

Chapitre 12 : Section des conducteurs

DISTRIBUER , Transmettre (II 232)

COMPETENCES :

Etre capable de déterminer la section des conducteurs en fonction du courant d'emploi et de vérifier la chute de tension dans les lignes, en respectant la réglementation

La détermination de la section des conducteurs se fait en quatre étapes qui sont:

- les **échauffements**, en liaison avec le **courant admissible**
- la **chute de tension** selon la longueur de la ligne
- les courants de court-circuit dans l'installation
- le type de régime de neutre employé,

Seules les deux premières étapes seront développées dans ce chapitre

I LE COURANT D'EMPLOI : I_B

Le courant d'emploi I_B est le courant correspondant à la plus grande puissance transportée par le circuit en service normal.

Ce courant dépend directement de la puissance des appareils alimentés par le circuit, il est déterminé à partir du courant absorbé et corrigé selon plusieurs facteurs.

1°/ Courant absorbé (I_A) :

En courant alternatif , le courant absorbé par un récepteur est donné par les relations :

En monophasé

$$I_A = \frac{P_A}{U \cos \varphi}$$

En triphasé

$$I_A = \frac{P_A}{U \sqrt{3} \cos \varphi}$$

Avec U : tension entre conducteur Ph/N en monophasé, et tension entre phases en triphasé.

I_A : courant absorbé par le récepteur

P_A : puissance absorbée du récepteur en Watts

2°/ Courant d'emploi (I_B) :

Le courant d'emploi est calculé à l'aide de la formule pratique suivante:

$$I_B = P_n \times a \times b \times c \times d \times e$$

a : facteur tenant compte du facteur de puissance et du rendement des récepteurs.

b : facteur d'utilisation des appareils.

c : facteur de simultanéité .

d : facteur tenant compte des prévisions d'extension .

e : facteur de conversion des puissances en intensités.

➤ Le Facteur a :

Ce facteur tient compte du facteur de puissance et du rendement des récepteurs:

$$a = \frac{1}{R \cos \varphi}$$

Les tableaux I et II page 4/4 donnent les valeurs moyennes de 'a' pour les appareils d'éclairage et les moteurs . Pour les appareil de chauffage par résistance , a =1 , pour les autres appareils 'a' est déterminé avec les indications des constructeurs .

voir le TABLEAU I : ECLAIRAGE & le TABLEAU II : MOTEURS en page 80

- **Le Facteur d'utilisation des appareils 'b' :**
Le facteur d'utilisation concerne surtout les installations industrielles et plus particulièrement les moteurs qui fonctionnent en régime variable, la puissance absorbée peut varier de 0,3 à 0,9 de la puissance nominale . En l'absence d'indications plus précises on adopte la valeur de 0,75 .
Pour les appareils d'éclairage et de chauffage le facteur d'utilisation est toujours égal à 1 .
- **Le Facteur de simultanéité 'c' :**
La détermination du facteur de simultanéité 'c' nécessite la connaissance détaillée de l'installation et de ses conditions d'exploitation, en particulier pour les prises de courant et les moteurs .
En l'absence de données précises les facteurs 'c' peuvent être pris dans le tableau III p.81
- **La Prévisions d'extension 'd' :**
La valeur de 'd' doit être estimée suivant les extensions possibles ; il est au moins égal à 1 la valeur recommandée pour les installations industrielles est $d = 1,2$.
- **Le Facteur de conversion puissance / intensité 'e' :**
Le facteur de conversion de la puissance exprimée en kW ou en kVA, en intensité exprimée en ampères est fonction de la tension et du type de réseau

- en monophasé 130 V , e = 7,7
- en triphasé 240 V , e = 2,4

- en monophasé 240 V , e = 4,16
- en triphasé 400 V , e = 1,4

Ces valeurs sont calculées selon les relations $e = \frac{P}{U}$

$e = \frac{P}{U}$ en monophasé , ou $e = \frac{P}{U\sqrt{3}}$ en triphasé avec $P = 1000$ soit 1 kW.

II LA SECTION ET LE COURANT ADMISSIBLE (I_z) :

Lorsque un conducteur est parcouru par un courant électrique , il s'échauffe selon la loi de Joule :

$$W = R I^2 t \text{ avec}$$

W : énergie en Joule

R : résistance du conducteur en Ω

t : temps en secondes

Dans les conducteurs isolés , placés sous conduit, la chaleur produite par le passage du courant est dissipée dans le milieu ambiant par conduction ou par convection . Cette dissipation dépend :

- de la méthode de référence liée au mode de pose pages 75 & 76
- de la température que peut supporter l'isolant
- du nombre de conducteurs actifs du câble ou de la canalisation

1°/ Méthode de référence :

Pour déterminer une section de conducteur à partir d'une intensité d'emploi , on doit tenir compte du mode de pose pages 75 & 76 (page 3/4).

