
45	0,71	0,79	0,87
50	0,58	0,71	0,82
55	-	0,61	0,76
60	-	0,50	0,71

Méthode de détermination de la section des conducteurs (D'après Merlin Gérin et NFC 15100)

détermination de la section minimale

Connaissant I_z et K , (I_z est le courant équivalent au courant véhiculé par la canalisation : $I_z = I_z/K$), le tableau suivant indique la section à retenir.

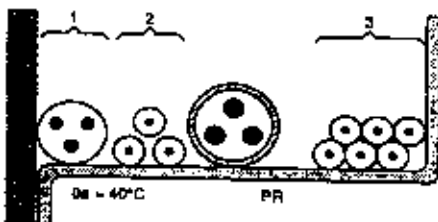
lettre de sélection	isolant et nombre de conducteurs chargés (3 ou 2)									
	caoutchouc ou PVC				butyle ou PR ou éthyène PR					
	B	PVC3	PVC2		PR3		PR2			
	C		PVC3		PVC2	PR3		PR2		
	E			PVC3		PVC2	PR3		PR2	
	F				PVC3		PVC2	PR3		PR2
section cuivre (mm ²)	1,5	15,5	17,5	18,5	19,5	22	23	24	26	
	2,5	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	248	268	289	310
	96	207	223	238	258	278	298	328	352	377
	120	239	259	276	299	322	348	382	410	437
	150		288	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	826		940
500					749	868	946		1 083	
630					855	1 005	1 088		1 254	
section aluminium (mm ²)	2,5	16,5	18,5	19,5	21	23	25	26	26	
	4	22	25	26	28	31	33	35	36	
	6	28	32	33	36	39	43	45	49	
	10	39	44	46	49	54	59	62	67	
	16	53	59	61	66	73	79	84	91	
	25	70	73	78	83	90	98	101	108	121
	35	88	90	96	103	112	122	126	135	150
	50	104	110	117	125	138	149	154	164	184
	70	133	140	150	160	174	182	198	211	237
	95	161	170	183	195	211	235	241	257	289
	120	186	197	212	226	245	273	280	300	337
	150		227	245	261	283	316	324	346	389
	185		259	280	298	323	363	371	397	447
240		305	330	352	382	430	439	470	530	
300		351	381	406	440	497	508	543	613	
400					528	600	663		740	
500					610	694	770		858	
630					711	808	899		996	

Exemple

Un câble PR triphasé est tiré sur un chemin de câbles perforé, jointivement avec 3 autres circuits constitués :

- d'un câble triphasé (1^{er} circuit)
- de 3 câbles unipolaires (2^e circuit)
- de 6 câbles unipolaires (3^e circuit) : ce circuit est constitué de 2 conducteurs par phase.

Il y aura donc 5 groupements triphasés. La température ambiante est de 40 °C. Le câble PR véhicule 23 ampères par phase.



La lettre de sélection donnée par le tableau correspondant est E.

Le facteur de correction K_1 , donné par le tableau correspondant, est 1.

Le facteur de correction K_2 , donné par le tableau correspondant, est 0,75.

Le facteur de correction K_3 , donné par le tableau correspondant, est 0,91.

Le coefficient K , qui est $K_1 \times K_2 \times K_3$, est donc $1 \times 0,75 \times 0,91$ soit 0,68.

Détermination de la section

On choisira une valeur normalisée de I_n juste supérieure à 23 A.

Le courant admissible dans la canalisation est $I_z = 25$ A.

L'intensité fictive I'_z prenant en compte le coefficient K est $I'_z = 25/0,68 = 36,8$ A.

En se plaçant sur la ligne correspondant à la lettre de sélection E, dans la colonne PR3, on choisit la valeur immédiatement supérieure à 36,8 A, soit, ici, 42 A dans le cas du cuivre qui correspond à une section de 4 mm² cuivre ou, dans le cas de l'aluminium 43 A, qui correspond à une section de 6 mm² aluminium.

