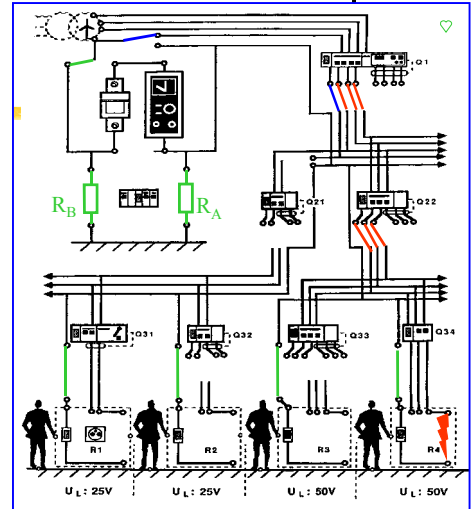


Protection des personnes,  
des biens  
et continuité de service

# Schémas de Liaison à la Terre



## Rappel des principales Normes

⌘ Internationale : CEI 364

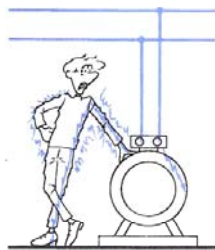
⌘ Française : **NF C 15-100**

☒ contact direct :

- ☒ Éloignement ou isolation
- ☒ TBTS ou TBTP (*classe III*)
- ☒ "DDR  $\leq 30$  mA (H.S.)"

☒ contact indirect :

- ☒ S.L.T.  $\Rightarrow$  **TT, TN** ou **IT**
- ☒ équipotentialité des masses (*mise à la terre ou au neutre*)
- ☒ isolation (*classe II*)



## Schéma de Liaison à la Terre

⌘ On s'intéresse à un conducteur actif actif :  
généralement le NEUTRE

$\Rightarrow$  1<sup>ère</sup> lettre (*générateur*)

⌘ On s'intéresse également aux MASSES

$\Rightarrow$  2<sup>ème</sup> lettre (*récepteur*)

## Régime TT

⌘ 1<sup>ère</sup> lettre : Neutre à la terre ( $R_B$ )

⌘ 2<sup>ème</sup> lettre : Masses à la terre ( $R_A$ )

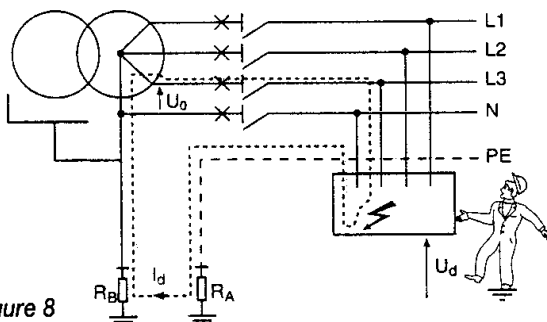
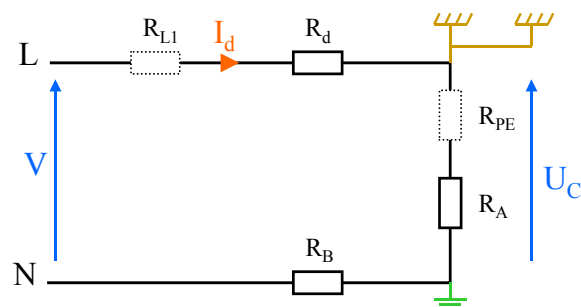


figure 8

## Régime TT schéma équivalent



## Régime TT valeurs

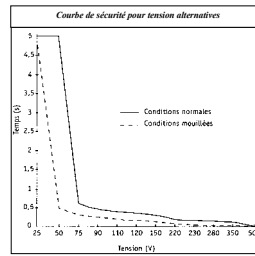
⌘ Dans l'exemple de la figure 8 on constate :

$$U_C = V \times \frac{R_A}{R_A + R_B}$$

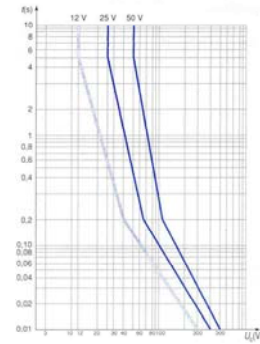
⌘ Remarque :

- ⊠ Si  $R_A = R_B$  alors  $U_C = V/2$  soit une tension généralement dangereuse !
- ⊠ il faut donc veiller à couper l'alimentation du circuit de défaut.

