



Chapitre 2

S1-3-Schémas de liaison à la terre BTA

SOMMAIRE

1-RAPPELS :	3
1-1-Domains de tension en BT (Basse Tension).	3
1-2-Action du courant électrique sur le corps humain.	3
1-3-Paramètres influents sur le risque électrique.	4
1-4-Notions de contacts directs.	5
1-5-Notions de contacts indirects.	6
1-6-Différents Schémas de Liaison à la Terre (SLT).	7
2-REGIME TT :	8
2-1-Installation saine.	8
2-2-Installation avec un défaut d'isolement.	8
2-3-Protection des personnes.	9
2-4-Calcul du courant de défaut et de la tension de contact.	9
2-5-Choix des différentiels.	10
2-6-Rappels sur les dispositifs différentiels.	11
2-7-Structure et fonctionnement d'un dispositif différentiel.	12
2-8-Sélectivité des dispositifs différentiels	13
2-9-Exercices d'applications régime TT.	14
3-REGIME TN :	16
3-1-Installation saine.	16
3-2-Installation avec un défaut d'isolement.	16
3-3-Protection des personnes.	17
3-4-Calcul du courant de défaut et de la tension de contact.	17
3-5-Vérifications des conditions de déclenchement en régime TN.	18
3-6-Applications.	19
3-7-Régime TNC et TNS.	21
3-8-Exercices d'applications régime TN.	22
4-REGIME IT :	24
4-1-Installation saine.	24
4-2-Installation avec un défaut d'isolement.	24
4-3-Calcul du courant de défaut et de la tension de contact.	25
4-4-Cas particulier du double défaut et protection des personnes.	26
4-5-Vérifications des conditions de déclenchement en régime IT.	27
4-6-Mise en œuvre du régime IT.	28
4-7-Exercices d'applications régime IT.	30

5-RECAPITULATIF DES DIFFERENTS SLT	32
6-MESURES ET METHODES UTILISES POUR MESURER LES TEMPS DE DECLenchement	34
7-DOCUMENTS RESSOURCES :	36
K 236 : régime TT.	36
K241 : régime TN.	37
K242 : régime TN.	38
K243 : régime TN.	39
K244 : régime TN.	40
K245 : régime TN.	41
K246 : régime TN.	42
K255 : régime IT.	43
K256 : régime IT.	44
K257 : régime IT.	45
K258 : régime IT.	46
K259 : régime IT.	47
K260 : régime IT.	48
8-CORRIGE DES EXERCICES D'APPLICATION EN REGIME TT :	49
9-CORRIGE DES EXERCICES D'APPLICATION EN REGIME TN :	50
10-CORRIGE DES EXERCICES D'APPLICATION EN REGIME IT :	52

Bibliographie :

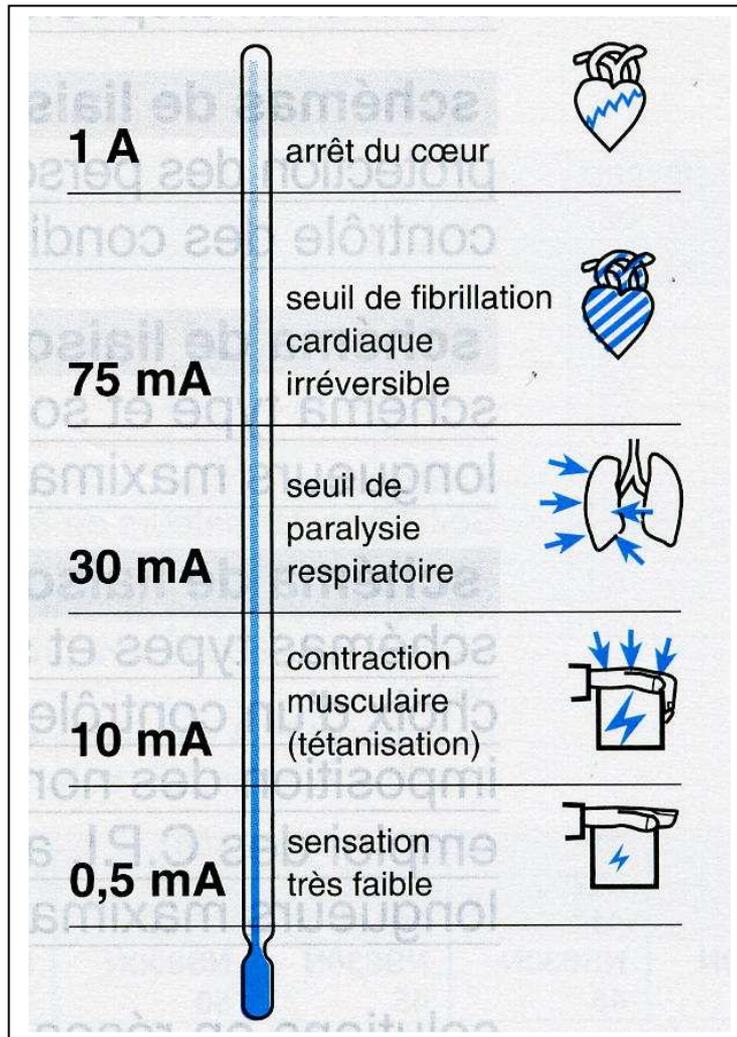
Guide de distribution de l'installation électrique Schneider Electric édition 2003.
Catalogue Schneider distribution électrique Merlin Gerin 2002/2003.
Documentation Legrand sur la protection.
Norme NF C 15-100 «installations électriques à basse tension » édition 2002.
Cahiers techniques Merlin Gerin 150 et Schneider 114 et 172.

1-Rappels :

1-1-Domains de tension en BT (Basse Tension) :

DOMAINES DE TENSION	Valeur de la tension nominale Un exprimée en volts	
	En courant alternatif	En courant continu
Domaine de tension BTA	$50 < U_n \leq 500$	$120 < U_n \leq 750$
Domaine de tension BTB	$500 < U_n \leq 1000$	$750 < U_n \leq 1500$

1-2-Action du courant électrique sur le corps humain :



Effets du courant alternatif entre 15 et 100 Hz :

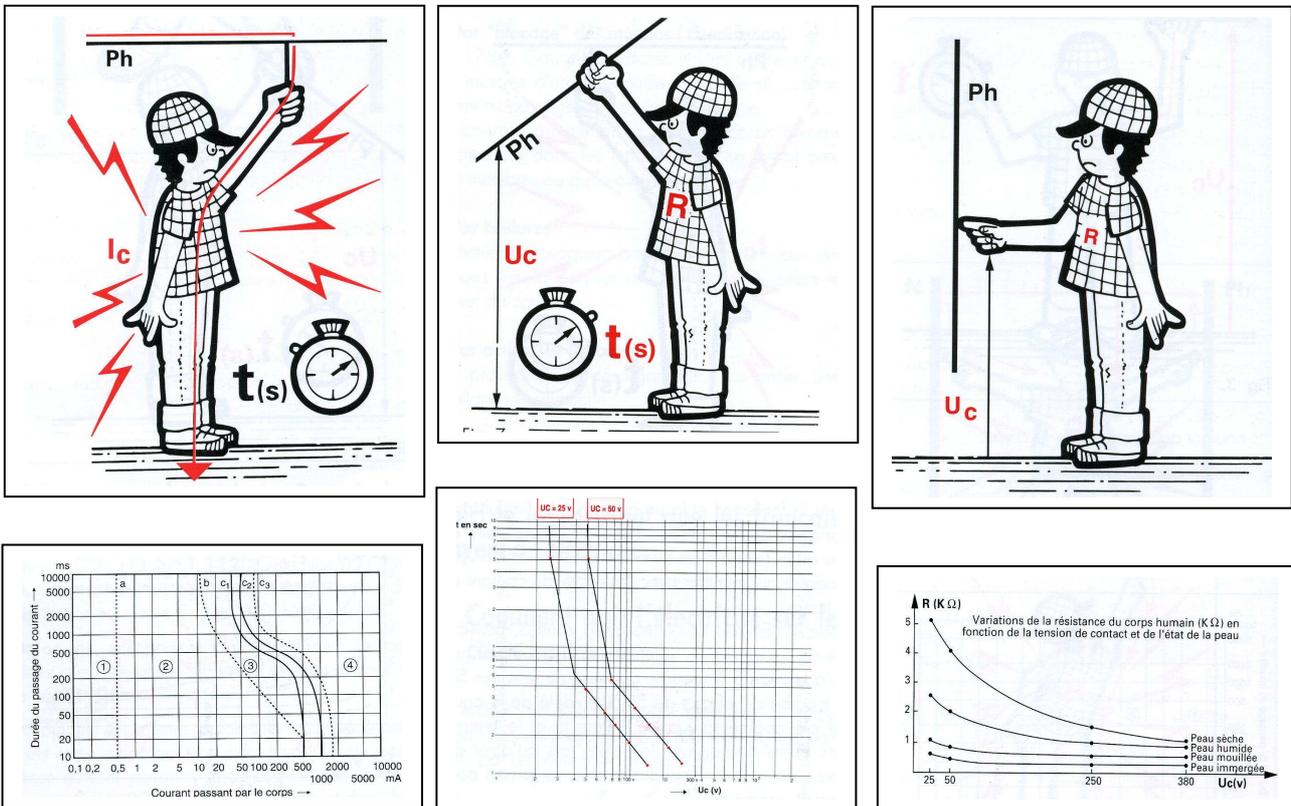
- Seuil de perception de l'ordre de 0,5 mA : valeur minimale du courant qui provoque une sensation pour une personne à travers laquelle le courant passe.
- Seuil de non lâcher en général considéré à 10 mA : valeur maximale du courant pour laquelle une personne tenant des électrodes peut les lâcher.
- Seuil de fibrillation ventriculaire du cœur humain, considéré égal à 400 mA pour une durée d'exposition inférieure à 0,1 s (ce seuil dépend de la durée de passage du courant)

Cas particuliers :

- Effets du courant alternatif pour des fréquences supérieures à 100 Hz :
Plus la fréquence augmente, plus les risques de fibrillation ventriculaire diminuent par contre les risques de brûlures augmentent.
Plus la fréquence du courant augmente plus l'impédance du corps humain diminue.
Il est généralement considéré que les conditions de protection contre les contacts indirects sont identiques en 4000Hz et en 50Hz.
- Effets du courant continu :
Le courant continu apparaît comme moins dangereux que le courant alternatif.
En effet :
- il est moins difficile de lâcher les parties tenues à la main qu'en courant alternatif.
- le seuil de fibrillation ventriculaire est plus élevé.

1-3-Paramètres influents sur le risque électrique :

Les 3 courbes ($t = f(I_c)$, $t = f(U_c)$ et $R = f(U_c)$) ont servi de base à l'établissement de la norme NF C15-100 :



1-4-Notions de contacts directs :

Contact direct

La personne rentre en contact avec un élément sous tension suite à une négligence ou au non-respect des consignes de sécurité. Dans ces cas l'électrocution est la conséquence d'une maladresse ou d'une négligence.



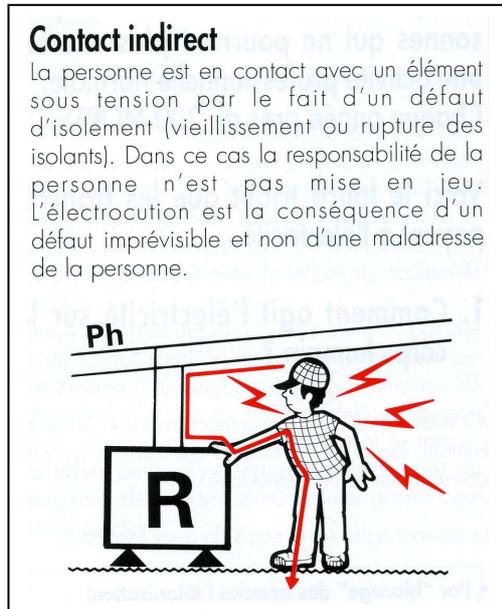
On appelle un contact direct, le contact des personnes avec les parties actives des matériels électriques (pièces ou conducteurs sous tension).

Protection contre les contacts directs :

- Protection par l'utilisation de la TBT.
- Protection par l'isolation des parties actives.
- Protection aux moyens de barrières ou d'enveloppes.
- Protection aux moyens d'obstacles ou mise hors de portée.
- Protection complémentaire par DDR HS* (Dispositif Différentiel Résiduel Haute Sensibilité : ≤ 30 mA)

* La norme NF C15 100 (paragraphe 411.3.3) impose cette protection complémentaire pour les circuits d'alimentation des prises de courant jusqu'à 32A compris et au delà si elles sont installées dans des locaux mouillés et les installation temporaire (chantiers,,)

1-5-Notions de contacts indirects :



On appelle un contact indirect, le contact des personnes avec les masses* mises accidentellement sous tension généralement suite à un défaut d'isolement.

*Masses : Partie conductrice susceptible d'être touchée et normalement isolée des parties actives mais pouvant être portées accidentellement à une tension dangereuse.

Protection contre les contacts indirects :

- Protection par utilisation de la TBTS.
- Protection par utilisation de la TBTP.
- Protection par séparation électrique des circuits.
- Protection par emploi du matériel de classe II.
- Protection par isolation supplémentaire à l'installation.
- Protection par éloignement ou interposition d'obstacles.
- Protection par liaisons équipotentielles non reliées à la terre.
- Protection par coupure automatique de l'alimentation.

Pour ce dernier point, protection par coupure automatique de l'alimentation, il faut respecter 2 principes :

- ✓ Mise à la terre de toutes les masses des matériels électriques de l'installation et constitution d'une liaison équipotentielle principale (LEP).
- ✓ Mise hors tension automatique de la partie de l'installation où se produit le défaut d'isolement, de manière à ne pas soumettre une personne à une tension de contact U_c * pendant une durée telle qu'elle soit dangereuse.

*La tension de contact U_c , désigne la tension apparaissant entre 2 masses (ou une masse et un élément conducteur qui peut être à la terre) simultanément accessibles lors d'un ou plusieurs défauts d'isolement. Plus la tension est élevée, plus la mise hors tension de la partie en défaut doit être rapide (voir temps de coupure donné par la norme NF C 15-100).

La tension de contact la plus élevée qui pourrait être maintenue indéfiniment sans danger pour les personnes était appelée tension limite conventionnelle (UL)

1-6-Différents Schémas de Liaison à la Terre (SLT) :

La protection des personnes dépend des Schémas de Liaison à la Terre (SLT) ou régime des neutres (RDN) qui sont liés à la position du neutre (1) par rapport à la terre (2) et la position des masses (3) des récepteurs par rapport à la terre ou au neutre.

(1) Le neutre est le point central où sont reliées les 3 bobines du secondaire du transformateur HT/BT dans le cas d'un couplage étoile ou zig zag

(2) La terre est la masse conductrice de la terre, dont le potentiel électrique en chaque point est considéré comme égal à zéro.

(3) Une masse est la partie conductrice d'un matériel électrique susceptible d'être touchée par une personne, qui n'est normalement pas sous tension, mais qui peut le devenir en cas de défaut d'isolement des parties actives de ce matériel.

Les différents SLT sont écrits sous forme de 2 lettres majuscules :

La première lettre donne la position du neutre par rapport à la terre.

La deuxième lettre donne la position des masses par rapport à la terre ou au neutre.

	Situation du neutre	Situation des masses
Régime TT	Neutre relié à la Terre	Masses reliées à la Terre
Régime TN	Neutre relié à la Terre	Masses reliées au Neutre
Régime IT	Neutre Isolé de la Terre ou Impédant	Masses reliées à la Terre

Temps de coupure maximal en secondes pour les circuits terminaux (NF C 15-100 paragraphe 411.3.2.2) :

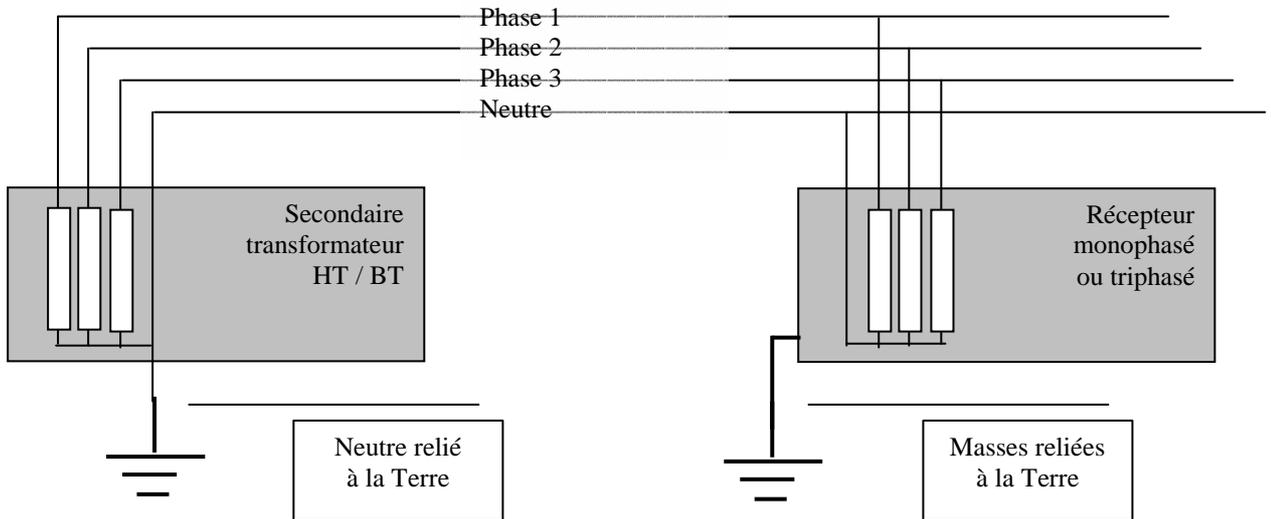
	50V < U0 ≤ 120V		120V < U0 ≤ 230V		230V < U0 ≤ 400V		U0 > 400V	
	alternatif	continu	alternatif	continu	alternatif	continu	alternatif	continu
TN ou IT	0,8s	5s	0,4s	5s	0,2s	0,4s	0,1s	0,1s
TT	0,3s	5s	0,2s	0,4s	0,07s	0,2s	0,04s	0,1s

U0 étant la tension simple entre phase et neutre (V)

2-Régime TT :

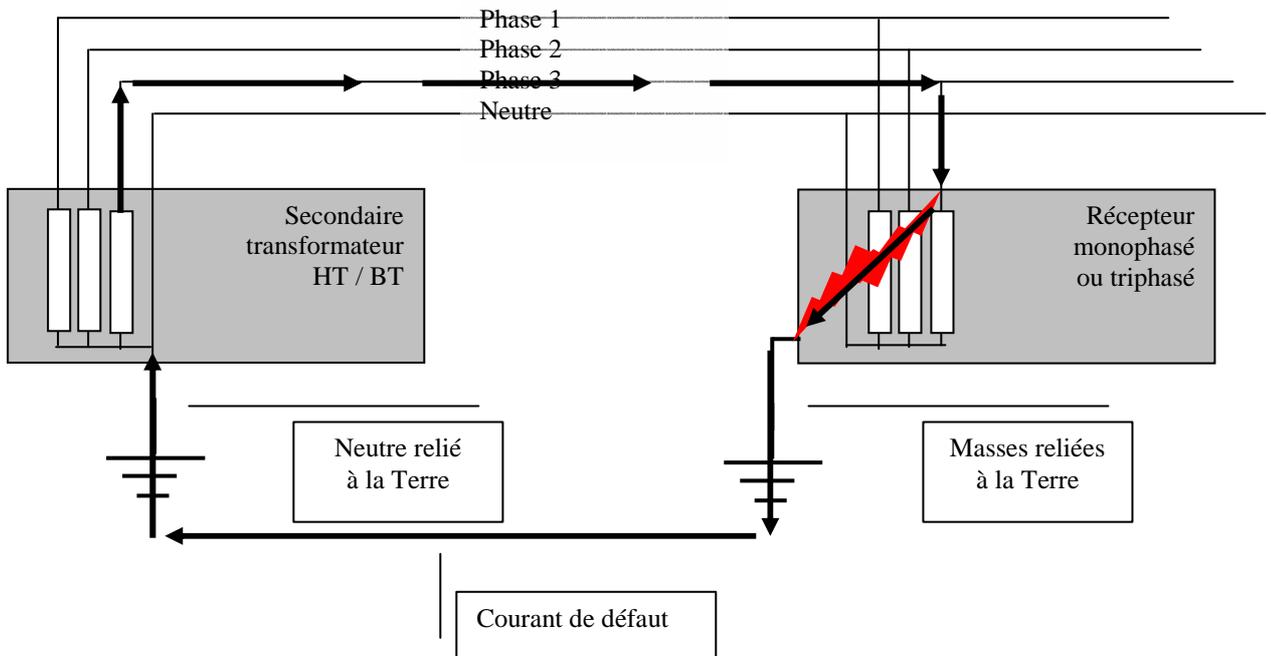
Le neutre du transformateur HT/BT est relié à la Terre.
 Les masses des récepteurs sont reliées à la Terre.