Extrait NFC 15 100 : Protection contre les courants de court-circuit présumés

434. — Protection contre les courants de court-circuit

Note. — La présente norme ne considère que les cas de courts-circuits prévus entre conducteurs d'un même circuit.

434.1 — Règle générale

Des dispositifs de protection doivent être prévus pour interrompre tout courant de court-circuit avant que celui-ci ne puisse devenir dangereux du fait des effets thermiques et mécaniques produits dans les conducteurs et dans les connexions.

434.2. — Détermination des courants de court-circuit présumés

Les courants de court-circuit présumés doivent être déterminés aux endroits de l'installation jugés nécessaires. Cette détermination peut être effectuée soit par calcul, soit par mesure.

434.3. — Caractéristiques des dispositifs de protection contre les courts-circuits

Tout dispositif assurant la protection contre les courts-circuits doit répondre aux deux conditions suivantes :

434.3.1. — Son pouvoir de coupure doit être au moins égal au courant de court-circuit présumé au point où il est installé, sauf dans le cas admis à l'alinéa suivant.

Un dispositif possédant un pouvoir de coupure inférieur est admis, à condition qu'il soit doublé en amont par un dispositif ayant le pouvoir de coupure nécessaire. Dans ce cas, les caractéristiques des deux dispositifs doivent être coordonnées de telle manière que l'énergie que laissent passer les dispositifs ne soit pas supérieure à celle que peuvent supporter sans dommage le dispositif placé en aval et les canalisations protégées par ces dispositifs.

Note. — Dans certains cas particuliers, il peut être nécessaire de prendre en considération d'autres caractéristiques telles que contraintes dynamiques et énergie d'arc pour les dispositifs placés en aval. Les renseignements nécessaires doivent être obtenus auprès des constructeurs de ces dispositifs.

434.3.2. — Le temps de coupure de tout courant résultant d'un court-circuit se produisant en un point quelconque du circuit ne doit pas être supérieur au temps portant la température des conducteurs à la limite admissible.

Pour les courts-circuits d'une durée au plus égale à 5 s, la durée nécessaire pour qu'un courant de court-circuit élève la température des conducteurs de la température maximale admissible en service normal à la valeur limite, peut être calculée, en première approximation, à l'aide de la formule suivante :

$$\sqrt{t} = k \frac{S}{I}$$

où

t est la durée en secondes,

S est la section en mm^2 ,

I est le courant de court-circuit effectif en A, exprimé en valeur efficace,

$k =$ 115 pour les conducteurs en cuivre isolés au polychlorure de vinyle,
135 pour les conducteurs en cuivre isolés au caoutchouc pour usage général, au butyle,
143 pour les conducteurs en cuivre isolés au polyéthylène réticulé ou à l'éthylène-propylène,
74 pour les conducteurs en aluminium isolés au polychlorure de vinyle,

87 pour les conducteurs en aluminium isolés au caoutchouc pour usage général, au butyle, au polyéthylène réticulé ou à l'éthylène propylène,

115 pour les connexions soudées à l'étain dans les conducteurs en cuivre, correspondant à une température de 160 °C.

Notes 1. — Pour les durées très courtes (< 0,1 s) où l'asymétrie est importante et pour les dispositifs limitant le courant, $k^2 S^2$ doit être supérieur à la valeur de l'énergie ($I^2 t$) que laisse passer le dispositif de protection, indiquée par le constructeur.

2. — D'autres valeurs de k sont à l'étude pour :
— les conducteurs de faible section (notamment pour des sections inférieures à 10 mm^2),
— les durées de court-circuit supérieures à 5 s,
— d'autres types de connexions dans les conducteurs,
— les conducteurs nus,
— les conducteurs blindés à isolant minéral.

3. — Le courant nominal du dispositif de protection contre les courts-circuits peut être supérieur au courant admissible des conducteurs du circuit.