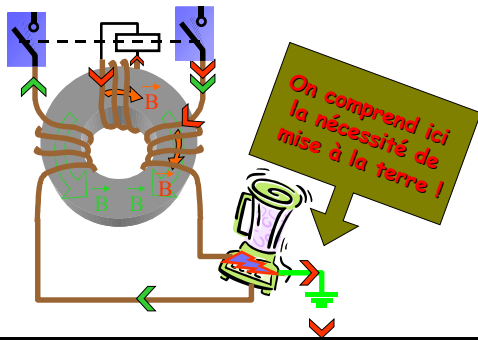
## Régime TT $t_{\text{déclenchement}}$



**Si le défaut est coupé rapidement le danger est supprimé**



## Régime TT → DDR



## Régime TT

→ déclenchement du DDR

⌘ Pour que le défaut soit détecté, il faut que le DDR soit suffisamment sensible :

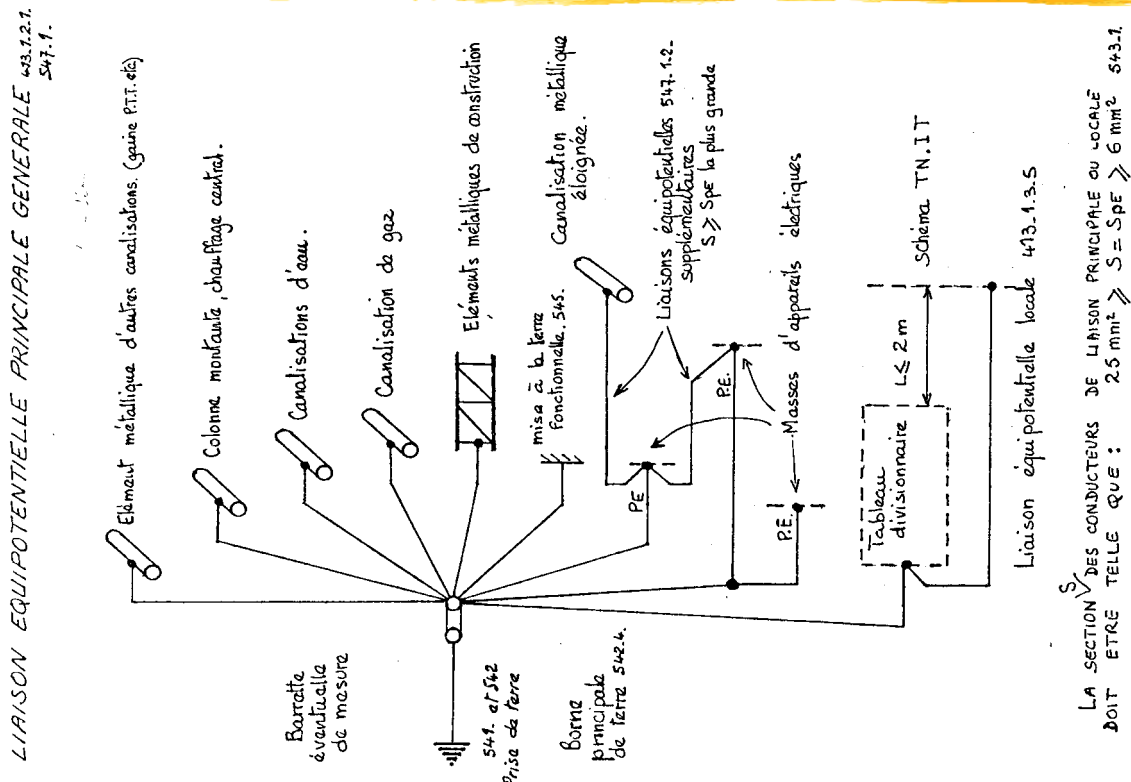
$$I_{\Delta N} < \frac{U_L}{R_A}$$

$I_{\Delta N}$  : sensibilité DDR (déclenche à partir de  $I_{\Delta N}/2$ )

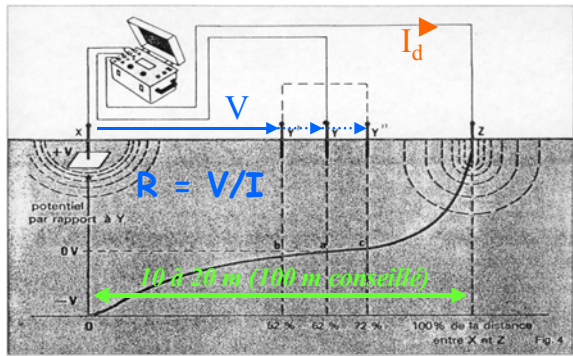
$U_L$  : tension limite de sécurité du local (général 50V-)

$R_A$  : raccord des masses à la terre.