2-1-Installation saine :



2-2-Installation avec un défaut d'isolement sur la phase 3 :

Un courant de défaut quitte le transformateur par la phase 3, traverse le récepteur et rejoint le neutre du transformateur par la terre (au passage il traverse les 2 résistances de terre : celle où est relié le neutre et celle où sont reliées les masses)



2-3-Protection des personnes :

Pour assurer la protection des personnes, en régime TT, on utilise des dispositifs différentiels résiduels.

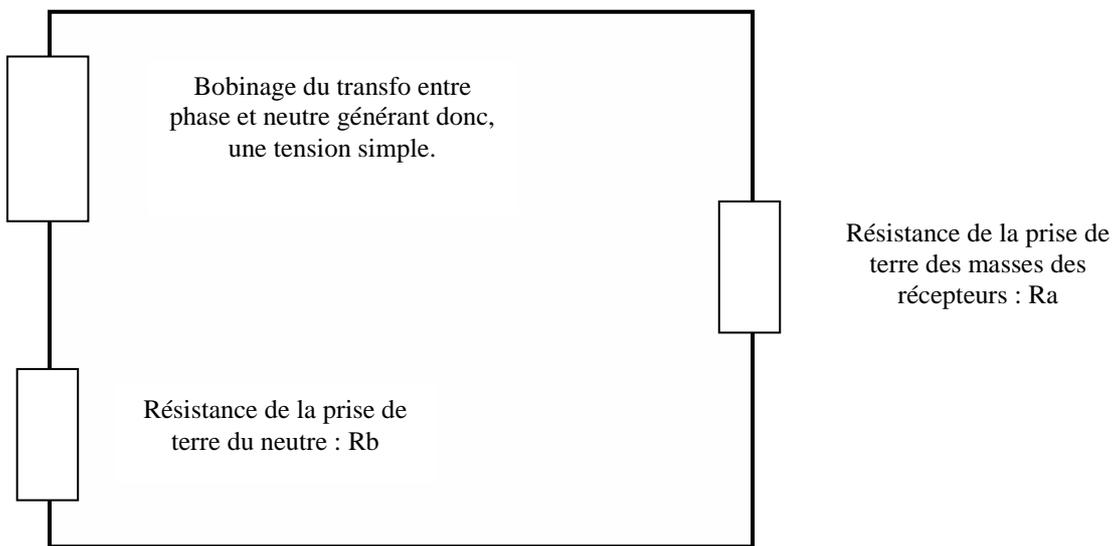
Le dispositif différentiel fait la différence entre le courant entrant dans les récepteurs et le courant sortant :

- Si cette différence est nulle, il n'y a pas de défaut d'isolement, donc pas de fuite à la terre et pas de coupure.
- S'il détecte un courant entrant supérieur au courant sortant, il y a un défaut d'isolement provoquant une fuite de courant à la terre et il va couper le circuit en défaut (dans le cas ci-dessus il va détecter le courant de 7,7A et couper).

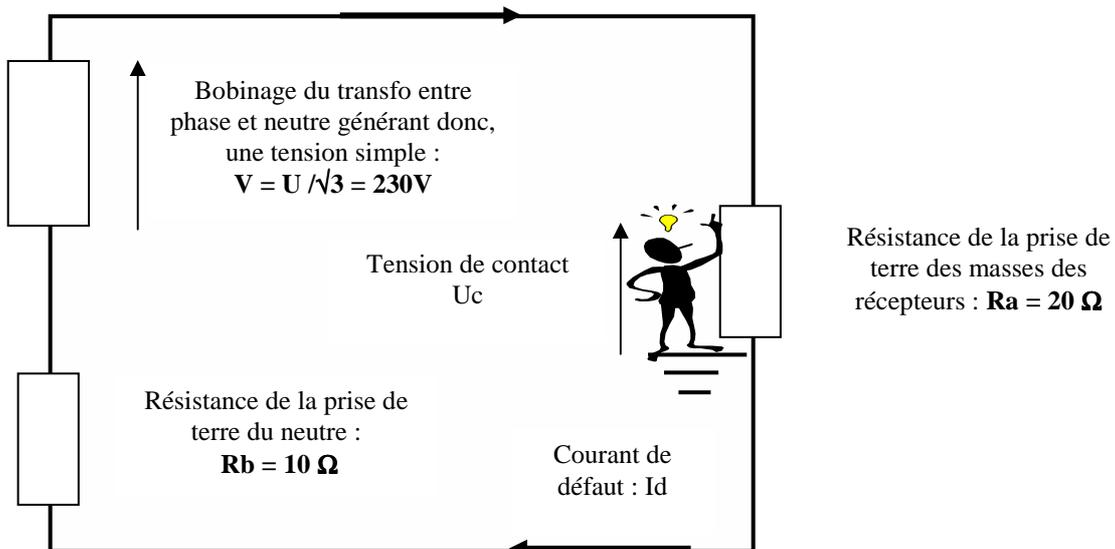
2-4-Calcul du courant de défaut et de la tension de contact :

On néglige la résistance des conducteurs car en général la somme des résistances Ra et Rb est prépondérante devant l'impédance des autres éléments de la boucle de défaut.

Le schéma équivalent de cette installation peut se réduire à :



Si on considère que le transformateur est un transformateur 20kV / 400V, que la résistance de la prise de terre des masses des récepteur égale 20 Ω et que la résistance de la prise de terre du neutre égale 10 Ω, on peut calculer le courant de défaut Id:



En appliquant la loi d'Ohm à ce circuit on peut écrire pour calculer le courant de défaut :

$$I_d = \frac{V}{R_a + R_b} = \frac{230}{20 + 10} = 7,7A$$

Si une personne touche une masse des récepteurs en défaut, elle sera soumise à la tension de contact U_c que l'on peut calculer :

$$U_c = R_a \times I_d = 20 \times 7,7 = 154 V$$

Cette tension est dangereuse quelque soit la tension limite choisie et il faut donc couper, le plus rapidement possible, pour protéger les personnes.

2-5-Choix des différentiels :

Il faut appliquer la formule : $I_{\Delta n} \leq \frac{U_l}{R_a}$

Avec

$I_{\Delta n}$: calibre du différentiel en Ampère.

U_l : tension limite en Volt (en général 50V ou 25V pour les installations temporaires (chantiers, ...) et les établissements agricoles ou horticoles).

R_a : résistance de la prise de terre des masses des récepteurs en Ohms.

Pour le cas ci dessus et pour un local sec ($U_l = 50 V$) :

Le différentiel sera : $I_{\Delta n} \leq \frac{U_l}{R_a} = \frac{50}{20} = 2,5A$

On peut choisir un dispositif différentiel qui doit couper en moins de 200ms d'après le tableau ci-dessous, puisque $U_c = 154V$:

Temps de coupure maximal en secondes pour les circuits terminaux (NF C 15-100 paragraphe 411.3.2.2) :

	50V < U0 ≤ 120V		120V < U0 ≤ 230V		230V < U0 ≤ 400V		U0 > 400V	
	alternatif	continu	alternatif	continu	alternatif	continu	alternatif	continu
TN ou IT	0,8s	5s	0,4s	5s	0,2s	0,4s	0,1s	0,1s
TT	0,3s	5s	0,2s	0,4s	0,07s	0,2s	0,04s	0,1s

U_0 étant la tension simple entre phase et neutre (V)

Si on choisit un différentiel Vigicompact, dans le catalogue Merlin Gerin page K 236, on peut le temporiser comme indiqué ci-dessous :

Sensibilité $I_{\Delta n}$ en A	Retard intentionnel (temporisation) en ms	Temps total de déclenchement en ms
0,03 - 0,3 - 1 - 3 - 10	0 ms	40 ms
	60 ms	140 ms
	150 ms	300 ms
	310 ms	800 ms

Compte tenu du calibre ($I_{\Delta n} \leq 2,5A$) et du temps de coupure ($< 0,2 s$) on choisira un Dispositif Différentiel Résiduel de 1A avec un retard intentionnel de 60 ms, dont le temps de coupure sera égal à 140 ms bien inférieur au 200ms exigé par la norme.

DDR de 1A
avec un retard intentionnel de 60 ms,
donc le temps de coupure sera égal à 140 ms.

2-6-Rappels sur les dispositifs différentiels :

Pour protéger les personnes, en régime TT, on utilise un dispositif différentiel :

Ce dispositif différentiel peut être, soit un disjoncteur différentiel, soit un interrupteur différentiel.

Un disjoncteur différentiel possède les fonctions du disjoncteur, c'est à dire la protection des installations contre les surintensités (surcharge et court-circuit), et celle du différentiel, c'est à dire la protection des personnes contre les contacts indirects.

Un interrupteur différentiel possède les fonctions de l'interrupteur, c'est à dire la fonction de commande (ouverture ou fermeture manuelle d'un circuit), et celle du différentiel, c'est à dire la protection des personnes contre les contacts indirects.

Valeur maximale de la prise de terre en fonction du courant assigné du DDR (NF C15 100 paragraphe 531.2.4.2.2.) :

Courant différentiel résiduel maximal assigné du Dispositif Différentiel Résiduel I Δ n		Valeur maximale de la résistance de la prise de terre des masses en Ohms
Basse Sensibilité	20A	2,5 Ω
	10A	5 Ω
	5A	10 Ω
	3A	17 Ω
Moyenne Sensibilité	1A	50 Ω
	500mA	100 Ω
	300mA	167 Ω
	100mA	500 Ω
Haute sensibilité	≤ 30 mA	> 500 Ω

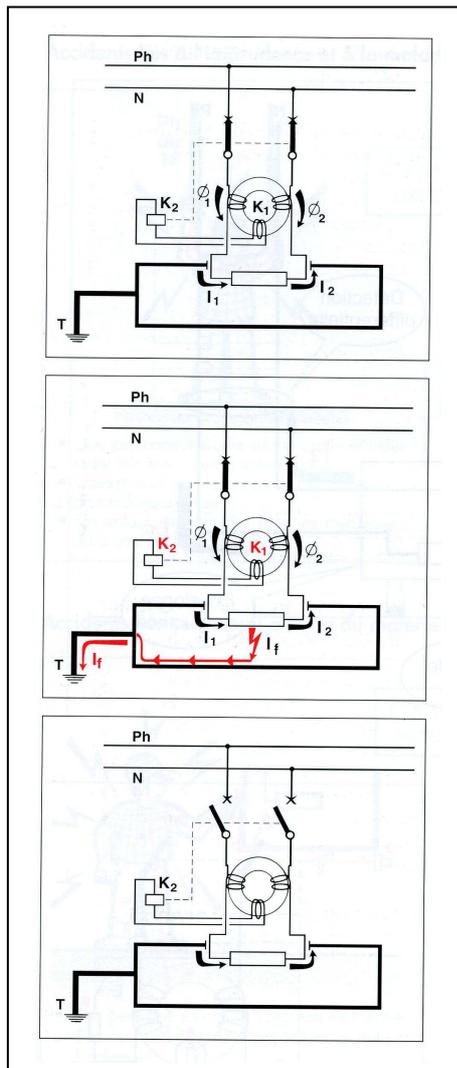
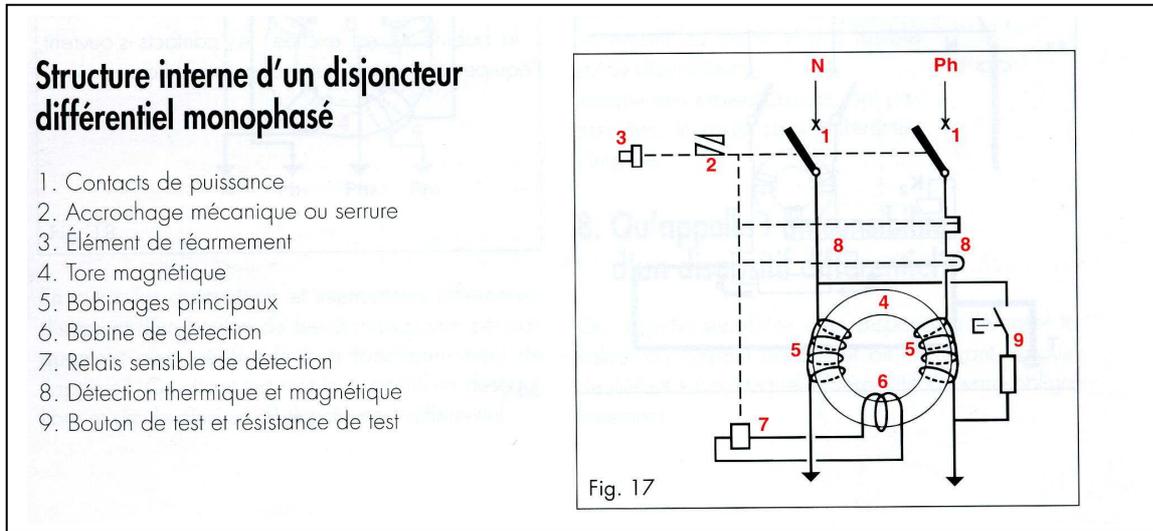
Il existe différents types de DDR selon leur comportement en présence de composantes continues (norme NF C15 100 paragraphe (531.2.1.5) :

DDR de type AC : DDR pour lequel le déclenchement est assuré pour des courants différentiels alternatifs sinusoïdaux, qu'ils soient brusquement appliqués ou qu'ils augmentent lentement.

DDR de type A : DDR pour lequel le déclenchement est assuré pour des courants différentiels alternatifs sinusoïdaux et aussi pour des courants différentiels continus pulsés, qu'ils soient brusquement appliqués ou qu'ils augmentent lentement.

DDR de type B : DDR pour lequel le déclenchement est assuré pour des courants différentiels alternatifs sinusoïdaux, des courants différentiels continus pulsés qu'ils soient brusquement appliqués ou qu'ils augmentent lentement, et aussi pour des courants continus lisses

2-7-Structure et fonctionnement d'un dispositif différentiel :



1-Absence de défaut :

Le courant entrant I_1 égale le courant sortant I_2 ($I_1 = I_2$).
 Le flux magnétique créé par I_1 : $O_1 =$ le flux magnétique créé par I_2 : O_2 ($O_1 = O_2$).
 Le champ résultant $O_1 - O_2 = 0$.
 Il n'y a pas de courant induit dans la bobine K_1 .
 La bobine K_2 n'est pas excitée.
 Les contacts ne s'ouvrent pas.
 L'installation fonctionne normalement.

2-En présence d'un défaut d'isolement :

Apparition d'un courant de fuite I_f .
 $I_1 = I_2 + I_f$.
 $I_1 > I_2$.
 $O_1 > O_2$.
 $O_1 - O_2 \neq 0$.
 Il y a un courant induit dans la bobine K_1 qui excite la bobine K_2 .

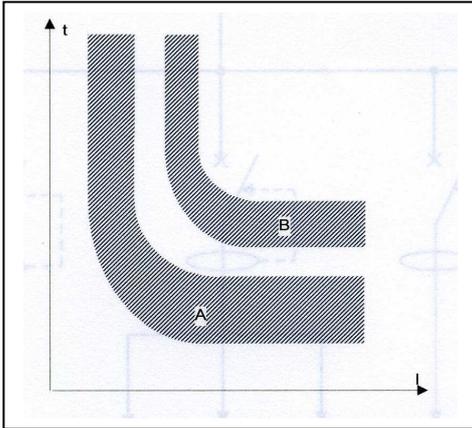
3-Après détection du défaut :

La bobine K_2 excitée par le courant induit de K_1 provoque l'ouverture des contacts et met automatiquement l'installation hors tension.

2-8-Sélectivité des dispositifs différentiels (norme NF C 15-100 paragraphe 535.4.3.1) :

Une sélectivité totale entre les dispositifs de protection à courant différentiel résiduel disposés en série peut être prescrite pour des raisons de sécurité ou d'exploitation, de façon à maintenir l'alimentation des parties de l'installation non affectées par le défaut éventuel.

Pour assurer la sélectivité totale de deux dispositifs de protection à courant différentiel résiduel disposés en série, la caractéristique de non fonctionnement temps / courant du dispositif placé en amont doit se trouver au-dessus de la caractéristique de fonctionnement temps / courant du dispositif placé en aval



Cela se traduit par :

- Le courant différentiel résiduel de fonctionnement assigné du dispositif placé en amont doit être supérieur à celui placé en aval.
- Le temps de fonctionnement du dispositif placé en amont doit être supérieur à celui placé en aval pour toutes les valeurs de courant de défaut.

La sélection totale peut être réalisée en utilisant, par exemple, un dispositif retardé pour celui placé en amont et dont le courant résiduel assigné est au moins égal à 3 fois celui du dispositif placé en aval.

Sélectivité totale à 2 niveaux

Protection

- En A : DDR-MS retardé (cran I) ou de type S pour la protection contre les contacts indirects.
- En B : DDR-HS sur les circuits pour socles de prises de courants ou les circuits pour les récepteurs à risque.

Solutions Schneider Electric

- En A : disjoncteur différentiel adaptable Compact ou Multi 9 (Vigi NS160 ou Vigi NC100), cran I ou type S.
- En B : disjoncteur différentiel intégré (DPN Vigi) ou adaptable (ex : Vigi C60 ou Vigi NC100) ou Vigicompact.

Nota : le réglage du DDR amont doit intégrer les règles de sélectivité et tenir compte de tous les courants de fuite en aval.

Fig. F38 : Sélectivité totale à 2 niveaux.

Sélectivité totale à 3 ou 4 niveaux

Protection

- En A : DDR-MS retardé (cran III).
- En B : DDR-MS retardé (cran II).
- En C : DDR-MS retardé (cran I) ou de type S.
- En D : DDR-HS instantané.

Solutions Schneider Electric

- En A : DDR à tore séparé (Vigirex RH54A).
- En B : Vigicompact ou Vigirex.
- En C : Vigirex, Vigicompact ou Vigi NC100 ou Vigi C60.
- En D :

- Vigicompact ou
- Vigirex ou
- Multi 9 intégré ou adaptable : Vigi C60, DPN Vigi.

Nota : le réglage de chaque DDR amont doit intégrer les règles de sélectivité et tenir compte de tous les courants de fuite en aval.

Fig. F39 : Sélectivité totale à 3 niveaux.

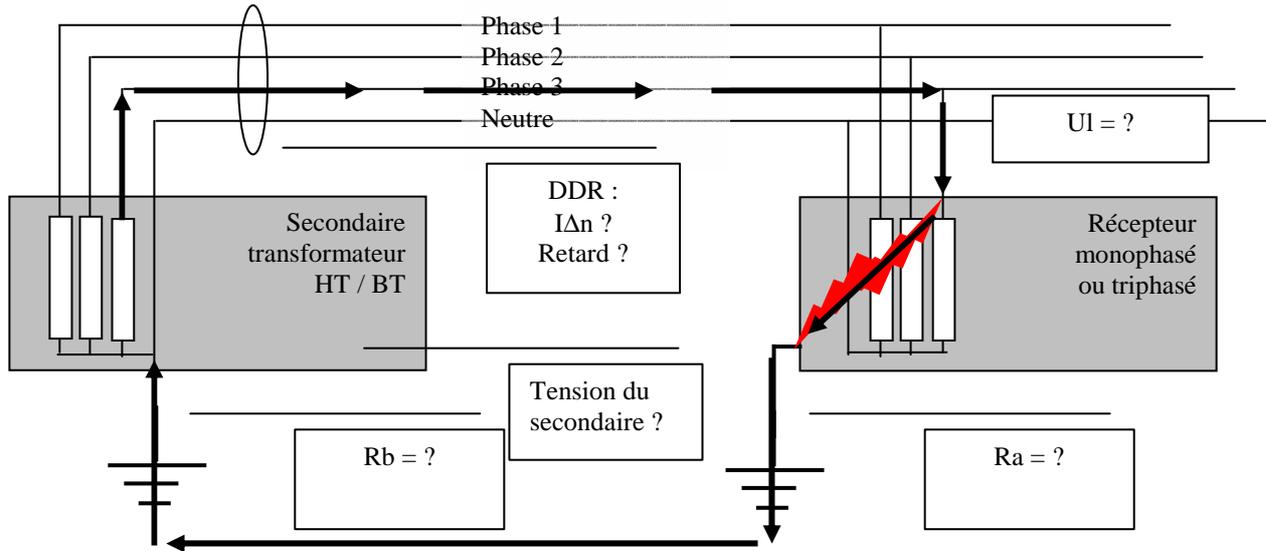
Travail personnel



2-9- Exercices d'application régime TT :

Documents ressources page K236 catalogue Merlin Gerin.