A chaque mode de pose codifié de 1 à 81 correspond une méthode de référence désignée par une lettre majuscule : B, C, D, E, F ..(fig 1) de la page 4/4. Tableau Page 81.

a) **Méthode B** : Les conducteurs sont enfermés dans des enceintes non ventilées, la

dissipation de la chaleur est mauvaise.

b) Méthode C : Les câbles sont à l'air libre, mais **disposés contre des parois** qui limitent la dissipation de la chaleur.

c) Méthode D : Concerne uniquement **les câbles enterrés**.

d) Méthode E : Câbles multiconducteurs à l'air libre.

e) Méthode F : Câbles mono conducteurs à l'air libre.

Cette méthode de référence est imposée par la norme C 15-100, le tableau IV en haut de la page 3/4 indique la méthode de référence correspondant à chaque mode de pose

TABLEAU IV METHODES DE REFERENCE ET MODES DE POSE .voir chapitre 11 sur LES MODES DE POSE qui correspond au cours en bas de la page 3/4

2°/ Températures de référence :

a) Températures ambiantes : Les échanges thermiques s'opèrent avec le milieu ambiant, les valeurs ont été calculées pour des températures de :

30 °C dans l'air , pour **tous les modes de pose**.

20 °C dans le sol , pour les câbles enterrés ou placés dans **des conduits enterrés** .

b) Température des conducteurs isolés :

En fonction de la nature de l'isolant , **l'âme conductrice** peut être portée à une température maximale fixée par la norme :

70 °C isolant en polychlorure de vinyle (PVC) .

90 °C isolant en polyéthylène réticulé (PR) .

105 °C isolant minéral.

3°/ Nombre de conducteurs actifs :

C'est le nombre de conducteurs parcourus par le courant absorbé par les appareils, soit **2 en monophasé, et 3 en triphasé** : exemple (PR 3).

4°/ Section et courant admissible :

a) Le courant admissible est **la valeur constante** de l'intensité que peut **supporter** , dans des conditions données, un conducteur sans que sa température soit supérieure à la valeur spécifiée.

Le **courant admissible** est désigné par I_Z

Le courant d'emploi (I_B) est lié au courant admissible par la relation :

$$I_Z \geq I_B$$

b) La section : Elle est donnée par le tableau V des courants admissibles donné en page 4/4. Pour un mode de pose (de 1 à 81), on détermine la méthode de référence (tableau IV). En fonction de la nature de l'isolant (PVC ou PR), et du nombre de conducteurs actifs (2, ou 3), on se situe dans une colonne du tableau V (col. de 1 à 9) **page 83**.

En parcourant la colonne sélectionnée on recherche la valeur de l'intensité admissible égale ou immédiatement supérieure à l'intensité d'emploi I_B , et ceci pour des conducteurs en cuivre ou en aluminium.

La section du conducteur se situe dans la colonne de gauche sur la ligne correspondante au courant admissible.

EXEMPLE :

Le circuit triphasé de conducteurs type H 07 V-U sous conduit apparent, alimente un moteur triphasé, courant d'emploi 55 A.

Le mode de pose est **3** , la méthode de référence **B**

Le tableau V , pour **B** et **PVC 3** nous situe dans la colonne 1, Pour $I_B = 55 A$,la valeur

supérieure de I admissible (I_Z) est de **68 A**, soit une section de **16 mm²** pour le cuivre, et, pour l'aluminium, le courant admissible est **de 70 A** ce qui donne une section de **25 mm²**.

5°/ Cas des canalisations enterrées :

Dans le cas des canalisations enterrées on utilise **la méthode de référence D**, le tableau VI indique les sections des conducteurs en fonction des courants admissibles.

TABLEAU VI - COURANT ADMISSIBLE POUR LA METHODE D .

III FACTEURS DE CORRECTION :

Les valeurs des courants admissibles sont déterminées pour une température de 30 °C dans l'air et de 20 °C dans le sol. Il faut aussi tenir compte du groupement des conducteurs .

1°/ Relation entre courants, d'emploi et, admissible

$$I_Z \geq \frac{I_B}{f_1 \times f_2 \times f_3}$$

avec :

I_B : courant d'emploi

I_Z : courant admissible

f_1 : correction de la température

f_2 : pour le groupement des conducteurs ;

f_3 : pour nombre de couches

2°/ Correction de température (f_1) :

Lorsque les canalisations sont dans une ambiance différente de 30 °C , on applique le coefficient f_1 donné par le tableau VI . **Pour les canalisations en souterrain** on utilise le tableau VII donné en page 4/4.