# Régime TT liaisons à la terre



## Régime TT *mesure de terre*



Voir p.74 électrosystème T.

## Régime TT *conclusion*

- ⌘ La tension de contact peut être dangereuse, le défaut doit être supprimé très rapidement
  - ☒ voir  $t = f(U_c)$
- ⌘ Le courant de défaut étant faible, un **DDR est obligatoire** (30mA sur les risques de contacts direct)
- ⌘ La qualité des mises à la terre est essentielle.
  - ☒  $R_A \leq U_L / I_{\Delta n}$

## Régime TN

- ⌘ 1<sup>ère</sup> lettre : Neutre à la terre ( $R_B$ )
- ⌘ 2<sup>ème</sup> lettre : Masses au Neutre ( $R_A$ )
  - ☒ soit par un conducteur séparé (TN-S)
  - ☒ **Obligatoire pour les sections < 10 mm<sup>2</sup> (Cu) et < 16 mm<sup>2</sup> (Al)**
  - ☒ soit directement (TN-C)
  - ☒ **remarque : on peut avoir un TN-S à la suite d'un TN-C mais pas l'inverse !**

## Régime TN-S

Schéma TN-S

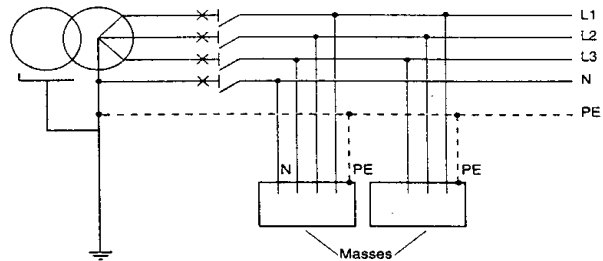


figure 9

## Régime TN-C

Schéma TN-C

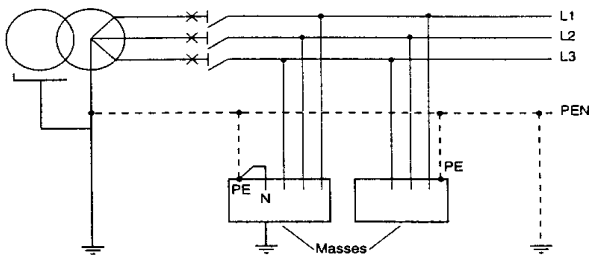


figure 10

## Régime TN-C-S

Schéma TN-C-S

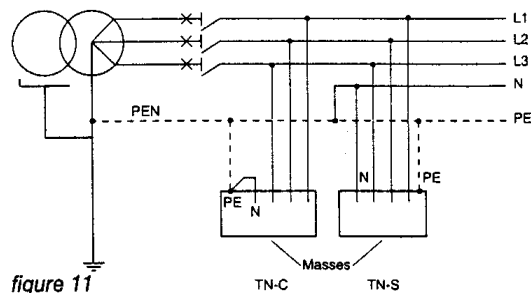
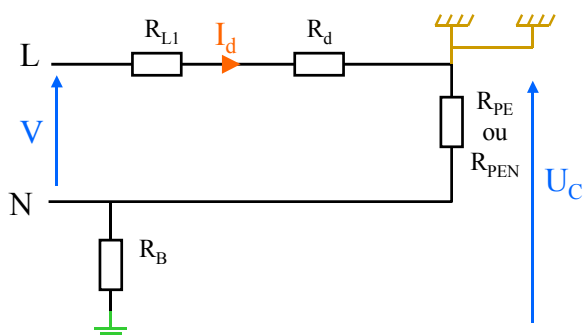


figure 11

## Régime TN *schéma équivalent*



## Régime TN *courant de défaut*

- ⌘ Que se soit en TN-C ou TN-S, lors de son apparition le défaut d'isolement se traduit par un **court-circuit**.
- ⌘ Afin de tenir compte des impédances en amont de l'installation, on admet une chute de tension de 20%.