Déterminer le DDR à utiliser pour une protection correcte des personnes en tenant compte des données et du schéma ci-dessous :



1-Transformateur 20 kV / 400V. local sec. $R_a = 30\Omega$ et $R_b = 5\Omega$. Difficulté *	
Calcul du courant de défaut I_d	
Calcul de la tension de contact U_c	
Détermination du temps de coupure t_c (norme)	
Calcul du calibre du différentiel	
Choix du différentiel (sensibilité et retard éventuel)	

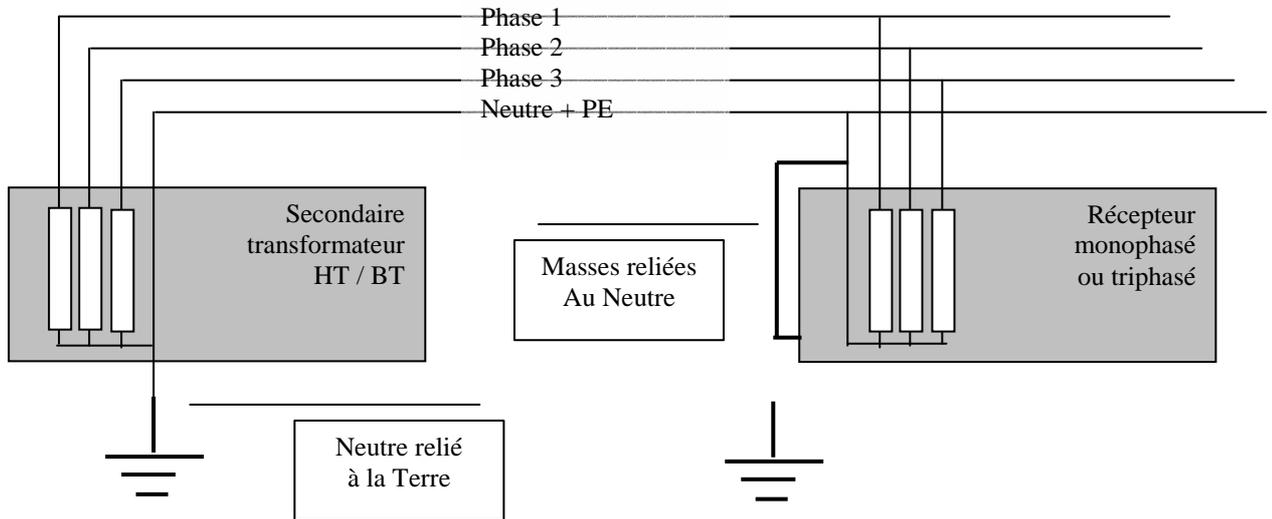
Déterminer le DDR à utiliser pour une protection correcte des personnes en tenant compte des données ci-dessous et du schéma de la page précédente :

2-Transformateur 20 kV / 230V. Chantier $R_a = 50\Omega$ et $R_b = 20\Omega$. Difficulté ***	
Calcul du courant de défaut Id	
Calcul de la tension de contact U_c	
Détermination du temps de coupure t_c (norme)	
Calcul du calibre du différentiel	
Choix du différentiel (sensibilité et retard éventuel)	

3-Régime TN :

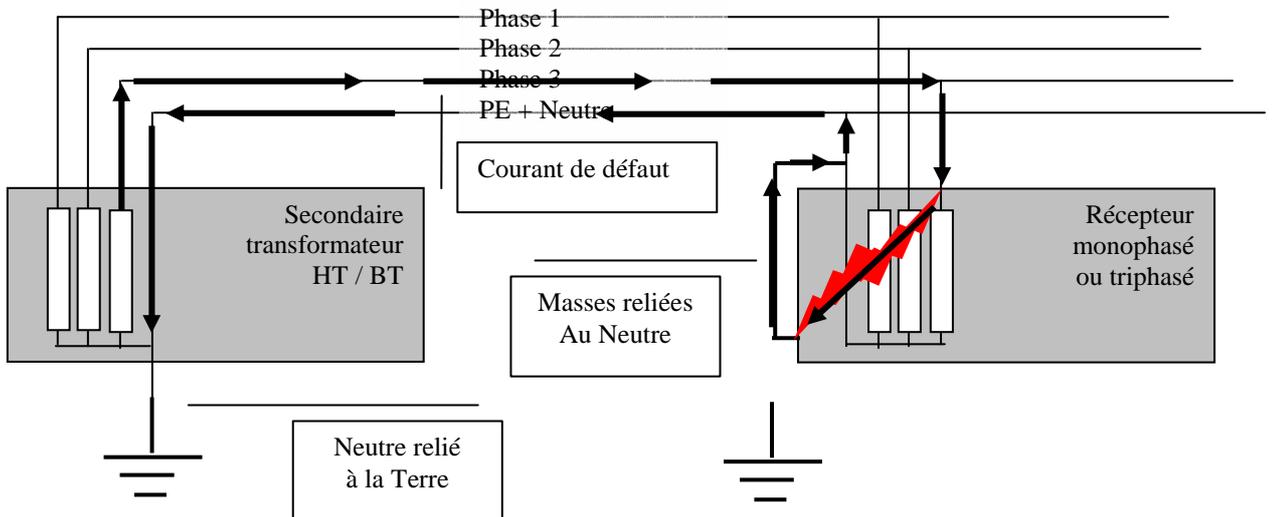
Le neutre du transformateur HT/BT est relié à la Terre.
Les masses des récepteurs sont reliées au Neutre.

3-1-Installation saine :



3-2-Installation avec un défaut d'isolement sur la phase 3 :

Un courant de défaut quitte le transformateur par la phase 3, traverse le récepteur et rejoint le neutre (puisque les masses sont reliées au neutre). Cela provoque un court-circuit entre phase et neutre.



3-3-Protection des personnes :

Pour assurer la protection des personnes, en régime TN, on utilise des dispositifs de protection contre les surintensités (fusibles ou disjoncteurs).

La coupure automatique en schéma TN s'obtient en s'assurant que l'intensité du courant de défaut U_0 / Z_s est suffisante pour solliciter les dispositifs de protection contre les surintensités.

D'où la règle :

$$I_a \leq I_d = \frac{U_0}{Z_s}$$

Avec :

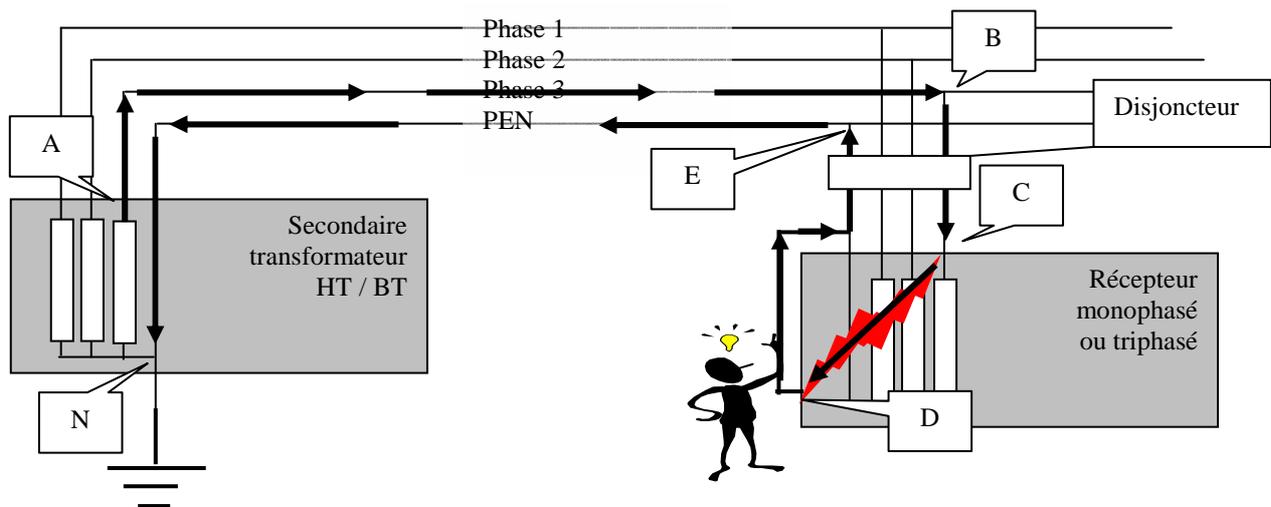
I_d : Intensité de défaut.

U_0 : Tension nominale entre phase et neutre = tension simple.

Z_s : Impédance de boucle de défaut, égale à la somme de toutes les impédances parcourues par le courant de défaut (source, conducteurs actifs et conducteur de protection jusqu'au point de défaut).

I_a : Courant assurant le fonctionnement du dispositif de protection dans le temps spécifié.

3-4-Calcul du courant de défaut et de la tension de contact :



Si le transformateur est en 400V triphasé, les câbles sont en cuivre et le départ vers le récepteur (longueur BC) est constitué de 50 m de 35mm² :

Si la section de la phase est égale à la section du PEN la tension de défaut vaut environ $230 / 2 = 115V$. Elle est donc dangereuse.

L'impédance de boucle Z_s est la somme de $Z_{AB} + Z_{BC} + Z_{CD} + Z_{DE} + Z_{EN} + Z_{NA}$.

Si Z_{BC} et Z_{DE} sont les termes prépondérants :

$$Z_s = 2 \times \rho \times \frac{L}{S} = 2 \times 22,5 \cdot 10^{-3} \times \frac{50}{35} = 64,3 \text{ m}\Omega.$$

Le courant de défaut $I_d = 230 / 0,0643 = 3576 \text{ A}$.

Le temps de coupure doit être inférieur à 400 ms (NF C 15 100)

Le déclenchement instantané du disjoncteur de protection (Ia ou Imag) sera pris inférieur à cette valeur et coupera sans problème dans le temps imparti.

La méthode conventionnelle décrite dans la norme NF C 15 105 fait l'hypothèse que les impédances amont réduisent la tension de 20%.

Elle indique donc un courant de défaut $I_d = 0,8 \times 230 / 0,0643 = 2861 \text{ A}$.

Rien n'est changé pour les temps de coupure car les temps de coupure des disjoncteurs sont de l'ordre de 10 à 20 ms.

3-5-Vérification des conditions de déclenchement en régime TN :

Toutefois Id diminue lorsque la longueur de ligne installée en aval du disjoncteur augmente (si L augmente, R augmente d'où limitation du courant de défaut) il faut donc vérifier les vérifications des conditions de déclenchement.

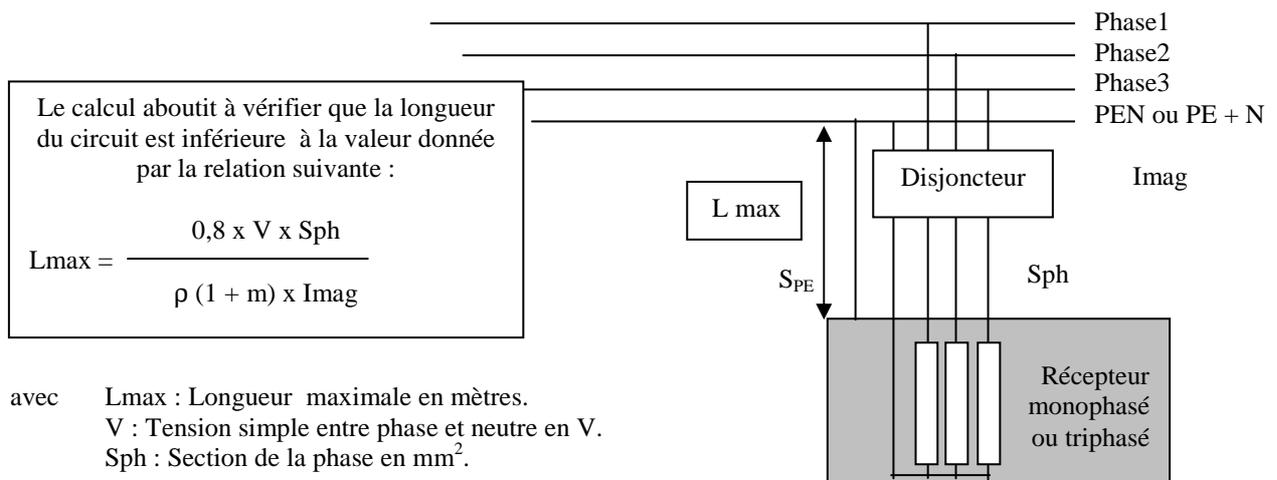
Si la longueur de ligne installée en aval du disjoncteur est trop importante on peut :

- Choisir un disjoncteur à magnétique bas (mais attention le même disjoncteur sert à la protection des personnes et des installations).
- Augmenter la section des câbles (tous les câbles ou seulement le PEN).
- Utiliser un dispositif différentiel.
- Réaliser une liaison équipotentielle supplémentaire entre les masses simultanément accessibles afin d'abaisser la tension de contact.

Le conducteur de protection doit être à proximité immédiate des conducteurs actifs du circuit (dans le cas contraire, la vérification ne peut se faire que par des mesures effectuées une fois l'installation terminée).

Elle consiste à appliquer la loi d'Ohm au seul départ concerné par le défaut considéré en faisant les hypothèses suivantes :

- La tension entre la phase en défaut et le PE ou PEN à l'origine du circuit est prise égale à 80% de la tension simple nominale.
- On néglige les réactances des conducteurs devant leur résistance. Cette approximation est considérée comme admissible jusqu'à des sections de 120 mm² au delà on majorera la résistance.



- avec
- L_{max} : Longueur maximale en mètres.
 - V : Tension simple entre phase et neutre en V.
 - S_{ph} : Section de la phase en mm².
 - ρ : Résistivité à la température normale de fonctionnement
 - ρ Cuivre = $22,5 \cdot 10^{-3} = 0,023 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ et ρ Aluminium = $36 \cdot 10^{-3} = 0,037 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$.
 - m : S_{ph} / S_{pe} avec S_{ph} : Section de la phase en mm² et S_{pe} section du PE.
 - Imag : courant maxi (tolérance) de fonctionnement (A) du déclencheur magnétique.

3-6-Applications :

Soit un disjoncteur C 60L déclencheur MA 40A (magnétique réglé à $12 \times I_n \pm 20\%$: $I_m = I_a = 12 \times I_n \pm 20\%$).

Si la tension du réseau est en 400V triphasé, la section des conducteurs Phase, PE et neutre 25mm^2 en cuivre et la longueur de la ligne est de 90m :

Utilisation des tableaux fabricants :

Le tableau (5^{ème} tableau page k241) donne directement :

La longueur maxi $L_{\max} = 174 \text{ m}$.

Utilisation de la méthode conventionnelle :

La formule précédente s'écrit :

$$L_{\max} = \frac{0,8 \times 400/\sqrt{3} \times 25}{0,023 \times (1+1) \times (12 \times 40 + 20\%)}$$

$$= 174,36 \text{ m}$$

Installation conforme $90 \text{ m} < 174 \text{ m}$.

Si la tension du réseau est en 400V triphasé, la section des conducteurs Phase, PE et neutre 25mm^2 en aluminium :

Utilisation des tableaux fabricants :

Le tableau (5^{ème} tableau page K241) donne :
174m.

Le facteur de correction donné au début de la page K241 donne 0,62.

La longueur maxi $L_{\max} = 174 \times 0,62 = 107,88 \text{ m}$

Utilisation de la méthode conventionnelle :

La formule précédente s'écrit :

$$L_{\max} = \frac{0,8 \times 400/\sqrt{3} \times 25}{0,037 \times (1+1) \times (12 \times 40 + 20\%)}$$

$$= 108,38 \text{ m}$$

Installation conforme $90 \text{ m} < 107 \text{ m}$.

Si la tension du réseau est en 230V triphasé, la section des conducteurs Phase, PE et neutre 25mm^2 en cuivre :

Utilisation des tableaux fabricants :

Le tableau (5^{ème} tableau page k241) donne :
174m

Le facteur de correction donné au début de la page K241 donne 0,57.

La longueur maxi $L_{\max} = 174 \times 0,57 = 99,18 \text{ m}$

Utilisation de la méthode conventionnelle :

La formule précédente s'écrit :

$$L_{\max} = \frac{0,8 \times 230/\sqrt{3} \times 25}{0,023 \times (1+1) \times (12 \times 40 + 20\%)}$$

$$= 100,39 \text{ m}$$

Installation conforme $90 \text{ m} < 99 \text{ m}$.

Si la tension du réseau est en 230V triphasé, la section des conducteurs Phase et neutre 25mm² aluminium et PE en 6mm² aluminium :

Utilisation des tableaux fabricants :

Le tableau (5^{ème} tableau page K241) donne :
174m.
le facteur de correction donné au début de la page
K241 donne 0,25 et 0,57.

$$\text{La longueur maxi } L_{\text{max}} = 174 \times 0,25 \times 0,57 \\ = 24,79 \text{ m}$$

Utilisation de la méthode conventionnelle :

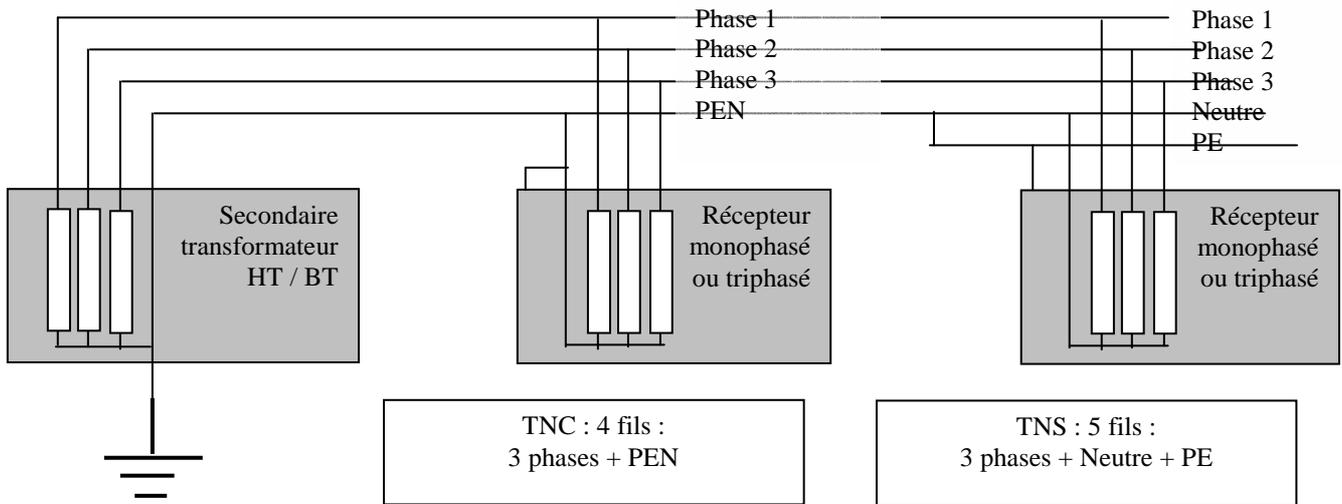
La formule précédente s'écrit :

$$L_{\text{max}} = \frac{0,8 \times 230/\sqrt{3} \times 25}{0,037 \times (1+(25/6)) \times (12 \times 40 + 20\%)} \\ = 24,18 \text{ m}$$

Installation non conforme 90 m > 24 m :

Il faut augmenter la section du PE.

3-7-Régime TNC et TNS :



Le régime TN peut se décliner selon 2 schémas:

- Régime TNC: dans ce cas le conducteur de Protection Equipotentielle et le Neutre sont Confondus en un seul conducteur appelé PEN de couleur vert-jaune.
- Régime TNS: dans ce cas le conducteur de Protection Equipotentielle et le Neutre sont Séparés. On trouve donc un conducteur de Protection Equipotentielle vert-jaune et un conducteur de Neutre bleu.

On répartira uniformément les prises de terre sur le parcours du conducteur PE.

On fera cheminer le conducteur PE ou PEN à côté des phases sans interposer d'éléments ferromagnétiques.

On raccordera le PEN sur la borne "masse" du récepteur.

On placera toujours le TNC en amont du TNS.

On utilisera toujours le TNS en présence de récepteurs mobiles et lorsque la section est inférieure ou égale à 6mm² en cuivre et 10mm² en aluminium.

Le conducteur PEN comme le PE ne doivent jamais être ni coupé, ni comporté d'appareillages.

Les appareils de protection seront donc:

- Tripolaires lorsque le circuit comprend un PEN (TNC)
- Tétrapolaires (3ph + N) lorsque le circuit comporte un conducteur neutre et un conducteur PE (TNS).

Travail personnel



3-8-Exercices d'application régime TN :

Documents ressources pages K241 à K246 catalogue Merlin Gerin.