Tableau VII - COEFFICIENT DE CORRECTION DE TEMPERATURE f_1 (Méthodes B, C, E, F,).

3°/ Correction pour le groupement des conducteurs (f_2) et (f_3) :

a) Lorsque des conducteurs ou des câbles sont **groupés de façon jointive**, sur un plan **horizontal** (fig 3) , sur un **plan vertical** (fig 4) les courants admissibles sont réduits selon les valeurs du coefficient f_2 données dans le tableau VIII (page 4/4)

b) Cas de la pose en plusieurs couches (fig 5) : Il faut appliquer **au coefficient précédent** le facteur de correction du tableau IX .(toujours en page 4/4).

Tableau VIII CORRECTION POUR POSE JOINTIVE (f_2)

Tableau IX CORRECTION POUR POSE EN PLUSIEURS COUCHES (f_3).

Exemple : Avec un courant d'emploi $I_B =$ **85 A**, et 6 câbles multipolaires jointifs U 1000 R02V sur chemin de câble, **code 12**, température ambiante 40 °C

Solution :

- chemin de câble et câbles en PRC : Tableau IV, méthode **C**

- facteurs de correction :

Température :

$f_1 =$ **0,91** (Tableau VII)

Câbles jointifs

$f_2 =$ **0,72** (Tableau VIII)

d'ou $I_Z = I_B / f_1 \times f_2 =$ **85 / 0.91x 0.72 =131 A**

IV CHUTE DE TENSION :

Par suite **de la résistance** des conducteurs , il se produit **une chute de tension** lorsqu'il y a passage du courant

1°/ Valeur de la chute de tension :

La chute de tension entre l'origine d'une installation, en **tout point d'utilisation** ne doit pas être supérieure aux valeurs du tableau X en bas à gauche de la page 4/4.

Tableau X : CHUTES DE TENSION NORMALISEES.

Remarque :

Une chute de tension **plus grande** peut être acceptée , pour **les moteurs pendant la période** de démarrage , ou pour tout autre matériel ayant des appels de courants importants.

2°/ Calcul de la chute de tension :

Les chutes de tension sont déterminées à partir des valeurs du courant d'emploi des circuits .La longueur de la canalisation ou de la ligne, est la longueur d'un seul conducteur de la canalisation.

(fig 6 et fig 7)

Le calcul de la chute de tension est l'application directe de la loi d'Ohm :

- en **continu**
$$\mathbf{u = R \times I}$$
 avec $\mathbf{R = \rho \frac{L}{S}}$ $\mathbf{R = \rho \frac{L}{S}}$

- en **alternatif**
$$\mathbf{u = Z \times I}$$
 Voir (fig 8)

Formule générale :

$$\mathbf{u = b(\rho_1 \frac{L}{S} \cos \varphi + \lambda L \sin \varphi) I_B}$$

u : chute de tension

b : coefficient dont la valeur est de :

2 en monophasé et en continu

1 en triphasé, tension phase neutre

$\sqrt{3}$ en triphasé, tension phase - phase

les circuits triphasés très déséquilibrés ,une seule phase chargée, sont considérés comme des circuits monophasés .

ρ_1 : résistivité :
pour le cuivre 0,0225 Ω mm² / m
pour l'aluminium 0,0360 Ω mm² / m

L : longueur simple de la canalisation en m.

S : section des conducteurs en mm².

λ : réactance linéique des conducteurs, on prend une valeur moyenne égale à 0,08 . 10⁻³ Ω .m .

I_B : courant d'emploi en Ampère.

3°/ Chute de tension relative :

La chute de tension relative s'exprime en **pourcentage** de la tension nominale.

$$\Delta u = 100 \frac{u}{U_0}$$

U_0 tension entre **phase et neutre** en Volts.

4°/ Vérification à l'aide de tableaux

Le tableau XI donne **les longueurs maximales des canalisations** correspondant à une chute de tension de 6%. Le rapport $6/L_{\max}$ permet de calculer la valeur $u\%$ d'un tronçon quelconque.

Tableau XI - CHUTES DE TENSION (en bas de la page 4/4).

Pour chaque canalisation , à partir de l'origine de l'installation, le **rapport de la longueur réelle L** à la longueur maximum L_{\max} indiquée dans le tableau XI, donne la valeur de la chute de tension pour cette canalisation en pourcentage :

$$u = 6 \times \frac{L}{L_{\max}}$$

La somme de ces valeurs de l'origine jusqu'à l'extrémité de l'installation ne doit pas dépasser les valeurs 3, 5, 6, ou, 8% tableau X page 4/4.