$$I_{CC} = 0,8 \times \frac{V}{Z_i}$$

$$Z_i = \sqrt{\sum R^2 + \sum X^2}$$

## Régime TN résistances

- ⌘ Pour simplifier, on ne considère que les résistances (réactances négligées si  $S < 120 \text{ mm}^2$ ).
- ⌘ On peut déterminer la résistance d'un câble en faisant :

$$R = \rho \times \frac{L}{S}$$

**NF C 15-500 :**

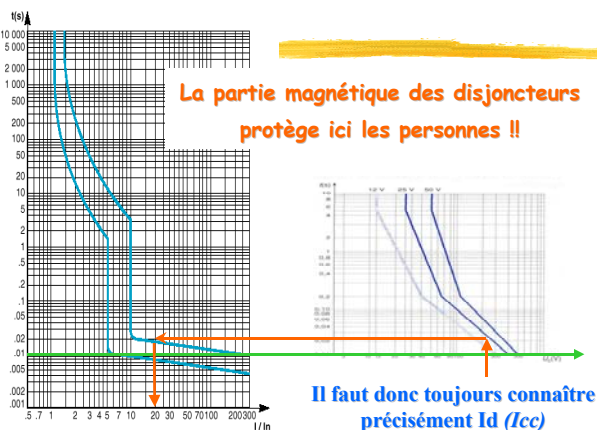
Cu  $\rho_0 = 18,51 \cdot 10^{-3} \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$   
 Al  $\rho_0 = 29,41 \cdot 10^{-3} \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

## Régime TN longueur des circuits

- ⌘ Le fort courant de défaut sera détecté par la partie magnétique des disjoncteurs. Il faut alors **veiller à toujours avoir** de forts courants !
- ⌘ C'est à dire que la **longueur** des circuits doit être **calculée précisément** :

$$L_{\max} = \frac{0,8 \times V \times S_{\text{ph}}}{\rho(1 + m) \times I_{\text{mag}}}$$

## Régime TN $t_{\text{déclenchement}}$



## Régime TN conditions

- ⌘ En TN, la sécurité des personnes est assurée par la partie **magnétique** des disjoncteurs !!
  - ☑ Il faut donc **toujours veiller** à avoir  **$I_{\text{cc}} > I_{\text{mag}}$**
- ⌘ Pour satisfaire cette condition, on peut :
  - ☑ augmenter la section des conducteurs ( $R_{\text{c}} \searrow ; I_{\text{cc}} \nearrow$ )
  - ☑ utiliser des déclencheurs à faible seuil (type G ou électroniques)  $\Rightarrow$  **diminuer  $I_{\text{mag}}$**

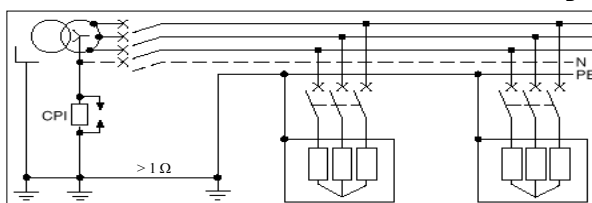
## Régime TN conclusion

*La maîtrise des impédances de boucle est essentielle.*

- ⌘ Le courant de défaut étant élevé, ce régime est interdit lors des risques d'explosion (ou **TN-S + DDR**).
- ⌘ **DDR- HS obligatoire** si risques de contacts direct.
- ⌘ Les PE(N) ne doivent jamais être coupé, donc **TN-C interdit si  $S \leq 10 \text{ mm}^2$  (Cu),  $S \leq 16 \text{ mm}^2$  (Al)**.
- ⌘ TN-C-S  $\Rightarrow$  oui      ~~TN-S-C~~  $\Rightarrow$  Non

## Régime IT

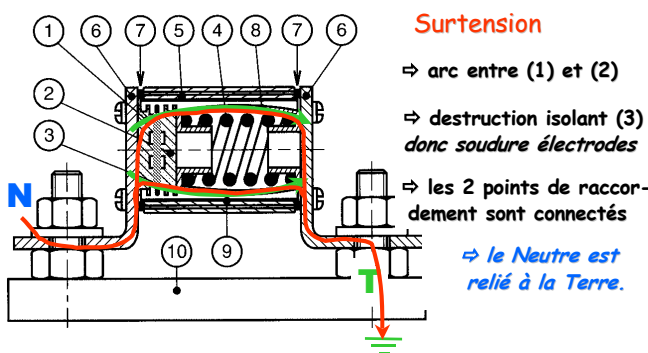
- ⌘ 1<sup>ère</sup> lettre : Neutre isolé de la terre ( $R_B$ )