Calculer les longueurs maximums satisfaisantes à un déclenchement correct du disjoncteur protégeant le départ considéré des 2 façons cités précédemment :

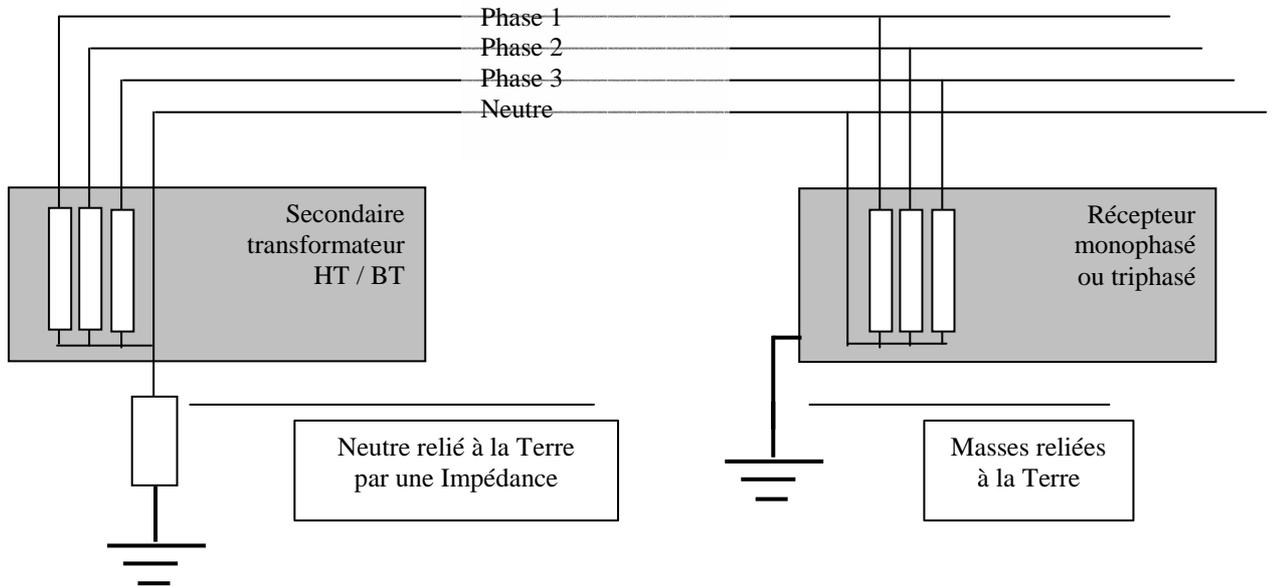
<p>1-Disjoncteur C60N courbe B32 ($I_{mag} = 3 \text{ à } 5 \times I_n$). Réseau 400V Triphasé. Conducteur en cuivre : 130m section Ph = section neutre = section PE = 6 mm^2 Difficulté *</p>	
<p><u>Utilisation des tableaux fabricants :</u></p>	<p><u>Utilisation de la méthode conventionnelle :</u></p> <p style="text-align: center;">La formule précédente s'écrit :</p> <p>Lmax = _____</p>
<p>2-Disjoncteur NS 160N 150A $I_{mag} = 1950A \pm 20\%$. Réseau 400V Triphasé. Conducteur en cuivre : 40m section Ph = section neutre = 50 mm^2 section PE = 25 mm^2 Difficulté **</p>	
<p><u>Utilisation des tableaux fabricants :</u></p>	<p><u>Utilisation de la méthode conventionnelle :</u></p> <p style="text-align: center;">La formule précédente s'écrit :</p> <p>Lmax = _____</p>

<p>3-Disjoncteur NS 250N TMD 250A $I_{mag} = 2500A \pm 20\%$. Réseau 400V Triphasé. Conducteur en aluminium : 80m section Ph = section neutre = section PE = 95 mm^2 Difficulté **</p>	
<p><u>Utilisation des tableaux fabricants :</u></p>	<p><u>Utilisation de la méthode conventionnelle :</u></p> <p style="text-align: center;">La formule précédente s'écrit :</p> <p>Lmax = _____</p>
<p>4-Disjoncteur NS 630N STR43ME 500A $I_{mag} = 6500A \pm 15\%$. Réseau 400V Triphasé. Conducteur en cuivre: 70m section Ph = section neutre = section PE = 185 mm^2 (majoration de 20% de R). Difficulté ***</p>	
<p><u>Utilisation des tableaux fabricants :</u></p>	<p><u>Utilisation de la méthode conventionnelle :</u></p> <p style="text-align: center;">La formule précédente s'écrit :</p> <p>Lmax = _____</p>
<p>5-Disjoncteur NS 400N STR23SE 400A $I_{mag} = 2500A \pm 15\%$. Réseau 231V Triphasé. Conducteur en aluminium: 50m section Ph = section neutre = 150 mm^2 section PE = 70 mm^2 (majoration 15% de R). Difficulté ****</p>	
<p><u>Utilisation des tableaux fabricants :</u></p>	<p><u>Utilisation de la méthode conventionnelle :</u></p> <p style="text-align: center;">La formule précédente s'écrit :</p> <p>Lmax = _____</p>

4-Régime IT :

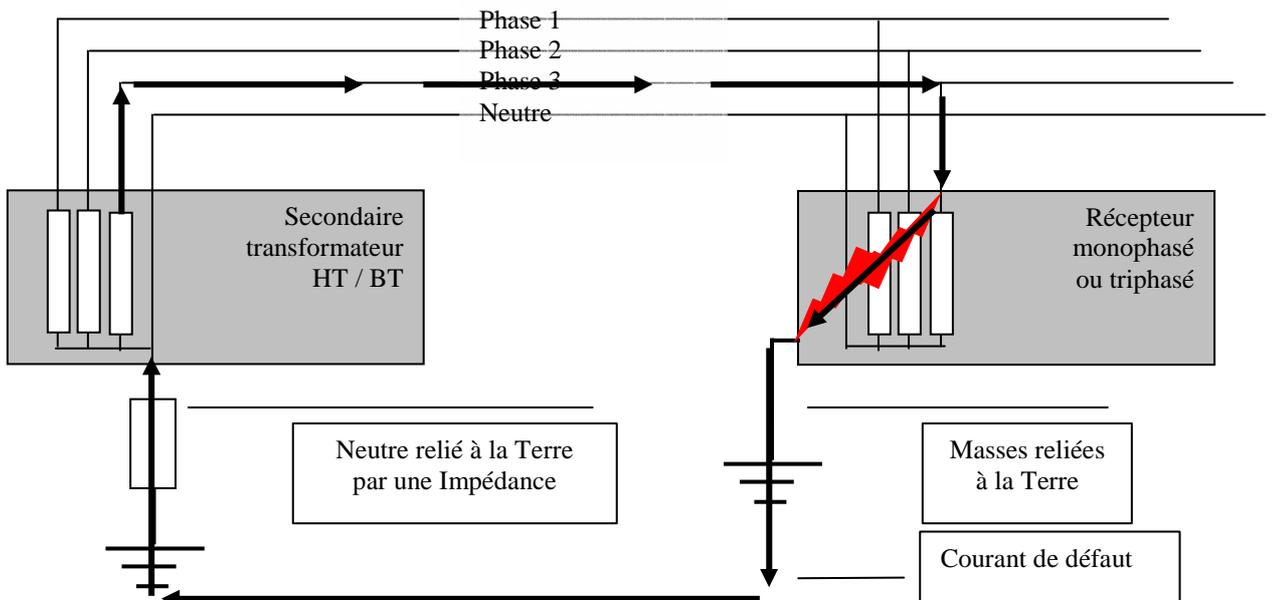
Le neutre du transformateur HT/BT est Isolé de la Terre ou relié à la Terre à travers une Impédance.
Les masses des récepteurs sont reliées à la Terre.

4-1-Installation saine :

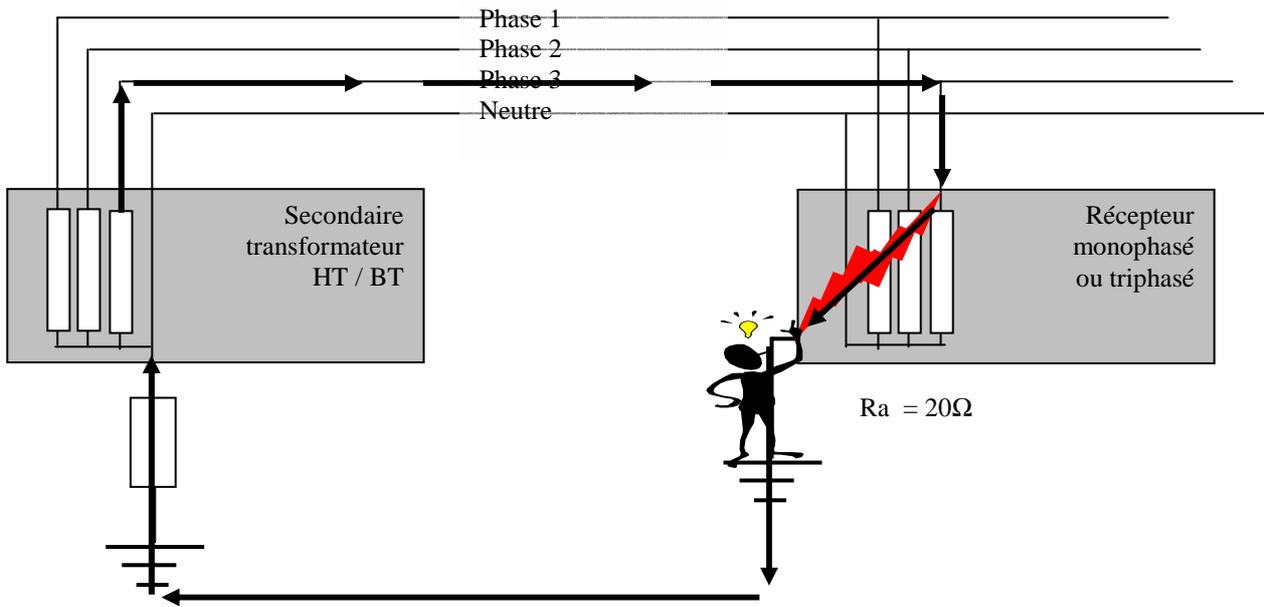


4-2-Installation avec un défaut d'isolement sur la phase 3 :

Un courant de défaut quitte le transformateur par la phase 3, traverse le récepteur et rejoint le neutre du transformateur par la terre (au passage il traverse les 2 résistances de terre celle où est relié le neutre et celle où sont reliées les masses ainsi que l'impédance).



4-3-Calcul du courant de défaut et de la tension de contact :



Si le neutre est isolé de la terre, en fonctionnement normal, le réseau est relié à la terre par l'impédance de fuite du réseau (pour mémoire cette impédance de fuite à la terre d'un câble triphasé, de longueur 1km est égale à 3200Ω) : c'est le schéma IT dit à neutre isolé.

Pour bien fixer le potentiel d'un réseau en IT par rapport à la terre, il est conseillé, surtout s'il est court, de placer une impédance ($Z_n = 1500\Omega$) entre le neutre du transformateur et la terre : c'est le schéma IT dit à neutre impédant.

Quelque soit le cas, on se retrouve avec un schéma équivalent à celui du régime TT.

Le courant de défaut I_d :

$$I_d = 230 / 3200 = 0,07A$$

$$I_d = 230 / 1500 = 0,15 A$$

Ce dernier génère une tension de contact U_c :

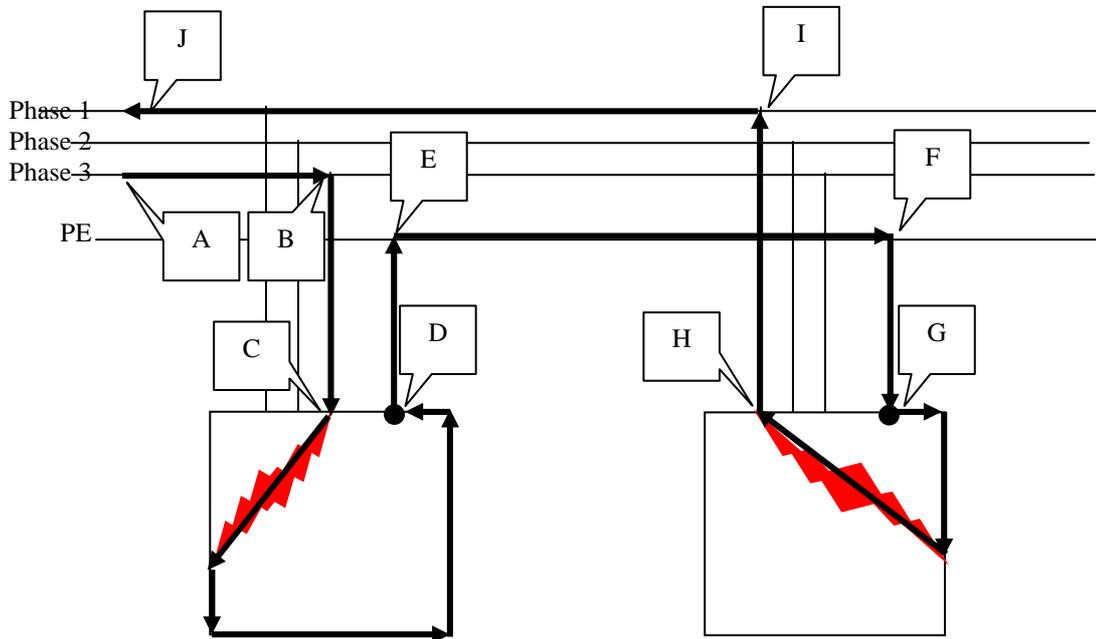
$$U_c = 20 \times 0,07 = 1,4 V$$

$$U_c = 20 \times 0,15 = 3 V$$

Cette tension de contact, inférieure à 50V, très faible, inoffensive permet d'éviter la coupure de l'alimentation. On continuera donc à travailler malgré ce défaut d'isolement mais par contre il faut prévenir de l'existence de ce problème : On installera donc un Contrôleur Permanent d'isolement qui, comme son nom l'indique contrôle en permanence l'isolement de l'installation et prévient dès l'apparition d'un défaut.

4-4-Cas particulier du double défaut et protection des personnes :

En cas de deuxième défaut sur une autre phase on obtient un court-circuit entre phase comme le montre le schéma ci-dessous :



Pour assurer la protection des personnes, au deuxième défaut, en régime IT, on utilise des dispositifs de protection contre les surintensités (fusibles ou disjoncteurs) comme en régime TN.

Les conditions de la protection en schéma TN s'appliquent en prenant compte la tension convenable et une impédance de boucle conventionnelle égale au double de celle du circuit étudié, ce qui correspond à la configuration la plus défavorable

Si le neutre est distribué, la tension de défaut minimale est la tension simple et l'on doit vérifier :

$$I_a \leq I_d = \frac{U_0}{2 \times Z_s}$$

Si le neutre n'est pas distribué, la tension de défaut minimale est la tension composée et l'on doit vérifier :

$$I_a \leq I_d = \frac{U_0 \times \sqrt{3}}{2 \times Z_s}$$

Avec :

I_d : Intensité de défaut.

U_0 : Tension nominale entre phase et neutre = tension simple.

Z_s : Impédance de boucle de défaut, égale à la somme de toutes les impédances parcourues par le courant de défaut (source, conducteurs actifs et conducteur de protection jusqu'au point de défaut).

I_a : Courant assurant le fonctionnement du dispositif de protection dans le temps spécifié.

Si le transformateur est en 400V triphasé, les câbles sont en cuivre et le départ vers le récepteur (longueur BC) est constitué de 50 m de 35mm² :

$$Z_s = 2 \times R_{BC} = 2 \times \rho \times \frac{L}{S} = 2 \times 22,5 \cdot 10^{-3} \times \frac{50}{35} = 64,3 \text{ m}\Omega.$$

Le courant de défaut $I_d = 230 \times \sqrt{3} / 2 \times 0,0643 = 3112 \text{ A}$

Le temps de coupure doit être inférieur à 400 ms (NF C 15 100)

Le déclenchement instantané du disjoncteur de protection (I_a ou I_{mag}) sera pris inférieur à cette valeur et coupera sans problème dans le temps imparti.

La méthode conventionnelle décrite dans la norme NF C 15 105 fait l'hypothèse que les impédances amont réduisent la tension de 20%.

Elle indique donc un courant de défaut $I_d = 0,8 \times 230 \times \sqrt{3} / 2 \times 0,0643 = 2480 \text{ A}$.

Rien n'est changé pour les temps de coupure car les temps de coupure des disjoncteurs sont de l'ordre de 10 à 20 ms.

4-5-Vérification des conditions de déclenchement en régime IT :

Toutefois I_d diminue lorsque la longueur de ligne installée en aval du disjoncteur augmente (si L augmente, R augmente d'où limitation du courant de défaut) il faut donc vérifier les vérifications des conditions de déclenchement.

Si la longueur de ligne installée en aval du disjoncteur est trop importante on peut :

- Choisir un disjoncteur à magnétique bas (mais attention le même disjoncteur sert à la protection des personnes et des installations).
- Augmenter la section des câbles (tous les câbles ou seulement le PEN).
- Utiliser un dispositif différentiel.
- Réaliser une liaison équipotentielle supplémentaire entre les masses simultanément accessibles afin d'abaisser la tension de contact.

Le conducteur de protection doit être à proximité immédiate des conducteurs actifs du circuit (dans le cas contraire, la vérification ne peut se faire que par des mesures effectuées une fois l'installation terminée).

Le principe est le même qu'en régime TN : on fait l'hypothèse que la somme des tensions entre le conducteur de protection à l'origine de chaque circuit en défaut est égale 80% de la tension simple nominale. Devant l'impossibilité pratique de vérifier chaque configuration de double défaut, les calculs sont menés en supposant une répartition identique de la tension entre chacun des 2 circuits en défaut (hypothèse défavorable). Comme en régime TN, on néglige les réactances des conducteurs devant leur résistance. Cette approximation est considérée comme admissible jusqu'à des sections de 120 mm^2 au delà on majorera la résistance.

Le calcul aboutit à vérifier que la longueur du circuit est inférieure à la valeur donnée par la relation suivante :

<p>Neutre non distribué</p> $L_{\max} = \frac{0,8 \times U \times S_{ph}}{2\rho (1 + m) \times I_{mag}}$	<p>Neutre distribué :</p> $L_{\max} = \frac{0,8 \times V \times S_{ph}}{2\rho (1 + m) \times I_{mag}}$
--	--

- avec
- L_{\max} : Longueur maximale en mètres.
 - V : Tension simple entre phase et neutre en V.
 - U : tension composée entre phases en V.
 - S_{ph} : Section de la phase en mm^2 .
 - ρ : Résistivité à la température normale de fonctionnement
 - ρ Cuivre = $22,5 \cdot 10^{-3} = 0,023 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ et ρ Aluminium = $36 \cdot 10^{-3} = 0,037 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$.
 - m : S_1 / S_{pe} avec $S_1 = S_{phase}$ si le circuit considéré ne comporte pas de neutre.
 - $S_1 = S_{neutre}$ si le circuit comporte le neutre.
 - I_{mag} : courant maxi (tolérance) de fonctionnement (A) du déclencheur magnétique.

4-6-Mise en œuvre du régime IT :

La mise en œuvre d'un régime IT nécessite :

- L'installation d'un CPI (Contrôleur Permanent d'Isolement) qui doit signaler le premier défaut (signal sonore ou visuel) . Un seuil d'alarme de 500Ω est préconisé par la NF C 15-100.
- La recherche et la localisation du premier défaut par une équipe compétente du service entretien (voir méthode Schneider page suivante).
- La protection contre les surtensions à fréquence industrielle par installation d'un limiteur de surtension.
- Le déclenchement par dispositif de coupure automatique (disjoncteurs ou fusibles) au 2^{ème} défaut.

Conditions préalables

Elles sont résumées dans le tableau F54 et repérées sur la figure F55.

fonctions minimales à assurer	appareillage	exemple
protection contre les surtensions à fréquence industrielle	1 : limiteur de surtension	Cardew C
impédance de limitation (pour neutre impédant seulement)	2 : impédance	impédance Zx
contrôle global de l'isolement et signalisation du défaut simple	3 : contrôleur permanent d'isolement	Vigilohm TR22A ou ou XM100
coupure automatique au deuxième défaut	4 : protection omnipolaire	disjoncteur Compact ou DDR-MS
protection du neutre contre les surintensités		
localisation du défaut simple	5 : avec dispositif de recherche sous tension (ou par ouverture successive des départs)	Vigilohm System

Tableau F54 : Fonctions à réaliser en schéma IT.

Ce tableau indique les dispositions à prendre pour qu'une installation IT (à neutre isolé ou impédant) soit conforme à la norme NF C15-100 et au décret de protection des travailleurs lorsque toutes les masses sont interconnectées et mises à la terre.