V METHODE DE DETERMINATION DE SECTION:

Pour déterminer une section de conducteur il est souhaitable de passer par les étapes suivantes

a) Détermination du courant d'emploi I_B :

voir tableaux I, II, III donné en page 4/4.

b) Choisir le mode de pose et le type d'isolant des conducteurs :

voir chapitre 9 et 11

c) Corriger le courant d'emploi, en fonction de:

- la température (f_1), tableaux et VII
- la pose jointive (f_2), tableau VIII
- le nombre de couches (f_3), tableau IX

d) Déterminer la section :

- rechercher la méthode de référence, tableau IV,
- déterminer la section et le courant admissible, tableau V ou tableau VI

e) Vérifier la chute de tension :

- déterminer le pourcentage admis tableau X de la page 4/4
- calculer la chute de tension.

CHOIX DE CONDUCTEURS ET CABLES

2 critères :

- canalisations **fixe ou mobiles**
- influences externes

1°) Installation mobiles ou fixes

- a) canalisations mobiles : tableau III P 1
- b) canalisations fixes : tableau II P 1

2°) Influences externes : tableau IV P 1

3°) Choix des conducteurs et câbles

- a) choix de l'âme (**Cu ou Al**)

L'aluminium est plus léger (masse volumique 2.7 contre 8.9). Il fond **à 658°C** (Cu : 1083°C). Le soudage autogène est facile et détruit l'alumine (oxyde d'aluminium). L'alumine est une couche d'oxyde imperméable qui fond à 200°C. L'aluminium est malléable, il est facile à mettre en fil et à plier : $S_{Al} / S_{Cu} = 28.26 / 17.24$

A résistance égale un mètre du conducteur, le fil **d'Al doit avoir une section de 1.63 plus grande.**

$$\varnothing Al / \varnothing Cu = 1.26$$

Poids de l'Al : à résistance égale : $1.63 \times 2.7 / 8.9 = 0.5$

Le poids du mètre linéaire est égal **à la moitié de celui** du conducteur de cuivre malgré l'augmentation de la section.

Conclusion :

Compte tenu des progrès relatifs :

- à la métallurgie de l'Al
- au revêtement de surface
- à la technologie des contacts et sachant qu'au **delà de 10 mm²** l'alu est autorisé par la norme C15 100, il faut économiquement parlant posé le problème de remplacement du cuivre par l'aluminium.

DM d'électrotechnique

1.- Pour alimenter un concasseur dans une carrière, on doit réaliser une canalisation enterrée directement. Déterminer la section, le mode de pose et le type de câble sachant que le moteur absorbe une intensité nominale de 235 A en triphasé 230 / 400V sans neutre avec PE.

2.- Pour alimenter un laboratoire, on décide de réaliser une ligne aérienne en conducteurs torsadés triphasés (3 phases + neutre + conducteur de protection électrique sous 230 / 400V. Définissez la section et le nombre de conducteurs, le courant d'emploi étant de 85 A.

3 - On alimente un circuit d'éclairage avec du câble U 1000 R02V fixé au plafond pour un courant d'emploi de 35 A ; Déterminer la section ?

4 - Dans un immeuble d'habitation, un tableau de distribution alimente 3 circuits triphasés différents:

- a) un circuit pour les ascenseurs puissance 15 kVA
 - b) un circuit pour la chaufferie , puissance 25 kVA
 - c) une colonne montante pour 15 appartements puissance souscrite 6 kVA par appartement, coefficient de simultanéité de 0,6
- Mode de pose II en câble isolé au PVC, tension triphasée 400 V , 50 Hz.

Déterminer les sections pour chacun des circuits

1- Sur un paquet de tubes rigides noirs, vous relevez l'indication suivante : 32 MRL 5557 . De quel tube s'agit-il ? Que signifie cette désignation ?

2- Vous devez faire passer dans un tube : un circuit de 4 fils de 1,5 mm² et un circuit de 3 fils de 2,5 mm² Quelle référence de conduit choisissez-vous dans la norme internationale , et dans la française.

3- Vous devez remplacer un tube plastique gris rigide de diamètre extérieur 20,6 mm de référence 13, norme française) par un tube à la norme internationale, donner sa désignation complète .

4 Sur une botte de tubes , vous relevez les indications suivantes : 20 ICTL 3421 .Quelles en sont les significations?

5- Vous devez faire passer dans un tube des fils de type H07 V-U, un circuit avec 3 fils de 4 mm² et 1 circuit avec 3 fils de 6 mm² , donner la référence du tube à commander en IRL selon les 2 normes.

6- Vous êtes en présence d'un tube de couleur orange, annelé, de diamètre extérieur 32 mm, donnez sa désignation internationale ?