- ☑ L'isolation est assurée par un **limiteur de surtension**.
- ☑ L'isolation doit être contrôlée en permanence par un **Contrôleur Permanent d'Isolation (C.P.I.)**

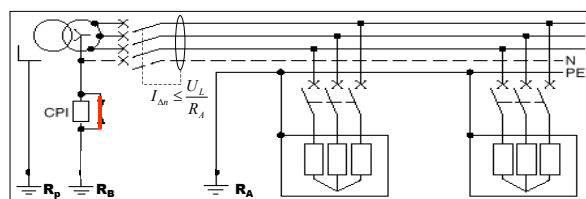
- ⌘ 2<sup>ème</sup> lettre : Masses à la Terre ( $R_A$ )

## Régime IT isolation p.103



## Régime IT $\Rightarrow$ TT

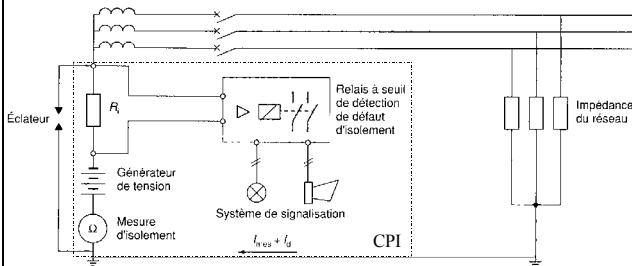
- ⌘ Après un défaut de **surtension** (foudre), le régime IT se transforme en **régime "TT" ou "TN"**.



- ⌘ Si  $R_p$ ,  $R_B$  et  $R_A$  ne sont pas reliées, il faut un **DDR**.

# Régime IT C.P.I. fonctionnement

p.99



⚡ Dès qu'un défaut d'isolement apparaît, un très faible courant mesure la résistance de "non-isolement".



### Utilisation

Réseau IT :  
 ■ BT alternatif jusqu'à 760 V (neutre accessible) ou 440 V (neutre non accessible)  
 ■ neutre isolé ou mis à la terre par une impédance capacitive.  
 TR22AH (optique) :  
 ■ haut seuil de défaut 1 à 251 kΩ  
 ■ classe MC, norme UTE C 63-080 spécifique au milieu hospitalier.

### Fonctionnement

Un seul appareil par réseau indépendant.  
 ■ Injection de tension continue.  
 ■ Mesure de l'isolement : par dispositif à microprocesseur, à partir du courant de fuite créé par la tension injectée dans le réseau. La mesure est indépendante des capacités de couplage à la terre.  
 ■ Lecture de l'isolement : affichage numérique.  
 ■ 1 seuil d'alarme prédéterminé par l'utilisateur.

### Type de réseau à surveiller

BT alternatif IT	tension entre phases	neutre accessible	< 760 V (c. 1700 V (1))
	tension non accessible	neutre non accessible	< 440 V (c. 1000 V (1))
	fréquence		50 à 1000 Hz
	étendue		0 à 50 km de câbles

### Caractéristiques électriques

dimension	type	numérique	
signalisation défauts	plage de lecture	0 à 511 kΩ	
	nombre de seuils	1 (généraliste)	
	réglage du seuil	TR22A	
		TR22AH	1,8 251 kΩ
temps de réponse			
test de l'appareil	du fonctionnement	2 s	
	des seuils	0,5 s	
appareil à sécurité positive (2)		oui	
contact de sortie	nombre	1	
inverseur	pouvoir de coupure	CA 220 V cos φ = 0,7	1 A
		CC 220 V L/R = 0	0,43 A
		CC 120 V L/R = 0	0,65 A
		CC 48 V L/R = 0	2,5 A
		CC 24 V L/R = 0	10 A

### Caractéristiques mécaniques

masse	impédance	100 kΩ
courant maximum injecté	consommation maxi	240 μA
5 VA		
signal de fonctionnement de l'alim. auxiliaire	inverseur du signal de recherche (3)	oui
seulement face avant	seulement face avant	oui
	seulement face avant	oui