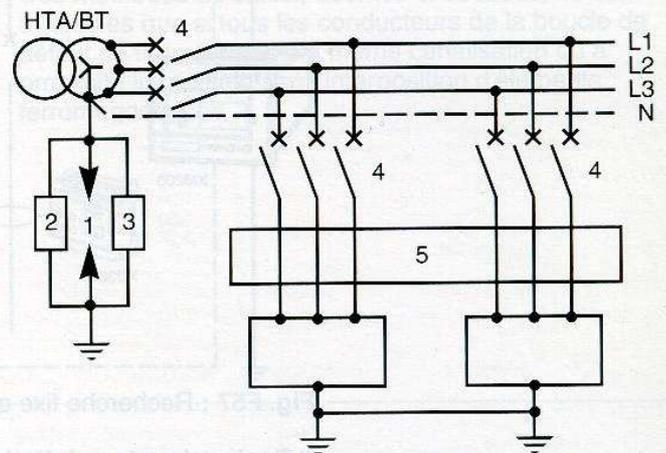


Fig. F55 : Mise en œuvre du schéma IT.

Exemples de matériel

■ **Recherche mobile manuelle**

Le générateur peut être fixe (exemple : XM100) ou mobile (exemple : GR10X portable permettant le contrôle hors tension) et le récepteur ainsi que la pince ampèremétrique sont mobiles.

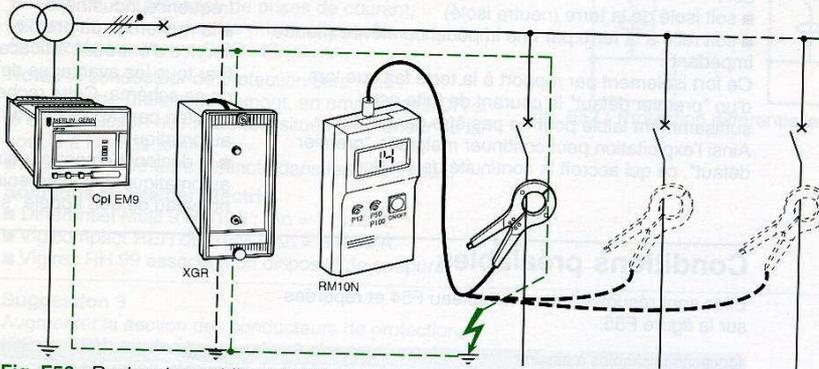


Fig. F56 : Recherche mobile manuelle.

■ **Recherche fixe automatique**

Le contrôleur permanent d'isolement XM100 et les détecteurs XD1 ou XD12 associés à des tores installés sur chaque départ permettent de disposer d'un système de recherche automatique sous tension.

En plus, l'appareil affiche le niveau d'isolement et possède deux seuils : un seuil de prévention et un seuil d'alarme.

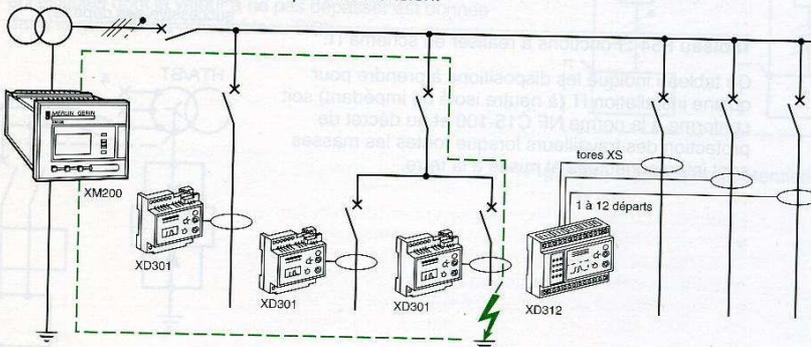


Fig. F57 : Recherche fixe automatique.

■ **Recherche et exploitation automatique**

Le Vigilohm System permet également de communiquer avec une imprimante et/ou un PC qui permet de disposer de la vue d'ensemble du réseau, de son niveau d'isolement et de l'historique (chronologie) de l'évolution de l'isolement pour chaque départ.

Le contrôleur permanent d'isolement XM100C et les détecteurs XL08 ou XL16, associés à des tores installés sur chaque départ, permettent cette recherche et exploitation automatique.

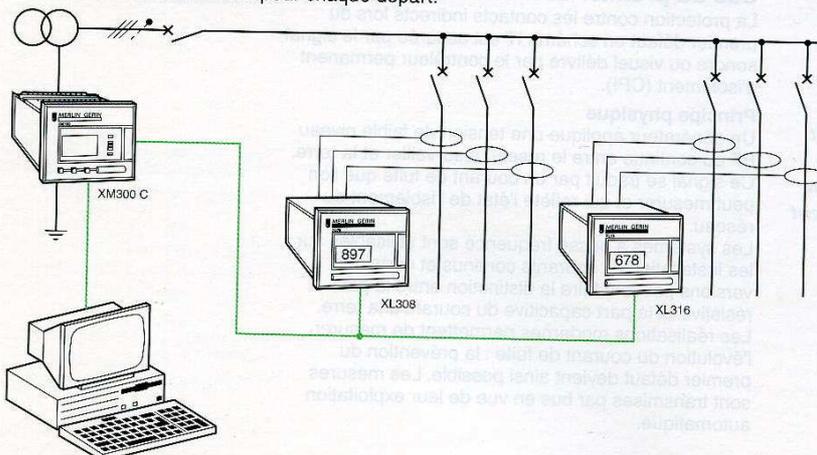


Fig. F58 : Recherche et exploitation automatique.

Travail personnel



4-7-Exercices d'application régime IT :

Documents ressources pages K255 à K260 catalogue Merlin Gerin.

Calculer les longueurs maximums satisfaisantes à un déclenchement correct du disjoncteur protégeant le départ considéré des 2 façons cités précédemment :

<p>1-Disjoncteur C60a courbe C25 ($I_{mag} = 7 \text{ à } 10 \times I_n$). Réseau 400V Triphasé neutre non distribué. Conducteur en cuivre : 50m section Ph = section PE = 4 mm² Difficulté *</p>	
<p><u>Utilisation des tableaux fabricants :</u></p>	<p><u>Utilisation de la méthode conventionnelle :</u></p> <p style="text-align: center;">La formule précédente s'écrit :</p> <p>Lmax = _____</p>
<p>2-Disjoncteur NS 80H MA $I_{mag} = 480A \pm 20\%$. Réseau 400V Triphasé neutre distribué. Conducteur en cuivre : 140m section Ph = section neutre = 70 mm² section PE = 35 mm² Difficulté **</p>	
<p><u>Utilisation des tableaux fabricants :</u></p>	<p><u>Utilisation de la méthode conventionnelle :</u></p> <p style="text-align: center;">La formule précédente s'écrit :</p> <p>Lmax = _____</p>

<p>3-Disjoncteur NS 250N TMD 250A $I_{mag} = 2500A \pm 20\%$. Réseau 231V Triphasé neutre non distribué. Conducteur en aluminium : 20m section Ph = 95 mm^2 section PE = 50 mm^2 Difficulté ***</p>	
<p><u>Utilisation des tableaux fabricants :</u></p>	<p><u>Utilisation de la méthode conventionnelle :</u></p> <p style="text-align: center;">La formule précédente s'écrit :</p> <p>Lmax = _____</p>
<p>4-Disjoncteur NS 630N STR23SE $I_{mag} = 6300A \pm 15\%$. Réseau 400V Triphasé neutre distribué. Conducteur en cuivre: 50m section Ph = section neutre = section PE = 185 mm^2 (majoration de 20% de R). Difficulté ***</p>	
<p><u>Utilisation des tableaux fabricants :</u></p>	<p><u>Utilisation de la méthode conventionnelle :</u></p> <p style="text-align: center;">La formule précédente s'écrit :</p> <p>Lmax = _____</p>
<p>5-Disjoncteur NS 1000N 800A $I_{mag} = 8000A \pm 15\%$. Réseau 231V Triphasé neutre distribué Conducteur en aluminium : 30m section Ph = section neutre = 240 mm^2 section PE = 120 mm^2 (majoration 25% de R). Difficulté ****</p>	
<p><u>Utilisation des tableaux fabricants :</u></p>	<p><u>Utilisation de la méthode conventionnelle :</u></p> <p style="text-align: center;">La formule précédente s'écrit :</p> <p>Lmax = _____</p>

5-Récapitulatif des différents SLT :

	TT	TN	IT (2 ^{ème} défaut)	
			Défaut double avec Neutre distribué	Défaut double avec Neutre non distribué
Courant de défaut Id	$\frac{U_0}{R_a + R_b}$	$\frac{0,8 U_0 S_{ph}}{\rho (1 + m) L}$	$\frac{0,8 U_0 S_{ph}}{2 \rho (1 + m) L}$	$\frac{0,8 \sqrt{3} U_0 S_{ph}}{2 \rho (1 + m) L}$
Tension de contact Uc	$\frac{U_0 R_a}{R_a + R_b}$	$\frac{0,8 U_0}{1 + m}$	$\frac{0,8 m U_0}{2 (1 + m)}$	$\frac{0,8 \sqrt{3} m U_0}{2 (1 + m)}$
Longueur maximum de la ligne	Pas de contrainte	$\frac{0,8 U_0 S_{ph}}{\rho (1 + m) I_a}$	$\frac{0,8 U_0 S_{ph}}{2 \rho (1 + m) I_a}$	$\frac{0,8 U_0 \sqrt{3} S_{ph}}{2 \rho (1 + m) I_a}$
Mise en oeuvre	Solution la plus simple à étudier et à installer.	Vérification des déclenchements à l'étude, à la mise en service et annuellement.	Vérification des déclenchements du 2 ^{ème} défaut doit être effectuée.	
	Extension sans calcul des longueurs de canalisation.	En cas d'extension il faut reprendre les calculs des longueurs de canalisation.	En cas d'extension il faut reprendre les calculs des longueurs de canalisation.	
	Intensité du courant de défaut limitée par les résistances de prise de terre.	Intensité du courant de défaut importante.	Intensité du courant de défaut importante (2 ^{ème} défaut).	
Protection des personnes			Pas de déclenchement au 1 ^{er} défaut : Prévention par CPI.	
	Déclenchement obligatoire au 1 ^{er} défaut : Protection par D Différentiel R.	Déclenchement obligatoire au 1 ^{er} défaut : Protection par disjoncteurs ou fusibles.	Protection du 2 ^{ème} défaut par disjoncteurs ou fusibles.	
Exploitation de l'installation	Ne nécessite pas une permanence de surveillance en exploitation (sauf tests des DDR).	Ne nécessite pas une permanence de surveillance en exploitation (sauf vérifications des cond de déclenchement).	Nécessite un personnel d'entretien disponible pour la recherche et l'élimination du 1 ^{er} défaut.	
Inconvénients	Coût des différentiels.	Intensité du courant de défaut importante.	Coût de l'installation et du personnel..	
Avantages	Simplicité.	Gain d'un conducteur (PEN) et d'1 pôle disjoncteur en TNC. Pas de surcoût des différentiels.	Continuité de service. Pas de surcoût des différentiels.	

Choix des disjoncteurs en fonction des SLT :

rappel : protection contre les contacts indirects	schémas des liaisons à la terre			
	TT par DDR	TN-C assurée par disjoncteur ou fusible avec $I_m \geq I_a/Z_s$	TN-S selon mode de protection choisi	IT par disjoncteur ou fusibles et un DDR au moins par groupe de masses interconnectées
circuit à protéger				
monophasé P-N				
2P				
triphasé 3P				
tétrapasé 3P-N $S_n \geq S_{ph}$				
3P-N $S_n < S_{ph}$				

Tableau G67 : Tableau de choix relatif à la protection du conducteur neutre.

(A) NF C 15-100 § 4-431.2.1 (schéma TT ou TN)
 Si $S_n \geq S_{ph}$, la détection de surintensité dans le conducteur neutre n'est pas nécessaire.
 Si $S_n < S_{ph}$, la détection de surintensité dans le conducteur neutre est nécessaire.
 Elle doit couper les phases, mais pas nécessairement le neutre.
 Il est admis de ne pas installer de détection de surintensité dans le conducteur neutre entre la source et le TGBT.

(B) NF C 15-100 § 4-431.2.2 (schéma IT)
 La détection de surintensité dans le conducteur neutre est nécessaire. Elle doit couper les phases et le neutre.
 La détection de surintensité dans le conducteur neutre n'est pas nécessaire :
 ■ si le conducteur neutre est protégé contre les courts-circuits, ou
 ■ si le circuit est protégé par un DDR dont le courant différentiel résiduel est inférieur ou égal à 0,15 fois le courant admissible dans le neutre. Il doit couper les phases et le neutre.

Cas particuliers d'utilisation des DDR en fonction des SLT :

	TT	TN	IT
Cas où une masse ou un groupe de masse est reliée à une prise de terre séparée (local éloigné par exemple)		TNS obligatoire	NON
Prises de courant inférieure ou égale à 32 A	DDR HS $\leq 30mA$	DDR HS $\leq 30mA$	DDR HS $\leq 30mA$
Prises de courant (quelque soit le courant) dans des locaux mouillées ou installations temporaires	DDR HS $\leq 30mA$	DDR HS $\leq 30mA$	DDR HS $\leq 30mA$
Alimentation de salles d'eau, piscines, chantiers, caravanes, bateaux de plaisance, installations foraines	DDR HS $\leq 30mA$	DDR HS $\leq 30mA$	DDR HS $\leq 30mA$
Locaux à risques d'incendie et d'explosion	DDR MS $\leq 300mA$	DDR MS $\leq 300mA$ TNS obligatoire	DDR MS $\leq 300mA$
Masses non reliées à la terre (local sec)		NON	NON
Impédance de boucle trop élevé (grande longueur de ligne)	NON		

6-Mesures et méthodes utilisés pour mesurer les temps de déclenchement :

Les réglages des appareils sont réalisés lors de la fabrication dans la chaîne automatisée par un poste particulier. L'appareil est fermé sur un court-circuit et un courant est injecté par un générateur de courant très précis. Le point de déclenchement est alors réglé puis scellé. Une mesure de contrôle est réalisée pour valider l'appareil. L'ensemble de la manipulation, pilotée par un logiciel informatique, dure moins d'une seconde par appareil.

En cours de vie, l'expérience démontre que les appareils sont stables.

Une mesure peut éventuellement être faite à partir des mêmes conditions :

- fermeture de l'appareil sur un circuit de faible impédance
- injection d'un courant réglable à partir d'un générateur de courant,
- mesure du courant à l'aide d'une pince ampèremétrique précise, visualisation du temps d'ouverture (extinction complète de l'arc) à l'aide d'un oscilloscope en mesure de tension sur l'impédance.

La réalisation des tests de déclenchement est effectivement conseillée mais en pratique ce conseil est très peu suivi par les installateurs.

Des appareils de mesure sont développés par les fabricants d'appareils de métrologie. Vous trouverez ci-dessous les adresses de quelques sites présentant une partie de l'offre existante :

Groupe LEM :

[http://www.lem.com/inet/lem.nsf/\\$wFSS](http://www.lem.com/inet/lem.nsf/$wFSS)

française d'instrumentation :

<http://www.distrame.fr/index.asp>

<http://www.distrame.fr/articles.asp?cat=075>

Sté Euro-Test :

<http://www.euro-tests.com/pages/p53.html>

Tests des disjoncteurs selon la norme CEI 9472 :

Séquences d'essais	Type de disjoncteur				Essais à réaliser successivement sur un même disjoncteur	Essais supplémentaires pour disjoncteurs déclarés aptes au sectionnement
	Cat. A	Cat. B				
		I _{cw} < I _{cs}	I _{cw} = I _{cs}	I _{cw} = I _{cs} = I _{cu}		
Séquence 1 Caractéristiques générales de fonctionnement	X	X	X	X	1. vérification des seuils de déclenchement 2. propriétés diélectriques, test : U _{imp} entre phases U _{imp} entre phase/masse U _{imp} entre entrée/Sortie terminals 3. endurance mécanique 4. endurance électrique 5. fonctionnement en surcharge à 6 I _n 6. tenue diélectrique à 2 U _i (50 Hz - 1 mm) 7. échauffement sous I _n 8. vérification de la non dérive des déclencheurs de surcharge	1. idem 2. propriétés diélectriques idem idem U _{imp} + 25 % entre E/S + test courant de fuite (≤ 0,5 mA par pôle sous 110 % U _e) 3. idem 4. idem 5. idem 6. idem + test courant de fuite (≤ 2 mA par pôle sous 110 % U _e) 7. idem 8. idem
Séquence 2 Performances de coupure en service I _{cs}	X	X			1. trois coupures successives du courant I _{cs} selon le cycle O - 3 mm - FO - 3 mm - FO 2. vérification de l'aptitude au fonctionnement (5% de l'endurance électrique) 3. tenue diélectrique à 2 U _i (50 Hz - 1 mm) 4. échauffement sous I _n 5. vérification de la non dérive des déclencheurs de surcharge	1. idem 2. idem 3. idem + test courant de fuite (≤ 2 mA par pôle sous 110 % U _e) 4. idem 5. idem
Séquence 3 Pouvoir de coupure ultime I _{cu}	X (1)	X (1)	X (1)		1. vérification des déclencheurs de surcharge à 2 I _r 2. deux coupures successives du courant I _{cu} selon le cycle O - 3 mm - FO 3. tenue diélectrique à 2 U _e (50 Hz, 1 mm) 4. vérification de la non dérive des déclencheurs de surcharge	1. idem 2. idem 3. idem + test courant de fuite (≤ 6 mA par pôle sous 110 % U _e) 4. idem
Séquence 4 Courant assigné de courte durée admissible I _{cw}		X			1. vérification des déclencheurs de surcharge à 2 I _r 2. essai de tenue de l'appareil au courant assigné de courte durée admissible pendant le temps indiqué par le constructeur 3. échauffement sous I _n 4. deux coupures successives sous la tension max du courant I _{cw} le cycle O - 3 mm - FO 5. tenue diélectrique à 2 U _i (50 Hz, 1 mm) 6. vérification de la non dérive des déclencheurs de surcharge	1. idem 2. idem 3. idem 4. idem 5. idem 6. idem
Séquence d'essais combinés			X	X	1. vérification des déclencheurs de surcharge à 2 I _r 2. essai de tenue de l'appareil au courant assigné de courte durée admissible pendant le temps indiqué par le constructeur 3. trois coupures successives du courant I _{cs} selon le cycle O - 3 mm - FO - 3 mm - FO 4. vérification de l'aptitude au fonctionnement (5% de l'endurance électrique) 5. tenue diélectrique à 2 U _i (50 Hz, 1 mm) 6. échauffement sous I _n 7. vérification de la non dérive des déclencheurs de surcharge	1. idem 2. idem 3. idem 4. idem 5. idem + test de courant de fuite (≤ 2 mA/pôle sous 110 % U _e) 6. idem 7. idem

(1) si I_{cu} = I_{cs} cette séquence n'est pas nécessaire.

fig. 20 : les tests regroupés en séquence selon la norme CEI 947-2.

K236 Etude d'une installation
Protection des personnes
et des biens

Schéma de liaison à la terre TT

Choix d'un dispositif différentiel résiduel (DDR)

Disjoncteurs différentiels avec protection contre les surintensités

Multi 9 avec bloc Vigi	courant nominal (A)	tension nominale CA (50/60 Hz) (1) (V)	nombre de pôles	sensibilité IΔn (A) (2)		retard intentionnel (ms)		classe (fonct. composante continue)
				HS	MS	retard	temps total de déclench. (ms) (3)	
DT40	40 à 30 °C	230/400	2-3-4	HS : 0,03		0	30	se reporter aux pages correspondantes du chapitre A
DT40 Vigi				MS : 0,3	0	170		
XC40 + bloc Vigi Reflex	38 à 20 °C	220 à 380	2-3-4	HS : 0,03		0	30	
				MS : 0,3	0	30		
C60a/N/H/L + bloc Vigi/Si	63 à 30 °C cal ≤ 25 tous calibres	230 à 400	2-3-4	HS : 0,01		0	30	
				HS : 0,03		0	30	
				MS : 0,3		0	30	
				MS : 0,3	S	170		
				MS : 1	S	170		
C120N/H + bloc Vigi/Si	125 à 40 °C	230/400	2-3-4	HS : 0,03		0	30	
				MS : 0,3		0	30	
				MS : 0,3	S	170		
				MS : 1	S	170		
NG125N + bloc Vigi/Si	125 à 40 °C	230/500	3-4	HS : 0,03		0	30	
MS : 0,3-1-3(4)				0(4)	30			
NG125L + bloc Vigi/Si	80 à 40 °C		2-3-4	MS : 0,3-1-3(4)		S(4)	170	
Vigicompact								
NS100N/H/L MH	100 à 40 °C	200 à 440	2-3-4	0,03		0	40	A
				0,3		60	140	
				1		150	300	
				3 - 10		310	800	
NSA160N MH	160 à 40 °C	200 à 440	2-3-4	0,03		0	40	A
				0,3		60	140	
				1		150	300	
				3		310	800	
NS160N/H/L MH	160 à 40 °C	200 à 550	2-3-4	0,03		0	40	A
				0,3		60	140	
				1		150	300	
				3 - 10		310	800	
NS250N/H/L MH	250 à 40 °C	200 à 550	2-3-4	0,03		0	40	A
				0,3		60	140	
				1		150	300	
				3 - 10		310	800	
NS400N/H/L MB	400 à 40 °C	200 à 550	2-3-4	0,3		0	40	A
				1		60	140	
				3		150	300	
				10 - 30		310	800	
NS630N/H/L MB	630 à 40 °C	220 à 550	2-3-4	0,3		0	40	A
				1		60	140	
				3		150	300	
				10 - 30		310	800	

(1) Pour utilisation en 400 Hz, voir pages K78 à K80.