### Autres caractéristiques

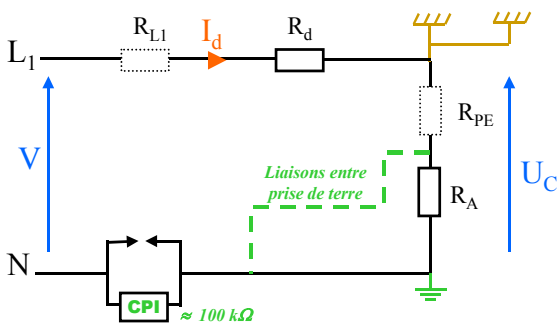
tenue en température	de fonctionnement	de -20 °C à +70 °C
	de stockage	de -40 °C à +100 °C
conditions climatiques	typicalisation	type T2 (4)

### Recherche de défaut associé

générateur XGR et récepteur XRM + processeur  
 (1) Tenseurs accessibles à TR22A équipé d'une platine additionnelle PI. TR22AH ne reçoit pas cette platine.  
 (2) Sécurité positive : le relais ne déclenche pas en cas de défaut, sauf en cas de dérèglement accidentel de la tension auxiliaire d'alimentation.  
 (3) Inverseur du signal de recherche : dispositif permettant d'identifier le défaut en défaut lors d'une recherche, par ouverture successive des répartiteurs. A l'ouverture du répartiteur en défaut, le klaxon se remet en fonctionnement.  
 (4) Température type T2 :  
 ■ Chaleur humide : 55 °C, 90% d'humidité relative, 28 cycles (selon norme CEI 60-2-300)  
 ■ Enthalpie salin : 10% NaCl, 48 heures, 3 mois de stockage (selon norme CEI 60-2-31).

# Régime IT sch. équiv. 1<sup>er</sup> défaut

p. 93 - 94



# Régime IT calcul en 1<sup>er</sup> défaut

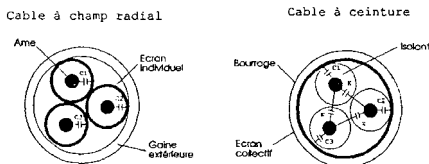
⚡ Vue l'impédance importante du CPI, la tension V se retrouve à ses bornes laissant ainsi une tension U<sub>c</sub> très faible.

⚡ Dans le cas d'un 1<sup>er</sup> défaut, aucun danger n'est présent.

$$I_d = \frac{V}{\sum R} \approx \frac{V}{R_{CPI}} = \frac{140}{100000} = 0,14 \text{ mA}$$

# Régime IT impédance de boucle

⚡ Si on regarde plus précisément, l'impédance d'isolement est en fait plus faible :



$$Z_f \approx$$

3500 Ω/km

Capacité de fuite d'un câble : C ≈ 0,3 μF / km.

Résistance d'isolement : ρ ≈ 10 MΩ / km.

# Régime IT fonctionnement

p. 94

⚡ Cas d'un 1<sup>er</sup> défaut (ex : Ph1/masse) :

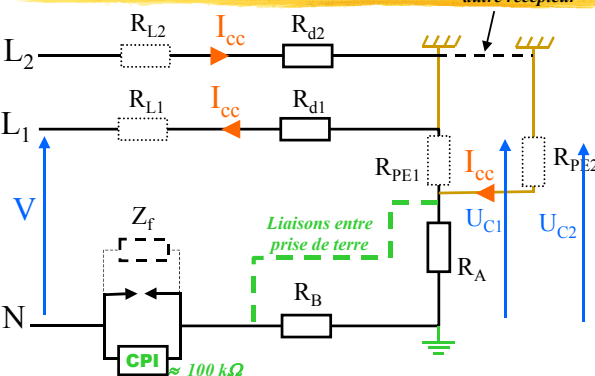
- ⊗ Courant et tension faible. Absence de danger.
- ⊗ Aucun déclenchement n'est nécessaire mais signalisation obligatoire.

⚡ Cas d'un 2<sup>ème</sup> défaut (ex : Ph2/masse) :

- ⊗ On se trouve maintenant en présence d'un court-circuit entre phase (ici Ph1 / Ph2) !
- ⊗ On peut alors se considérer en TN.

# Régime IT 2<sup>ème</sup> défaut

Si défaut dans un autre récepteur



# Régime IT courant de 2<sup>ème</sup> défaut

⚡ De même qu'en régime TN, on considère une chute de tension en ligne de 20%.