(2) Valeur de fonctionnement : déclenchement pour IΔn, non-déclenchement pour IΔn/2.

(3) Temps total de déclenchement pour 2IΔn.

(4) Réglage par commutateurs pour les positions instantanée, sélective ou retardée pour les sensibilités IΔn.

Schéma de liaison à la terre TN

Longueurs maximales des canalisations

Longueurs maximales (en mètres) des canalisations en schéma TN protégées contre les contacts indirects par des disjoncteurs.

P25M

Réseau triphasé en 400 V, câble cuivre, S_{ph} = S_{PE}, U_L = 50 V, en schéma TN.

C60N/L, C120H

Courbe B
Réseau triphasé en 400 V, câble cuivre, S_{ph} = S_{PE}, U_L = 50 V, en schéma TN.

C60a/N/H/L, C120H, NG125N/L

Courbe C
Réseau triphasé en 400 V, câble cuivre, S_{ph} = S_{PE}, U_L = 50 V, en schéma TN.

C60N, C120H, NG125N/L

Courbe D C60L Courbe K
Réseau triphasé en 400 V, câble cuivre, S_{ph} = S_{PE}, U_L = 50 V, en schéma TN.

C60LMA, NG125LMA

Courbe MA
Réseau triphasé en 400 V, câble cuivre, S_{ph} = S_{PE}, U_L = 50 V, en schéma TN.

Facteurs de correction à appliquer aux longueurs données par les tableaux de 1 à 22

réseaux 400 V ⁽¹⁾ entre phases	m = $\frac{S_{\text{phase}}}{S_{\text{PE}}}$			
	1	2	3	4
câble cuivre	1	0,67	0,50	0,40
câble alu	0,62	0,41	0,31	0,25

(1) Pour les réseaux 237 V entre phases, appliquer, en plus, le coefficient 0,57.
Pour les réseaux 237 V monophasés (entre phase et neutre), ne pas appliquer ce coefficient supplémentaire

Sphases	calibre (A)												
mm ²	0,16	0,24	0,4	0,6	1	1,6	2,4	4	6	10	16	20	25
1,5				694	416	260	173	104	69	41	26	20	16
2,5					694	434	289	173	115	69	43	34	27
4						694	462	277	185	111	69	55	44
5 (2 x 2,5)						868	578	347	231	138	87	69	55

Sphases	calibre (A)										
mm ²	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	
1,5	120	75	60	48	38	30	24	19	15	12	
2,5	200	125	100	80	63	50	40	32	25	20	
4	320	200	160	128	100	80	64	51	40	32	
6	480	300	240	192	150	120	96	76	60	48	
10	800	500	400	320	250	200	160	127	100	80	
16		800	640	512	400	320	256	203	160	128	
25				800	625	500	400	317	250	200	
35					875	700	560	444	350	280	
50							800	635	500	400	

Sphases	calibre (A)																
mm ²	1	2	3	4	6	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	
1,5					150	100	60	38	30	24	19	15	12	10	8	6	5
2,5			500	333	250	167	100	63	50	40	31	25	20	16	13	10	8
4				533	400	267	160	100	80	64	50	40	32	25	20	16	13
6					600	400	240	150	120	96	75	60	48	38	30	24	19
10						667	400	250	200	160	125	100	80	63	50	40	32
16							640	400	320	256	200	160	128	102	80	64	51
25								625	500	400	313	250	200	159	125	100	80
35								875	700	560	438	350	280	222	175	140	112
50									800	625	500	400	317	250	200	160	125

Sphases	calibre (A)															
mm ²	1	2	3	4	6	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
1,5	429	214	143	107	71	43	27	21	17	13	11	9	7	5	4	3
2,5	714	357	238	179	119	71	45	36	29	22	18	14	11	9	7	6
4		571	381	286	190	114	71	57	46	36	29	23	18	14	11	9
6			857	571	429	286	171	107	86	69	54	43	34	27	21	17
10				952	714	476	286	179	143	114	89	71	57	45	36	29
16						762	457	286	229	183	143	114	91	73	57	46
25							714	446	357	286	223	179	143	113	89	71
35								625	500	400	313	250	200	159	125	100
50									893	714	571	446	357	286	227	179

Sphases	calibre (A)										
mm ²	1,6	2,5	4	6,3	10	12,5	16	25	40	63	80
1,5	100	100	100	80	42	40	26	17	10	7	5
2,5	167	167	167	133	69	67	44	28	17	11	9
4	267	267	267	213	111	107	70	44	28	18	14
6		400	400	320	167	160	105	67	42	27	21
10			667	533	278	267	175	111	69	44	35
16				853	444	427	281	178	111	71	56
25						667	439	278	174	111	87
35							933	614	389	243	156
50								877	556	347	222

Dans ces tableaux :

■ il est tenu compte de l'influence des réactances des conducteurs pour les fortes sections, en augmentant la résistance de :

- 15% pour S = 150 mm²
- 20% pour S = 185 mm²
- 25% pour S = 240 mm²
- 30% pour S = 300 mm²

■ 0,023 Ω mm²/m (Cu) = 0,037 Ω mm²/m (Alu)

■ le fonctionnement du magnétique est garanti pour I_m ± 20 %. Les calculs ont été effectués dans le cas le plus défavorable soit pour I_m + 20 %.

K242 Etude d'une installation
Protection des personnes
et des biens

Schéma de liaison à la terre TN

Longueurs maximales des canalisations

NS80H-MA

Réseau triphasé 400 V, câble cuivre,
Sph = Spe, $U_L = 50$ V en schéma TN.

NS100N/H/L

Déclencheur type TM-G
Réseau triphasé 400 V, câble cuivre, Sph = Spe,
 $U_L = 50$ V en schéma TN.

NS100N/H/L

Déclencheur type MA
Réseau triphasé 400 V, câble cuivre, Sph = Spe,
 $U_L = 50$ V en schéma TN.

NS160N/H/L à NS630N/H/L

Déclencheur type MA
Réseau triphasé 400 V, câble cuivre, Sph = Spe,
 $U_L = 50$ V en schéma TN.

Facteurs de correction à appliquer aux réseaux 400 V entre phases (1)

m = Sph/Spe	1	2	3	4
câble cuivre	1	0,67	0,5	0,4
câble alu	0,62	0,41	0,31	0,25

(1) : Pour les réseaux 237 V entre phases, appliquer un coefficient 0,57 supplémentaire.
Pour les réseaux 237 V monophasés (entre neutre et phase), ne pas appliquer ce coefficient supplémentaire.

(mm ²)	Sphases calibre (A)												
	2,5		6,3		12,5		25		50		80		
ln (A)	Im (A)	15	35	35	88	75	175	150	350	300	700	480	1120
1,5		333	143	143	57	67	29	33	14	17	7	10	4
2,5		556	238	238	95	111	48	56	24	28	12	17	7
4		889	381	381	152	178	76	89	38	44	19	28	12
6		1333	571	571	227	267	114	133	57	67	29	42	18
10			952	952	379	444	190	222	95	111	48	69	30
16			1524	1524	606	711	300	356	152	178	76	111	48
25					947	1111	476	556	238	278	119	174	74
35					1326	1556	667	778	333	389	167	243	104
50							952	1111	476	556	238	347	149
70							1333	1556	667	778	333	486	208

(mm ²)	Sphases calibre (A)							
	16		25		40		63	
ln (A)	Im (A)	63	80	80	125	125	160	160
1,5		79	63	63	40	40	40	40
2,5		132	104	104	67	67	67	67
4		212	167	167	107	107	107	107
6		317	250	250	160	160	160	160
10		529	417	417	267	267	267	267
16		847	667	667	427	427	427	427
25			1042	1042	667	667	667	667
35			1458	1458	933	933	933	933
50					2083	2083	2083	2083
70							1867	1867

(mm ²)	Sphases calibre (A)												
	2,5		6,3		12,5		25		50		100		
ln (A)	Im (A)	15	35	35	88	75	175	150	350	300	700	600	1400
1,5		333	143	143	57	67	29	33	14	17	7	8	4
2,5		556	238	238	95	111	48	56	24	28	12	14	6
4		889	381	381	152	178	76	89	38	44	19	22	10
6		1333	571	571	227	267	114	133	57	67	29	33	14
10			952	952	379	444	190	222	95	111	48	56	24
16			1524	1524	606	711	300	356	152	178	76	89	38
25					947	1111	476	556	238	278	119	138	60
35					1326	1556	667	778	333	389	167	194	85
50							952	1111	476	556	238	278	119
70							1333	1556	667	778	333	389	167
95												528	226
120												667	286
150												724	310
185												856	367

(mm ²)	Sphases calibre (A)										
	100		150		220		320		500		
ln (A)	Im (A)	600	1400	1200	1950	1760	2860	2560	4160	4000	6500
1,5		8	4	4	3	3	2	2	1	1	1
2,5		14	6	7	4	5	3	3	2	2	1
4		22	10	11	7	8	5	5	3	3	2
6		33	14	17	10	11	7	8	5	5	3
10		56	24	28	17	19	12	13	8	8	5
16		89	38	44	27	30	19	20	13	13	8
25		139	60	68	43	47	29	33	20	21	13
35		194	85	97	60	66	41	46	28	29	18
50		278	119	139	85	95	58	65	40	42	26
70					120	133	82	91	56	58	36
95						180	111	124	76	79	49
120								156	96	100	62
150										108	67
185										128	79

Dans ces tableaux :

- il est tenu compte de l'influence des réactances des conducteurs pour les fortes sections, en augmentant la résistance de :
 - 15% pour S = 150 mm²
 - 20% pour S = 185 mm²
 - 25% pour S = 240 mm²
 - 30% pour S = 300 mm²
- 0,023 Ω mm²/m (Cu) = 0,037 Ω mm²/m (Alu)
- le fonctionnement du magnétique est garanti pour Im ± 20 %. Les calculs ont été effectués dans le cas le plus défavorable soit pour Im + 20 %.

NSA160N

Déclencheur type TM-D
Réseau triphasé 400 V, câble cuivre,
Sph = Spe, U_L = 50 V en schéma TN.

Sphases (mm ²)	calibre (A)				
	In (A)	80	100	125	160
	1000	1000	1000	1250	1250
1,5	5	5	5	4	4
2,5	8	8	8	7	7
4	13	13	13	11	11
6	20	20	20	16	16
10	33	33	33	27	27
16	53	53	53	43	43
25	83	83	83	67	67
35	117	117	117	93	93
50	167	167	167	133	133
70	233	233	233	187	187

NS100N/H/L

Déclencheur type TM-D
Réseau triphasé 400 V, câble cuivre,
Sph = Spe, U_L = 50 V en schéma TN.

Sphases (mm ²)	calibre (A)						
	In (A)	16	25	40	63	80	100
	190	300	500	500	650	800	800
1,5	26	17	10	10	8	6	6
2,5	44	28	17	17	13	10	10
4	70	44	27	27	21	17	17
6	105	67	40	40	31	25	25
10	175	111	67	67	51	42	42
16	281	178	107	107	82	67	67
25		278	167	167	128	104	104
35		689	233	233	179	146	146
50			333	333	256	208	208
70				467	389	292	292
95					487	396	396

NS160N/H/L à NS250N/H/L

Déclencheur type TM-D
Réseau triphasé 400 V, câble cuivre,
Sph = Spe, U_L = 50 V
en schéma TN.

Sphases (mm ²)	calibre (A)							
	In (A)	80	100	125	160	200	250	2500
	1000	1250	1250	1250	1000	2000	1250	2500
1,5	5	4	4	4	5	3	4	2
2,5	8	7	7	7	8	4	7	3
4	13	11	11	11	13	7	11	5
6	20	16	16	16	20	10	16	8
10	33	27	27	27	33	17	27	13
16	53	43	43	43	53	27	43	21
25	83	67	67	67	83	42	67	33
35	117	93	93	93	117	58	93	47
50	167	133	133	133	167	83	133	67
70	233	187	187	187	233	117	187	93
95	317	253	253	253	317	158	253	127
120	400	320	320	320	400	200	320	160
150		348	348	348	435	217	348	174
185					514	257	411	205
240							512	256
300							615	307

Dans ces tableaux :

- il est tenu compte de l'influence des réactances des conducteurs pour les fortes sections, en augmentant la résistance de :
 - 15% pour S = 150 mm²
 - 20% pour S = 185 mm²
 - 25% pour S = 240 mm²
 - 30% pour S = 300 mm²
- 0,023 Ω mm²/m (Cu) = 0,037 Ω mm²/m (Alu)
- le fonctionnement du magnétique est garanti pour Im ± 20 %. Les calculs ont été effectués dans le cas le plus défavorable soit pour Im + 20 %.

K244 Etude d'une installation
Protection des personnes
et des biens

Schéma de liaison à la terre TN

Longueurs maximales des canalisations

NS100N/H/L à NS250N/H/L

Déclencheur type STR22SE/GE

Réseau triphasé 400 V, câble cuivre,
Sph = Spe, U_L = 50 V en schéma TN.
Les valeurs de seuil court retard indiquées pour
chaque déclencheur correspondent à :
I_r = 0,4 et 1 x I_n
I_m = 2, 5 et 10 x I_r.

Exemple

Pour un déclencheur STR22SE 100 A :

- I_r = 0,4 x 100 = 40 A
- I_m = 2 x 40 = 80 A
- I_m = 5 x 40 = 200 A
- I_m = 10 x 40 = 400 A
- I_r = 1 x 100 = 100 A
- I_m = 2 x 100 = 200 A
- I_m = 5 x 100 = 500 A
- I_m = 10 x 100 = 1000 A.

I _m (A)	32	80	160	200	400	500	1000
STR22SE 40 A	■	■	■	■	■	■	■
STR22SE 100 A	■	■	■	■	■	■	■
Sphases (mm ²)							
1,5	163	65	33	26	13	10	5
2,5	272	109	54	43	22	17	9
4	435	174	87	70	35	28	14
6	652	261	130	104	52	42	21
10	1087	435	217	174	87	70	35
16	1739	696	348	278	139	111	56
25	2717	1087	543	435	217	174	87
35	3804	1522	761	609	304	243	122
50	5435	2174	1087	870	435	348	174
70		3043	1522	1217	609	487	243
95			2065	1652	826	661	330
120			2609	2087	1043	835	417
150			2835	2268	1134	907	453
185			3351	2681	1340	1072	535
240			4174	3339	1669	1335	668
300			5017	4013	2006	1605	802

I _m (A)	128	200	320	500	640	800	1000	1250	1600	2500
STR22SE 160 A	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
STR22SE 250 A	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Sphases (mm ²)										
1,5	41	26	16	10	8	7	5	4	3	2
2,5	68	43	27	17	14	11	9	7	5	3
4	109	70	43	28	22	17	14	11	9	6
6	163	104	65	42	32	26	21	17	13	8
10	272	174	109	70	54	43	35	28	22	14
16	435	278	174	111	87	70	58	45	35	22
25	680	435	272	174	136	109	87	70	54	35
35	952	609	380	243	190	152	122	97	76	49
50	1361	870	543	348	272	217	174	139	109	70
70	1905	1217	761	487	380	304	243	195	152	97
95	2585	1652	1035	661	516	413	330	264	207	132
120	3265	2087	1304	835	652	522	417	334	261	167
150	3544	2268	1418	907	709	567	453	363	283	181
185	4189	2681	1675	1072	837	670	536	429	335	214
240		3339	2087	1335	1043	834	667	534	417	267
300		4013	2508	1605	1254	1003	802	642	501	321

NS400N/H/L à NS630N/H/L

Déclencheur type STR23SE/STR53UE

Réseau triphasé 400 V, câble cuivre,
Sph = Spe, U_L = 50 V en schéma TN.
Les valeurs de seuil court retard indiquées pour
chaque déclencheur correspondent à :
I_r = 0,4, 0,63 et 1 x I_n
I_m = 2, 5 et 10 x I_r.

I _m (A)	320	504	800	1250	1600	2000	2500	3150	4000	6300
NS400	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
NS630	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Sphases (mm ²)										
35	386	242	152	97	76	61	49	39	30	19
50	543	345	217	132	109	87	70	56	43	28
70	761	484	304	195	152	122	97	79	61	38
95	1033	656	413	264	207	165	132	107	83	52
120	1304	829	522	334	261	209	167	135	104	66
150	1417	908	567	363	283	227	181	144	113	72
185	1675	1064	670	429	335	268	214	170	134	85
240	2087	1325	834	534	417	334	267	212	167	106
300	2508	1592	1003	642	501	401	321	254	200	127

Dans ces tableaux :

- il est tenu compte de l'influence des réactances des conducteurs pour les fortes sections, en augmentant la résistance de :
 - 15% pour S = 150 mm²
 - 20% pour S = 185 mm²
 - 25% pour S = 240 mm²
 - 30% pour S = 300 mm²
- 0,023 Ω mm²/m (Cu) = 0,037 Ω mm²/m (Alu)
- le fonctionnement du magnétique est garanti pour I_m ± 15%. Les calculs ont été effectués dans le cas le plus défavorable soit pour I_m + 15%.

NS100N/H/L à NS250N/H/L

Déclencheur STR22ME

Réseau triphasé 400 V, câble cuivre, Sph = Spe, U_L = 50 V, en schéma TN.

Les valeurs de seuil court retard indiquées pour chaque déclencheur sont encadrées par les valeurs maxi et mini de I_r correspondantes à :

$I_r = 0,6 \text{ et } 1 \times I_n$

$I_m = 13 \times I_r$

I _m (A)	312	390	520	624	650	780	1040	1300
STR22ME 40A	■		■					
STR22ME 50A		■			■			
STR22ME 80A				■			■	
STR22ME 100A						■		■
Sphases (mm ²)								
1,5	17	13	10	8	8	7	5	4
2,5	28	22	17	14	13	11	8	7
4	45	36	27	22	21	18	13	11
6	67	54	40	33	32	27	20	16
10	111	89	67	56	54	45	33	27
16	178	143	107	89	86	71	54	43
25	279	223	167	139	134	111	84	67
35		312	234	195	187	156	117	94
50		446	334	279	268	223	167	134
70		624	468	390	375	312	234	187
95		847	635	530	508	424	318	254
120			803	669	642	536	401	321
150			872	727	698	581	436	349
185			1031	859	825	687	515	412
240			1284	1070	1027	856	642	514
300			1543	1286	1235	1029	772	617

I _m (A)	1170	1716	1950	2860
STR22ME 150A	■		■	
STR22ME 220A		■		■
Sphases (mm ²)				
1,5	5	3	3	2
2,5	8	5	4	3
4	13	8	7	5
6	19	12	11	7
10	32	20	18	12
16	51	32	29	19
25	80	51	45	30
35	112	71	62	43
50	161	101	89	61
70	225	142	125	85
95	305	193	169	116
120	356	243	214	146
150	387	264	232	158
185	458	312	275	187
240	571	389	342	233
300	686	467	411	280

NS400N/H/L à NS630N/H/L

Déclencheur STR43ME

Réseau triphasé 400 V, câble cuivre, Sph = Spe, U_L = 50 V, en schéma TN.

Les valeurs de seuil court retard indiquées pour chaque déclencheur sont encadrées par les valeurs maxi et mini de I_r correspondantes à :

$I_r = 0,6 \text{ et } 1 \times I_n$

$I_m = 13 \times I_r$

I _m	2665	3900	4160	6500
STR43ME 320A	■	■	■	
STR43ME 500A		■		■
Sphases (mm ²)				
35	46	31	29	19
50	65	45	42	27
70	91	62	59	37
95	124	85	79	51
120	157	107	100	64
150	170	116	109	70
185	201	137	129	82
240	250	171	160	103
300	301	206	193	123

Dans ces tableaux :

■ il est tenu compte de l'influence des réactances des conducteurs pour les fortes sections, en augmentant la résistance de :

- 15% pour S = 150 mm²
- 20% pour S = 185 mm²
- 25% pour S = 240 mm²
- 30% pour S = 300 mm²

■ 0,023 Ω mm²/m (Cu) = 0,037 Ω mm²/m (Alu)

■ le fonctionnement du magnétique est garanti pour I_m ± 15%. Les calculs ont été effectués dans le cas le plus défavorable soit pour I_m + 15%.