⚡ Le courant de court-circuit peut par contre être plus important :

si 2<sup>ème</sup> défaut entre phase/neutre :

$$I_{cc} = 0,8 \times \frac{V}{Z_f}$$

si 2<sup>ème</sup> défaut entre phase :

$$I_{cc} = 0,8 \times \frac{U}{Z_f}$$

$$Z_f = \sqrt{\sum R^2 + \sum X^2} \quad R = \rho \times \frac{L}{S}$$



## Régime IT 2<sup>ème</sup> défaut - longueur

••• ou moins important !

⚡ Si  $I_{cc}$  est trop faible, la sécurité des personnes n'est pas assurée :

⚡ Si le trajet du défaut est trop long,  **$I_{cc}$  faible** = déclenchement des disjoncteurs à vérifier !

Sch.équiv.  
2<sup>ème</sup> déf.

si 2<sup>ème</sup> défaut entre ph/N et 2 récepteurs éloignés :

$$L_{max.} = 0,8 \times \frac{V}{I_{mag.}} \times \frac{S_{ph}}{2 \cdot \rho(1 + m)}$$

p. 95

## Régime IT règles

⚡ 1<sup>er</sup> défaut : (ex : Ph1/masse, N/masse, ...)

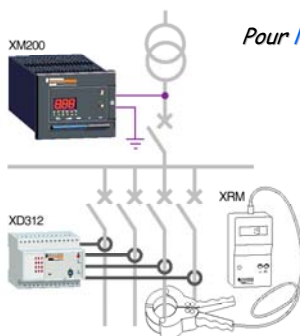
- ☑ pas de coupure mais signalisation. **Réparation !**
- ☑ masses à la terre correctement ( $RA \times Id \leq 50V$ ).

⚡ 2<sup>ème</sup> défaut : (ex : Ph2/masse) ⇔ ≡ TN

- ☑ coupure impérative.
- ☑ prises de terre reliées ensembles sinon DDR.
- ☑ comme en TN, maîtrise de la boucle de défaut. ( $I_{cc} = 0,8 \times U/Z$ )

## Régime IT recherche de 1<sup>er</sup> défaut

p. 99



Pour localiser un 1<sup>er</sup> défaut on peut :

- ⚡ ouvrir chaque départ ! (on perd ainsi la continuité de service)
- ⚡ injecter un courant basse fréquence (10Hz) dans l'installation puis détecter l'endroit où il passe.

1<sup>er</sup> niveau : détection et localisation automatique du défaut

## Fin

- « intersection - novembre 1998 »  
Schneider - guide technique -
- « électrosystème terminale »  
H. Ney
- « data STI »  
Foucher

Lycée du Val de Saône  
Ch. Pontvianne

# S.L.T. comparatif

p. 100

Critère de comparaison		TT	TN-S	TN-C	IT1*	IT2*
Protection des personnes contre les chocs électriques	contacts indirects	+	+	+	+	+
	contacts directs	+	+	+	+	+
Protection des personnes contre les risques d'incendie ou d'exploitation d'origine électrique		-	--	interdit	+	--
Continuité d'alimentation	creux de tension	+	-	-	++	-
	sélectivité	-	+	+	++	+
	déclenchement	-	-	-	+	-
	temps de recherche	-	+	+	-	+
	temps de réparation	--	---	---	-	---
Protection contre les surtensions	foudre sur HT	-	+	+	+	+
	claquage transformateur	-	+	+	+	+
Compatibilité électromagnétique (CEM)	rayonnements	+	-	--	++	-
	chutes de tension	+	-	-	++	-
	harmoniques	+	+	--	+	+
Coûts à la conception	étude de sélectivité	-	+	+	++	+
	calcul de L max	+	-	-	++	-
à l'installation	nombre de câbles	+	+	++	+	+
	nombre de pôles	+	+	++	+	+
	pose des câbles	-	--	--	++	--
	matériels spécifiques	-	+	+	-	+
à l'exploitation	recherche de défaut	-	+	+	--	+
	coût des réparations	--	---	---	-	---
	vérification des connexions	+	-	-	++	-
	facilité d'extensions	+	-	-	+	-

\*IT1 = schéma IT en situation de 1<sup>er</sup> défaut  
\*IT2 = schéma IT en situation de double défaut.

Pour le critère considéré :  
+ = avantage relatif du schéma  
- = inconvénient relatif du schéma