K246 Etude d'une installation
Protection des personnes
et des biens

Schéma de liaison à la terre TN

Longueurs maximales des canalisations

NS800N/H/L

Déclencheurs électroniques type
Micrologic 2.0A - 5.0A - 7.0A
Réseau tri 400 V, câble cuivre, $S_{ph} = S_{PE}$, $U_L = 50$ V
en schéma TN.

I magn. (A)	I _r = 0,4 (320 A)		I _r = 0,5 (400 A)		I _r = 0,63 (500 A)		I _r = 0,8 (640 A)		I _r = 1 (800 A)	
	mini (1,5 lr) 480	maxi (10 lr) 3200	mini (1,5 lr) 600	maxi (10 lr) 4000	mini (1,5 lr) 750	maxi (10 lr) 5000	mini (1,5 lr) 960	maxi (10 lr) 6400	mini (1,5 lr) 1 200	maxi (10 lr) 8000
Sphases (mm ²)										
25	181	27	145	22	116	17	91	14	72	11
35	254	38	203	30	162	24	127	19	101	15
50	362	54	290	43	232	34	181	27	145	22
70	507	76	406	61	325	48	254	38	203	30
95	688	103	551	83	441	65	344	52	275	41
120	870	130	696	104	557	82	435	65	348	52
150	945	141	756	113	605	94	472	71	378	56
185	1117	167	893	134	715	107	558	84	446	67
240	1391	208	1113	167	890	133	695	104	556	83
300	1672	251	1338	200	1070	160	836	125	669	100

NS100N/H/L

Déclencheurs électroniques type
Micrologic 2.0A - 5.0A - 7.0A
Réseau tri 400 V, câble cuivre, $S_{ph} = S_{PE}$, $U_L = 50$ V
en schéma TN.

I magn. (A)	I _r = 0,4 (400 A)		I _r = 0,5 (500 A)		I _r = 0,63 (630 A)		I _r = 0,8 (800 A)		I _r = 1 (1000 A)	
	mini (1,5 lr) 600	maxi (10 lr) 4000	mini (1,5 lr) 750	maxi (10 lr) 5000	mini (1,5 lr) 945	maxi (10 lr) 6300	mini (1,5 lr) 1200	maxi (10 lr) 8000	mini (1,5 lr) 1500	maxi (10 lr) 10000
Sphases (mm ²)										
25	145	22	116	17	92	14	72	11	58	9
35	203	30	162	24	129	19	101	15	81	12
50	290	43	232	34	184	28	145	22	116	17
70	406	61	325	48	258	39	203	30	162	24
95	551	83	441	65	350	52	275	41	220	33
120	696	104	557	82	442	66	348	52	278	42
150	756	113	605	92	480	72	378	56	302	45
185	893	134	715	107	567	85	446	67	357	53
240	1113	167	890	133	706	106	556	83	445	66
300	1338	200	1070	160	849	127	669	100	535	80

NS1250N/H

Déclencheurs électroniques type
Micrologic 2.0A - 5.0A - 7.0A
Réseau tri 400 V, câble cuivre, $S_{ph} = S_{PE}$, $U_L = 50$ V
en schéma TN.

I magn. (A)	I _r = 0,4 (500 A)		I _r = 0,5 (625 A)		I _r = 0,63 (787,5 A)		I _r = 0,8 (1000 A)		I _r = 1 (1250 A)	
	mini (1,5 lr) 750	maxi (10 lr) 5000	mini (1,5 lr) 937	maxi (10 lr) 6250	mini (1,5 lr) 1181	maxi (10 lr) 7875	mini (1,5 lr) 1500	maxi (10 lr) 10000	mini (1,5 lr) 1875	maxi (10 lr) 12500
Sphases (mm ²)										
35	162	24	130	19	103	15	81	12	65	10
50	232	34	186	28	147	22	116	17	93	14
70	325	48	260	39	206	31	162	24	130	19
95	441	65	353	53	280	42	220	33	176	26
120	567	82	445	67	353	53	278	42	223	33
150	605	94	484	72	384	57	302	45	242	36
185	715	107	572	86	454	68	357	53	286	43
240	890	133	712	107	565	85	445	66	356	53
300	1070	160	856	128	679	102	535	80	428	64

Dans ces tableaux :

- il est tenu compte de l'influence des réactances des conducteurs pour les fortes sections, en augmentant la résistance de :
 - 15% pour $S = 150$ mm²
 - 20% pour $S = 185$ mm²
 - 25% pour $S = 240$ mm²
 - 30% pour $S = 300$ mm²
- $0,023 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ (Cu) = $0,037 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ (Alu)
- le fonctionnement du magnétique est garanti pour $I_m \pm 15$ %. Les calculs ont été effectués dans le cas le plus défavorable soit pour $I_m + 15$ %.

Schéma de liaison à la terre IT

Longueurs maximales des canalisations

K255

1j

Longueurs maximales (en mètres) des canalisations en schéma IT protégées contre les contacts indirects par des disjoncteurs.

Facteurs de correction à appliquer aux longueurs données par les tableaux 23 à 44

réseaux triphasés 400 V ⁽¹⁾	Sphase		1 2 3 4			
	S _{PE}					
câble neutre non distribué			1	0,67	0,5	0,4
cuivre neutre distribué				0,6	0,4	0,3
câble neutre non distribué			0,62	0,41	0,31	0,25
aluminium neutre distribué				0,37	0,25	0,19

(1) Pour les réseaux 237 V entre phases, appliquer, en plus le coefficient 0,57.
Pour les réseaux 237 V monophasés (entre phase et neutre), ne pas appliquer ce coefficient supplémentaire.

P25M

Réseau triphasé en 400 V, câble cuivre, S_{ph} = S_{PE}, U_L = 50 V en schéma IT, neutre non distribué.

Sphases mm ²	calibre (A)												
	0,16	0,24	0,4	0,6	1	1,6	2,4	4	6	10	16	20	25
1,5			905	603	362	226	151	90	60	36	22	18	14
2,5				1006	603	377	251	151	100	60	37	30	24
4					966	603	402	241	161	96	60	48	38
5 (2 x 2,5)						754	503	302	201	120	75	60	48

C60N/L, C120N/H

Courbe B
Réseau triphasé en 400 V, câble cuivre, S_{ph} = S_{PE}, U_L = 50 V en schéma IT, neutre non distribué.

Sphases mm ²	calibre (A)									
	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100
1,5	104	65	52	42	33	26	21	17	13	10
2,5	174	109	87	70	54	43	35	28	22	17
4	278	174	139	111	87	70	56	44	35	28
6	417	261	209	167	130	104	83	66	52	42
10	696	435	348	278	217	174	139	110	87	70
16		696	445	348	278	223	177	139	111	
25			870	696	543	435	340	276	217	174
35					761	608	487	386	304	243
50						870	695	552	435	348

C60a/N/H/L, C120N/H, NG125N/L

Courbe C
Réseau triphasé en 400 V, câble cuivre, S_{ph} = S_{PE}, U_L = 50 V en schéma IT, neutre non distribué.

Sphases mm ²	calibre (A)															
	1	2	3	4	6	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
1,5	522	261	174	130	87	52	33	26	21	16	13	10	8	7	5	4
2,5	870	435	290	217	145	87	54	43	36	27	22	17	14	11	8	7
4		696	464	348	232	139	87	70	56	43	35	28	22	17	14	11
6			696	522	348	209	130	104	83	65	52	42	33	26	21	17
10				870	580	348	217	174	129	109	87	70	55	43	35	28
16						556	348	278	223	174	139	111	88	70	55	44
25						870	543	435	348	272	217	174	138	109	87	69
35							761	609	487	380	304	243	193	152	122	97
50							870	696	543	435	348	276	217	174	139	

C60N, C120N/H, NG125N/L

Courbe D C60L Courbe K
Réseau triphasé en 400 V, câble cuivre, S_{ph} = S_{PE}, U_L = 50 V en schéma IT, neutre non distribué.

Sphases mm ²	calibre (A)															
	1	2	3	4	6	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
1,5	373	186	124	93	62	37	23	19	15	12	9	7	6	5	4	3
2,5	621	311	207	155	104	62	39	31	25	19	16	12	10	8	6	5
4		497	331	248	186	99	62	50	40	31	25	20	16	12	10	8
6			745	497	373	248	149	93	75	60	47	37	30	24	19	15
10				828	621	414	248	155	124	99	78	62	50	39	31	25
16						662	397	248	199	159	124	99	79	63	50	40
25							621	388	311	248	194	155	124	99	78	62
35							870	543	435	348	272	217	174	138	109	87
50								776	621	497	388	311	248	197	155	124

C60LMA, NG125LMA

Courbe MA
Réseau triphasé en 400 V, câble cuivre, S_{ph} = S_{PE}, U_L = 50 V en schéma IT, neutre non distribué.

Sphases mm ²	calibre (A)										
	1,6	2,5	4	6,3	10	12,5	16	25	40	63	80
1,5	87	87	87	58	36	29	23	14	9	5	4
2,5	145	145	145	96	60	48	38	24	15	9	7
4		232	232	154	96	77	61	38	24	15	12
6			348	232	145	116	91	58	36	23	18
10				579	386	241	193	152	96	60	38
16					618	386	309	244	154	96	61
25						604	483	381	241	151	96
35						845	676	534	338	211	135
50								763	483	302	193

Dans ces tableaux :

- il est tenu compte de l'influence des réactances des conducteurs pour les fortes sections, en augmentant la résistance de :
 - 15% pour S = 150 mm²
 - 20% pour S = 185 mm²
 - 25% pour S = 240 mm²
 - 30% pour S = 300 mm²
- 0,023 Ω mm²/m (Cu) = 0,037 Ω mm²/m (Alu)
- le fonctionnement du magnétique est garanti pour I_m ± 20 %. Les calculs ont été effectués dans le cas le plus défavorable soit pour I_m + 20 %.

K256 Etude d'une installation
Protection des personnes
et des biens

Schéma de liaison à la terre IT

Longueurs maximales des canalisations

Facteurs de correction à appliquer aux réseaux 400 V entre phases (1)

m = Sph/Spe	1	2	3	4
câble cuivre	neutre non distribué	1	0,67	0,5
	neutre distribué	0,6	0,4	0,3
câble alu	neutre non distribué	0,62	0,41	0,31
	neutre distribué	0,37	0,25	0,19

(1) Pour les réseaux 237 V entre phases, appliquer un coefficient 0,57 supplémentaire.
Pour les réseaux 237 V monophasés (entre neutre et phase), ne pas appliquer ce coefficient supplémentaire.

NS80H-MA

Réseau triphasé 400 V, câble cuivre, Sph = Spe, U_L = 50 V en schéma IT, neutre non distribué.

Sphases (mm ²)	calibre (A)											
	2,5		6,3		12,5		25		50		80	
ln (A)	Im (A)	ln (A)	Im (A)	ln (A)	Im (A)	ln (A)	Im (A)	ln (A)	Im (A)	ln (A)	Im (A)	
1,5	290	124	124	49	58	25	29	12	14	6	9	4
2,5	483	207	207	82	97	41	48	21	24	10	15	6
4	773	331	331	132	155	66	77	33	39	17	24	10
6	1159	497	497	198	232	99	116	50	58	25	36	16
10	1932	828	828	329	386	166	193	83	97	41	60	26
16	3092	1325	1325	527	618	265	309	132	155	66	97	41
25		2070	2070	823	966	414	483	207	242	104	151	65
35		2898	2898	1153	1353	580	676	290	338	145	211	91
50			4140	1647	1932	828	966	414	483	207	302	129
70				2305	2705	1159	1353	580	676	290	423	181

NS100N/H/L

Déclencheur type TM-G

Réseau triphasé 400 V, mise au neutre, câble cuivre, Sph = Spe, U_L = 50 V en schéma IT, neutre non distribué.

Sphases (mm ²)	calibre (A)						
	16		25		40		63
ln (A)	Im (A)	ln (A)	Im (A)	ln (A)	Im (A)	ln (A)	Im (A)
1,5	63	80	80	80	125		
2,5	69	54	54	54	35		
4	115	91	91	91	58		
6	184	145	145	145	93		
10	276	217	217	217	139		
16	460	362	362	362	232		
25	736	580	580	580	371		
35		906	906	906	580		
50		1268	1268	1268	812		
70			1811	1811	1159		
					1623		

NS100N/H/L

Déclencheur type MA

Réseau triphasé 400 V, câble cuivre, Sph = Spe, U_L = 50 V en schéma IT, neutre non distribué.

Sphases (mm ²)	calibre (A)											
	2,5		6,3		12,5		25		50		100	
ln (A)	Im (A)	ln (A)	Im (A)	ln (A)	Im (A)	ln (A)	Im (A)	ln (A)	Im (A)	ln (A)	Im (A)	
1,5	290	124	124	49	58	25	29	12	14	6	7	3
2,5	483	207	207	82	97	41	48	21	24	10	12	5
4	773	331	331	132	155	66	77	33	39	17	19	8
6	1159	497	497	198	232	99	116	50	58	25	29	12
10	1932	828	828	329	386	166	193	83	97	41	48	21
16	3092	1325	1325	527	618	265	309	132	155	66	77	33
25		2070	2070	823	966	414	483	207	242	104	121	52
35		2898	2898	1153	1353	580	676	290	338	145	169	72
50			4140	1647	1932	828	966	414	483	207	242	104
70				2305	2705	1159	1353	580	676	290	338	145
95											459	197
120											580	248
150											630	270
185											744	319

NS160 à NS630N/H/L

Déclencheur type MA

Réseau triphasé 400 V, câble cuivre, Sph = Spe, U_L = 50 V en schéma IT, neutre non distribué.

Sphases (mm ²)	calibre (A)											
	100		150		220		320		500			
ln (A)	Im (A)	ln (A)	Im (A)	ln (A)	Im (A)	ln (A)	Im (A)	ln (A)	Im (A)	ln (A)	Im (A)	
1,5	7	3	4	2	2	2	2	1	1	1	1	
2,5	12	5	6	4	4	3	3	2	2	1	1	
4	19	8	10	6	7	4	5	3	3	2	2	
6	29	12	14	9	10	6	7	4	4	3	3	
10	48	21	24	15	16	10	11	7	7	4	4	
16	77	33	39	24	26	16	18	11	12	7	7	
25	121	52	60	37	41	25	28	17	18	11	11	
35	169	72	84	52	58	35	40	24	25	16	16	
50	241	104	121	74	82	51	57	35	36	22	22	
70				104	115	71	79	49	51	31	31	
95					156	96	108	66	69	42	42	
120							136	84	87	54	54	
150									94	58	58	
185										111	68	

Dans ces tableaux :

- il est tenu compte de l'influence des réactances des conducteurs pour les fortes sections, en augmentant la résistance de :
 - 15% pour S = 150 mm²
 - 20% pour S = 185 mm²
 - 25% pour S = 240 mm²
 - 30% pour S = 300 mm²
- 0,023 Ω mm²/m (Cu) = 0,037 Ω mm²/m (Alu)
- le fonctionnement du magnétique est garanti pour Im ± 20 %. Les calculs ont été effectués dans le cas le plus défavorable soit pour Im + 20 %.

NSA160N

Déclencheur type TM-D

Réseau triphasé 400 V, mise au neutre, câble cuivre,
Sph = Spe, $U_L = 50$ V en schéma IT, neutre non distribué.

Sphases (mm ²)	calibre (A)				
	In (A)	80	100	125	160
	Im (A)	1000	1000	1000	1250
1,5	4	4	4	3	3
2,5	7	7	7	6	6
4	12	12	12	9	9
6	17	17	17	14	14
10	29	29	29	23	23
16	46	46	46	37	37
25	72	72	72	58	58
35	101	101	101	81	81
50	145	145	145	116	116
70	203	203	203	162	162

NS100N/H/L

Déclencheur type TM-D

Réseau triphasé 400 V, mise au neutre, câble cuivre,
Sph = Spe, $U_L = 50$ V en schéma IT, neutre non distribué.

Sphases (mm ²)	calibre (A)						
	In (A)	16	25	40	63	80	100
	Im (A)	190	300	500	500	650	800
1,5	23	14	9	9	7	5	
2,5	38	24	14	14	11	9	
4	61	39	23	23	18	14	
6	92	58	35	35	27	22	
10	153	97	58	58	45	36	
16	244	155	93	93	71	58	
25		242	145	145	111	91	
35		338	203	203	156	127	
50			290	290	223	181	
70				406	312	254	
95					424	344	

NS160N/H/L à NS250N/H/L

Déclencheur type TM-D

Réseau triphasé 400 V, mise au neutre, câble cuivre,
Sph = Spe, $U_L = 50$ V en schéma IT, neutre non distribué.

Sphases (mm ²)	calibre (A)							
	In (A)	80	100	125	160	200	250	300
	Im (A)	1000	1250	1250	1250	1000	2000	1250
1,5	4	3	3	3	4	2	3	2
2,5	7	6	6	6	7	4	6	3
4	12	9	9	9	12	6	9	5
6	17	14	14	14	17	9	14	7
10	29	23	23	23	29	14	23	12
16	46	37	37	37	46	23	37	19
25	72	58	58	58	72	36	58	29
35	101	81	81	81	101	51	81	41
50	145	116	116	116	145	72	116	58
70	203	162	162	162	203	101	162	81
95	273	220	220	220	275	138	220	110
120	348	278	278	278	348	174	278	139
150					378	189	302	151
185					446	223	357	178
240							445	222
300							535	267

Dans ces tableaux :

- il est tenu compte de l'influence des réactances des conducteurs pour les fortes sections, en augmentant la résistance de :
 - 15% pour S = 150 mm²
 - 20% pour S = 185 mm²
 - 25% pour S = 240 mm²
 - 30% pour S = 300 mm²
- 0,023 Ω mm²/m (Cu) = 0,037 Ω mm²/m (Alu)
- le fonctionnement du magnétique est garanti pour Im ± 20 %. Les calculs ont été effectués dans le cas le plus défavorable soit pour Im + 20 %.

K258 Etude d'une installation
Protection des personnes
et des biens

Schéma de liaison à la terre IT

Longueurs maximales des canalisations

NS100N/H/L à NS250N/H/L

Déclencheur STR22SE/GE

Réseau triphasé 400 V, câble cuivre, $S_{ph} = S_{pe}$, $U_L = 50$ V en schéma IT, neutre non distribué.

Les valeurs de seuil court retard indiquées pour chaque déclencheur correspondent à :

$I_r = 0,4$ et $1 \times I_n$
 $I_m = 2, 5$ et $10 \times I_r$.

Exemple

Pour un déclencheur STR22SE 100 A :

- $I_r = 0,4 \times 100 = 40$ A
- $I_m = 2 \times 40 = 80$ A
- $I_m = 5 \times 40 = 200$ A
- $I_m = 10 \times 40 = 400$ A
- $I_r = 1 \times 100 = 100$ A
- $I_m = 2 \times 100 = 200$ A
- $I_m = 5 \times 100 = 500$ A
- $I_m = 10 \times 100 = 1000$ A.

I_m (A)	32	80	160	200	400	500	1000
STR22SE 40 A	■	■	■	■	■	■	■
STR22SE 100 A	■	■	■	■	■	■	■
Sphases (mm ²)							
1,5	142	54	28	23	11	9	5
2,5	236	91	47	38	19	15	8
4	378	145	76	60	30	24	12
6	567	217	113	91	45	36	18
10	945	362	189	151	76	60	30
16	1512	580	302	242	121	97	48
25	2363	906	473	378	189	151	76
35	3308	1268	662	529	265	212	106
50	4726	1811	945	756	378	302	151
70		2536	1323	1059	529	423	212
95		3442	1796	1437	718	575	287
120		4348	2268	1815	907	726	363
150			2465	1972	986	789	394
185			2914	2331	1165	932	466
240			3629	2903	1452	1161	580
300			4362	3490	1745	1396	698

I_m (A)	128	200	320	500	640	800	1000	1250	1600	2500
STR22SE 160 A	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
STR22SE 250 A	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Sphases (mm ²)										
1,5	35	23	14	9	7	6	5	4	3	2
2,5	59	38	24	15	12	9	8	6	5	3
4	94	60	38	24	19	15	12	10	8	5
6	141	91	57	36	28	23	18	15	11	7
10	236	151	95	60	47	38	30	24	19	12
16	377	242	151	97	76	60	48	39	30	19
25	589	378	236	151	118	95	76	60	47	30
35	825	529	331	212	165	132	106	85	66	42
50	1179	756	473	302	236	189	151	121	95	60
70	1651	1059	661	423	331	265	212	169	132	85
95	2240	1437	898	575	449	359	287	230	180	115
120	2830	1815	1134	726	567	454	363	290	227	145
150	3082	1972	1232	789	616	493	394	315	246	157
185	3642	2331	1757	932	728	582	466	373	291	186
240		2903	1814	1161	907	726	580	464	363	232
300		3490	2181	1396	1090	872	698	558	436	279

NS400N/H/L à NS630N/H/L

Déclencheur STR23SE/STR53UE

Réseau triphasé 400 V, câble cuivre, $S_{ph} = S_{pe}$, $U_L = 50$ V en schéma IT, neutre non distribué.

Les valeurs de seuil court retard indiquées pour chaque déclencheur correspondent à :

$I_r = 0,4, 0,63$ et $1 \times I_n$
 $I_m = 2, 5$ et $10 \times I_r$.

I_m (A)	320	504	800	1250	1600	2000	2500	3150	4000	6300
déclencheurs STR23SE / STR53UE	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
NS400	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
NS630	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Sphases (mm ²)										
35	331	210	132	85	66	53	42	34	26	17
50	473	300	189	121	95	76	60	49	38	24
70	662	420	265	169	132	106	85	68	53	34
95	898	570	359	230	180	144	115	93	72	46
120	1134	720	454	290	227	181	145	117	91	58
150	1233	782	493	315	246	197	158	125	98	62
185	1457	925	583	373	291	233	186	148	116	74
240	1814	1152	726	464	363	290	232	184	145	92
300	2181	1385	872	558	436	349	279	221	174	111

Dans ces tableaux :

- il est tenu compte de l'influence des réactances des conducteurs pour les fortes sections, en augmentant la résistance de :
 - 15% pour $S = 150$ mm²
 - 20% pour $S = 185$ mm²
 - 25% pour $S = 240$ mm²
 - 30% pour $S = 300$ mm²
- $0,023 \Omega$ mm²/m (Cu) = $0,037 \Omega$ mm²/m (Alu)
- le fonctionnement du magnétique est garanti pour $I_m \pm 15$ %. Les calculs ont été effectués dans le cas le plus défavorable soit pour $I_m + 15$ %.

NS100N/H/L à NS250N/H/L

Déclencheur STR22ME

Réseau triphasé 400 V, câble cuivre, Sph = Spe, U_L = 50 V en schéma IT, neutre non distribué.

Les valeurs de seuil court retard indiquées pour chaque déclencheur sont encadrées par les valeurs maxi et mini de I_r correspondantes à :

$I_r = 0,6 \text{ et } 1 \times I_n$

$I_m = 13 \times I_r$

I _m	312	390	520	611	715	780	1040	1300
STR22ME 40 A	■		■					
STR22ME 50 A		■		■				
STR22ME 80 A					■		■	
STR22ME 100 A						■		■
Sphases (mm ²)								
1,5	15	11	9	7	6	6	4	3
2,5	24	19	15	12	11	18	7	6
4	39	30	23	20	17	16	12	9
6	58	46	35	30	25	23	17	14
10	97	76	58	49	42	39	29	23
16	155	121	93	79	68	62	47	37
25	242	190	145	124	106	97	73	58
35	339	265	204	173	148	136	102	81
50	485	379	291	247	212	194	145	116
70	679	531	407	346	296	271	204	163
95	921	721	553	470	402	368	276	221
120	1163	910	698	594	508	465	349	279
150	1264	1011	758	645	551	505	379	303
185		1195	896	763	652	597	448	358
240			1116	950	812	744	558	446
300			1342	1142	976	894	671	537

I _m	1170	1716	1950	2860
STR22ME 150 A	■	■	■	
STR22ME 220 A		■		■
Sphases (mm ²)				
1,5	4	3	2	2
2,5	6	4	4	3
4	10	7	6	4
6	16	11	9	6
10	26	18	16	11
16	41	28	25	17
25	65	44	39	26
35	90	62	54	37
50	129	88	78	53
70	181	123	109	74
95	246	167	147	100
120	310	211	186	127
150	337	239	202	138
185	398	271	239	163
240	496	338	297	203
300	596	406	358	244

NS400N/H/L à NS630N/H/L

Déclencheur STR43ME

Réseau triphasé 400 V, câble cuivre, Sph = Spe, U_L = 50 V en schéma IT, neutre non distribué.

$I_r = 0,6 \text{ et } 1 \times I_n$

$I_m = 13 \times I_r$

I _m	2496	3900	5330	6500
STR43ME 320 A	■	■		
STR43ME 500 A		■	■	■
Sphases (mm ²)				
35	42	27	20	16
50	61	39	28	23
70	85	54	40	33
95	115	74	54	44
120	145	93	62	56
150	158	101	74	60
185	187	119	87	71
240	232	149	109	89
300	279	179	131	107

Dans ces tableaux :

- il est tenu compte de l'influence des réactances des conducteurs pour les fortes sections, en augmentant la résistance de :
 - 15% pour S = 150 mm²
 - 20% pour S = 185 mm²
 - 25% pour S = 240 mm²
 - 30% pour S = 300 mm²
- 0,023 Ω mm²/m (Cu) = 0,037 Ω mm²/m (Alu)
- le fonctionnement du magnétique est garanti pour I_m ± 15 %. Les calculs ont été effectués dans le cas le plus défavorable soit pour I_m + 15 %.

K260 Etude d'une installation
Protection des personnes
et des biens

Schéma de liaison à la terre IT

Longueurs maximales des canalisations

NS800N/H/L

Déclencheurs électroniques type
Micrologic 2.0A - 5.0A - 7.0A
Réseau tri 400 V, câble cuivre, Sph = S_{PE}, U_L = 50 V
en schéma IT, neutre non distribué.

I magn. (A)	I _r = 0,4 (320 A)		I _r = 0,5 (400 A)		I _r = 0,63 (500 A)		I _r = 0,8 (640 A)		I _r = 1 (800 A)	
	mini (1,5 lr) 480	maxi (10 lr) 3200	mini (1,5 lr) 600	maxi (10 lr) 4000	mini (1,5 lr) 750	maxi (10 lr) 5000	mini (1,5 lr) 940	maxi (10 lr) 6400	mini (1,5 lr) 1200	maxi (10 lr) 8000
Sphases (mm ²)										
25	158	24	126	19	101	15	80	12	63	9
35	221	33	176	26	141	21	113	17	88	13
50	315	47	252	38	202	30	161	24	126	19
70	441	66	353	53	282	42	225	33	176	26
95	599	90	479	72	383	57	306	45	239	36
120	756	113	605	91	484	73	386	57	302	45
150	822	123	657	98	526	79	419	61	328	49
185	971	145	777	116	621	93	496	73	388	58
240	1209	181	968	145	774	116	617	90	484	79
300	1454	218	1163	174	930	139	719	109	581	87

NS1000N/H/L

Déclencheurs électroniques type
Micrologic 2.0A - 5.0A - 7.0A
Réseau tri 400 V, câble cuivre, Sph = S_{PE}, U_L = 50 V
en schéma IT, neutre non distribué.

I magn. (A)	I _r = 0,4 (400 A)		I _r = 0,5 (500 A)		I _r = 0,63 (630 A)		I _r = 0,8 (800 A)		I _r = 1 (1000 A)	
	mini (1,5 lr) 600	maxi (10 lr) 4000	mini (1,5 lr) 750	maxi (10 lr) 5000	mini (1,5 lr) 945	maxi (10 lr) 6300	mini (1,5 lr) 1200	maxi (10 lr) 8000	mini (1,5 lr) 1500	maxi (10 lr) 10000
Sphases (mm ²)										
25	126	19	101	15	80	12	63	9	50	5
35	176	26	141	21	112	17	88	13	71	11
50	252	38	202	30	160	24	126	19	101	15
70	353	53	282	42	224	34	176	26	141	21
95	479	72	383	57	304	46	239	36	192	29
120	605	91	484	73	384	58	302	45	242	36
150	657	98	526	79	417	62	328	49	263	39
185	777	116	621	93	493	74	388	58	310	46
240	967	145	774	116	614	92	484	72	387	58
300	1163	174	930	139	738	110	581	87	465	69

NS1250N/H

Déclencheurs électroniques type
Micrologic 2.0A - 5.0A - 7.0A
Réseau tri 400 V, câble cuivre, Sph = S_{PE}, U_L = 50 V
en schéma IT, neutre non distribué.

I magn. (A)	I _r = 0,4 (500 A)		I _r = 0,5 (625 A)		I _r = 0,63 (787,5 A)		I _r = 0,8 (1000 A)		I _r = 1 (1250 A)	
	mini (1,5 lr) 750	maxi (10 lr) 5000	mini (1,5 lr) 937	maxi (10 lr) 6250	mini (1,5 lr) 1181	maxi (10 lr) 7875	mini (1,5 lr) 1500	maxi (10 lr) 10000	mini (1,5 lr) 1875	maxi (10 lr) 12500
Sphases (mm ²)										
35	141	21	113	17	90	13	71	11	56	8
50	202	30	161	24	128	19	101	15	81	12
70	282	42	226	34	179	27	141	21	113	17
95	383	57	307	46	243	36	192	29	153	23
120	484	73	387	58	307	46	242	36	194	29
150	526	79	421	63	334	50	263	39	210	31
185	621	93	497	74	394	59	310	46	248	37
240	774	116	619	93	491	73	387	58	309	46
300	930	139	745	111	591	88	465	69	372	55

Dans ces tableaux :

- il est tenu compte de l'influence des réactances des conducteurs pour les fortes sections, en augmentant la résistance de :
 - 15% pour S = 150 mm²
 - 20% pour S = 185 mm²
 - 25% pour S = 240 mm²
 - 30% pour S = 300 mm²
- 0,023 Ω mm²/m (Cu) = 0,037 Ω mm²/m (Alu)
- le fonctionnement du magnétique est garanti pour I_m ± 15 %. Les calculs ont été effectués dans le cas le plus défavorable soit pour I_m + 15 %.

Autocorrection



8-Corrigé des exercices d'application en régime TT :

1-Transformateur 20 kV / 400V. local sec. Ra = 30Ω et Rb = 5Ω. Difficulté *	
Calcul du courant de défaut Id	$I_d = \frac{400/\sqrt{3}}{30 + 5} = 6,57 \text{ A}$
Calcul de la tension de contact Uc	$U_c = 30 \times 6,57 = 197 \text{ V}$
Détermination du temps de coupure tc (norme)	$t_c < 200 \text{ ms}$
Calcul du calibre du différentiel	$I_{\Delta n} \leq \frac{U_l}{R_a} = \frac{50}{30} = 1,66 \text{ A}$
Choix du différentiel (sensibilité et retard éventuel)	Différentiel 1 A Retard intentionnel de 60 ms Temps de coupure 140 ms

2-Transformateur 20 kV / 230V. Chantier Ra = 50Ω et Rb = 20Ω. Difficulté ***	
Calcul du courant de défaut Id	$I_d = \frac{230/\sqrt{3}}{50 + 20} = 1,89 \text{ A}$
Calcul de la tension de contact Uc	$U_c = 50 \times 1,89 = 95 \text{ V}$
Détermination du temps de coupure tc (norme)	$t_c < 300 \text{ ms}$
Calcul du calibre du différentiel	$I_{\Delta n} \leq \frac{U_l}{R_a} = \frac{25}{50} = 0,5 \text{ A}$
Choix du différentiel (sensibilité et retard éventuel)	Différentiel 300 mA Retard intentionnel de 150 ms Temps de coupure 300 ms

9-Corrigé des exercices d'application en régime TN :

<p>1-Disjoncteur C60N courbe B32 (Imag = 3 à 5 x In). Réseau 400V Triphasé. Conducteur en cuivre : 130m section Ph = section neutre = section PE = 6 mm² Difficulté *</p>	
<p><u>Utilisation des tableaux fabricants :</u></p> <p>2^{ème} tableau K241 donne 150 m.</p> <p style="text-align: center;">Lmax = 150 m</p> <p style="text-align: center;">CORRECT</p>	<p><u>Utilisation de la méthode conventionnelle :</u></p> <p style="text-align: center;">La formule précédente s'écrit :</p> $L_{max} = \frac{0,8 \times 230 \times 6}{0,023 \times (1+1) \times (32 \times 5)}$ <p style="text-align: center;">= 150 m</p> <p style="text-align: center;">CORRECT</p>
<p>2-Disjoncteur NS 160N 150A Imag = 1950A ± 20%. Réseau 400V Triphasé. Conducteur en cuivre : 40m section Ph = section neutre = 50 mm² section PE = 25 mm² Difficulté **</p>	
<p><u>Utilisation des tableaux fabricants :</u></p> <p>4^{ème} tableau K242 donne 85 m. le facteur de correction à appliquer est de 0,67.</p> <p style="text-align: center;">Lmax = 85 x 0,67 = 56,95 m</p> <p style="text-align: center;">CORRECT</p>	<p><u>Utilisation de la méthode conventionnelle :</u></p> <p style="text-align: center;">La formule précédente s'écrit :</p> $L_{max} = \frac{0,8 \times 230 \times 50}{0,023 \times (1+2) \times (1950 + 20\%)}$ <p style="text-align: center;">= 56,98 m</p> <p style="text-align: center;">CORRECT</p>
<p>3-Disjoncteur NS 250N TMD 250A Imag = 2500A ± 20%. Réseau 400V Triphasé. Conducteur en aluminium : 80m section Ph = section neutre = section PE = 95 mm² Difficulté **</p>	
<p><u>Utilisation des tableaux fabricants :</u></p> <p>3^{ème} tableau K243 donne 127 m. le facteur de correction à appliquer est de 0,62.</p> <p style="text-align: center;">Lmax = 127 x 0,62 = 78,74 m</p> <p style="text-align: center;">INCORRECT</p>	<p><u>Utilisation de la méthode conventionnelle :</u></p> <p style="text-align: center;">La formule précédente s'écrit :</p> $L_{max} = \frac{0,8 \times 230 \times 95}{0,037 \times (1+1) \times (2500 + 20\%)}$ <p style="text-align: center;">= 78,73 m</p> <p style="text-align: center;">INCORRECT</p>

<p>4-Disjoncteur NS 630N STR43ME 500A $I_{mag} = 6500A \pm 15\%$. Réseau 400V Triphasé. Conducteur en cuivre: 70m section Ph = section neutre = section PE = 185 mm^2 (majoration de 20% de R). Difficulté ***</p>	
<p><u>Utilisation des tableaux fabricants :</u></p> <p>2^{ème} tableau K245 donne 82 m.</p> <p style="text-align: center;">CORRECT</p>	<p><u>Utilisation de la méthode conventionnelle :</u></p> <p style="text-align: center;">La formule précédente s'écrit :</p> $L_{max} = \frac{0,8 \times 230 \times 185}{(1,2 \times 0,023) \times (1+1) \times (6500 + 15\%)}$ <p style="text-align: center;">= 82,49 m</p> <p style="text-align: center;">CORRECT</p>
<p>5-Disjoncteur NS 400N STR23SE 400A $I_{mag} = 2500A \pm 15\%$. Réseau 231V Triphasé. Conducteur en aluminium: 50m section Ph = section neutre = 150 mm^2 section PE = 70 mm^2 (majoration 15% de R). Difficulté ****</p>	
<p><u>Utilisation des tableaux fabricants :</u></p> <p>3^{ème} tableau K244 donne 181 m. les facteurs de correction à appliquer sont 0,57 et 0,41.</p> <p>$L_{max} = 181 \times 0,57 \times 0,41 = 42,29 \text{ m}$</p> <p style="text-align: center;">INCORRECT</p>	<p><u>Utilisation de la méthode conventionnelle :</u></p> <p style="text-align: center;">La formule précédente s'écrit :</p> $L_{max} = \frac{0,8 \times 231/\sqrt{3} \times 150}{(1,15 \times 0,037) \times (1+(150/70)) \times (2500 + 15\%)}$ <p style="text-align: center;">= 41,54 m</p> <p style="text-align: center;">INCORRECT</p>

10-Corrigé des exercices d'application en régime IT :

<p>1-Disjoncteur C60a courbe C25 (Imag = 7 à 10 x In). Réseau 400V Triphasé neutre non distribué. Conducteur en cuivre : 50 m section Ph = section PE = 4 mm² Difficulté *</p>	
<p><u>Utilisation des tableaux fabricants :</u></p> <p>3^{ème} tableau K255 donne 56 m.</p> <p style="text-align: center;">Lmax = 56 m</p> <p style="text-align: center;">CORRECT</p>	<p><u>Utilisation de la méthode conventionnelle :</u></p> <p style="text-align: center;">La formule précédente s'écrit :</p> $L_{\max} = \frac{0,8 \times 400 \times 4}{(2 \times 0,023) \times (1+1) \times (10 \times 25)}$ <p style="text-align: center;">= 55,65 m</p> <p style="text-align: center;">CORRECT</p>
<p>2-Disjoncteur NS 80H MA Imag = 480A ± 20%. Réseau 400V Triphasé neutre distribué. Conducteur en cuivre : 140m section Ph = section neutre = 70 mm² section PE = 35 mm² Difficulté **</p>	
<p><u>Utilisation des tableaux fabricants :</u></p> <p>1^{er} tableau K256 donne 423 m. le facteur de correction à appliquer est de 0,4.</p> <p style="text-align: center;">Lmax = 423 x 0,4 = 169,2 m</p> <p style="text-align: center;">CORRECT</p>	<p><u>Utilisation de la méthode conventionnelle :</u></p> <p style="text-align: center;">La formule précédente s'écrit :</p> $L_{\max} = \frac{0,8 \times 231 \times 70}{(2 \times 0,023) \times (1+2) \times (480 + 20\%)}$ <p style="text-align: center;">= 162,74 m</p> <p style="text-align: center;">CORRECT</p>
<p>3-Disjoncteur NS 250N TMD 250A Imag = 2500A ± 20%. Réseau 231V Triphasé neutre non distribué. Conducteur en aluminium : 20m section Ph = 95 mm² section PE = 50 mm² Difficulté ***</p>	
<p><u>Utilisation des tableaux fabricants :</u></p> <p>3^{ème} tableau K257 donne 110 m. les facteurs de correction à appliquer sont 0,57 et 0,41.</p> <p style="text-align: center;">Lmax = 110 x 0,57 x 0,41 = 25,7 m</p> <p style="text-align: center;">CORRECT</p>	<p><u>Utilisation de la méthode conventionnelle :</u></p> <p style="text-align: center;">La formule précédente s'écrit :</p> $L_{\max} = \frac{0,8 \times 231 \times 95}{(2 \times 0,037) \times (1+(95/50)) \times (2500 + 20\%)}$ <p style="text-align: center;">= 27,26 m</p> <p style="text-align: center;">CORRECT</p>

<p>4-Disjoncteur NS 630N STR23SE $I_{mag} = 6300A \pm 15\%$. Réseau 400V Triphasé neutre distribué. Conducteur en cuivre: 50m section Ph = section neutre = section PE = 185 mm^2 (majoration de 20% de R). Difficulté ***</p>	
<p><u>Utilisation des tableaux fabricants :</u></p> <p>2^{ème} tableau K258 donne 74 m. le facteur de correction à appliquer est de 0,6.</p> <p style="text-align: center;">$L_{max} = 74 \times 0,6 = 44,4 \text{ m}$</p> <p style="text-align: center;">INCORRECT</p>	<p><u>Utilisation de la méthode conventionnelle :</u></p> <p style="text-align: center;">La formule précédente s'écrit :</p> $L_{max} = \frac{0,8 \times 231 \times 185}{(2 \times 1,2 \times 0,023) \times (1+1) \times (6300 + 15\%)}$ <p style="text-align: center;">= 42,74 m</p> <p style="text-align: center;">INCORRECT</p>
<p>5-Disjoncteur NS 1000N 800A $I_{mag} = 8000A \pm 15\%$. Réseau 231V Triphasé neutre distribué Conducteur en aluminium: 30m section Ph = section neutre = 240 mm^2 section PE = 120 mm^2 (majoration 25% de R). Difficulté ****</p>	
<p><u>Utilisation des tableaux fabricants :</u></p> <p>2^{ème} tableau K260 donne 72 m. les facteurs de correction à appliquer sont 0,57 et 0,25.</p> <p style="text-align: center;">$L_{max} = 72 \times 0,57 \times 0,25 = 10,26 \text{ m}$</p> <p style="text-align: center;">INCORRECT</p>	<p><u>Utilisation de la méthode conventionnelle :</u></p> <p style="text-align: center;">La formule précédente s'écrit :</p> $L_{max} = \frac{0,8 \times 231/\sqrt{3} \times 240}{(2 \times 1,25 \times 0,037) \times (1+ 2) \times (8000 + 15\%)}$ <p style="text-align: center;">= 10,02 m</p> <p style="text-align: center;">INCORRECT</p>