

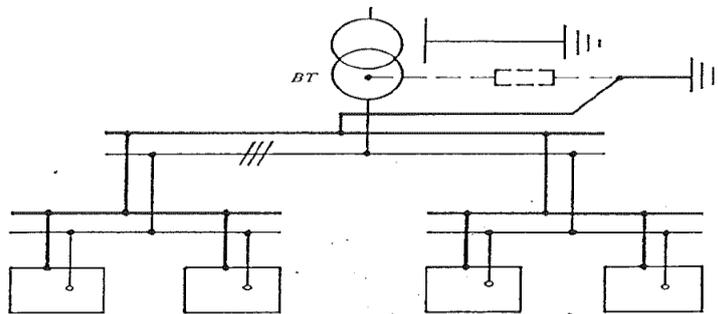
## 1. Définition du régime IT

Dans les réseaux à neutre isolé :

- Le neutre du transformateur est isolé de la terre ;
- Les masses d'utilisation sont reliées à la terre.

Ce type de schéma peut se rencontrer dans toute installation possédant son transformateur HT/BT. Il peut de plus être imposé par des textes officiels.

**Remarque :** Dans certains cas le neutre du transformateur peut-être mis intentionnellement à la terre, par l'intermédiaire d'une impédance de forte valeur. L'installation est alors à neutre impédant. Le choix d'une valeur correcte d'impédance fait que les conditions de protection resteront identiques à celles du neutre isolé. Les deux régimes sont donc semblables du point de vue fonctionnement.



## 2. Protection contre les surtensions.

Il faut préserver les installations BT contre les risques de surtension pouvant entraîner des claquages diélectriques du matériel.

Ces surtensions peuvent provenir :

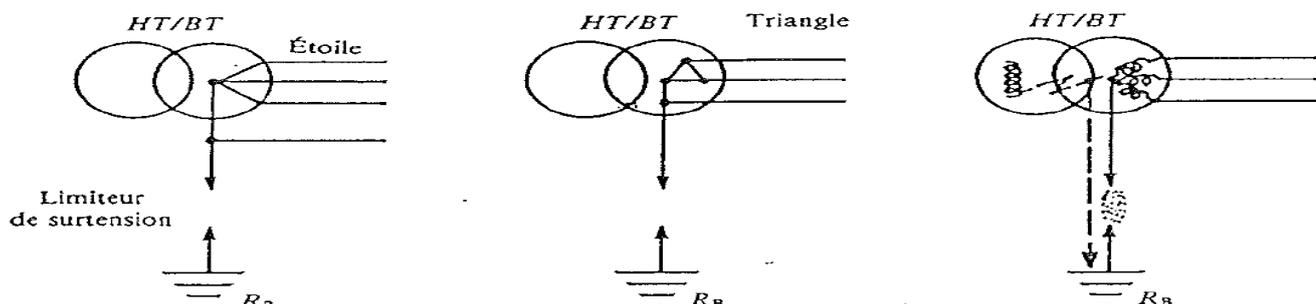
- de défaut d'isolement de transformateurs (amorçage entre enroulement primaire et secondaire);
- de phénomènes atmosphériques (coup de foudre sur une ligne aérienne côté haute tension);
- de manœuvres de l'appareillage HT.

Le neutre BT étant isolé de la terre, il est obligatoire de pouvoir écouler ces surtensions en installant un limiteur de surtension.

### 2.1 Emplacement des limiteurs :

Un limiteur de surtension est obligatoire par transformateur HB/BT. Si le limiteur de surtension amorce, le réseau passe alors à neutre direct à la terre.

Pour que la protection soit correctement assurée, limiteur doit constituer un point faible Dans l'installation et réaliser une liaison directe entre les conducteurs actifs et la terre avant l'apparition de tension supérieure à la tenue diélectrique des matériels BT :



La tension, à partir de laquelle le limiteur agit, est dite tension d'amorçage.

## 2.2 Choix des limiteurs.

Trois critères sont pris en compte pour déterminer le choix :

- la tension nominale de l'installation;
- le niveau d'isolement de l'installation (tenue diélectrique);
- le mode de connexion du limiteur de surtension (neutre-terre ou phase-terre).

Le tableau ci-dessous indique, pour chaque type limiteur normalisé le niveau de protection effectif assuré suivant le mode connexion.

Tension nominale de l'installation (V)	Limiteur connecté entre neutre et terre			Limiteur connecté entre phase et terre		
	Niveau d'isolement minimal de l'installation (V)	Tension nominale du limiteur (V)	Niveau de protection effectif (V)	Niveau d'isolement minimal de l'installation (V)	Tension nominale du limiteur (V)	Niveau de protection effectif (V)
127/220	1 100	250	900	1 200	250	1 000
220/380	1 200 1 650	250 440 (*)	1 000 1 350	1 800	440	1 500
277/480 ou 290/500	1 700 2 300	440 660 (*)	1 400 1 900	2 600	660	2 150
380/660	1 800 2 400	440 660 (*)	1 500 2 000	2 800	660	2 300
580/1 000	2 700	660	2 240	—	—	—

**Question 2.2 : D'après le tableau ci-dessus donner :**

- le niveau d'isolement minimal d'une installation alimentée en en 220Ventre phases ;  
**Limiteur est connecté entre neutre et terre. La tension nominale de la maquette est 127/220V, on en déduit:**
  - **un niveau d'isolement minimal de 1100V**
- La tension nominale et le niveau de protection du limiteur qui protège la maquette.
  - **tension nominale du limiteur=250V**
  - **niveau de protection effective de 900V<1100V**

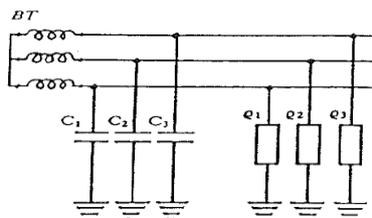
## 3. Etude d'un défaut d'isolement.

Toute installation n'a pas un niveau d'isolement infini, elle possède entre phase et terre, une résistance d'isolement qui varie en fonction du vieillissement des isolants, des récepteurs, des conditions d'humidité...

Ordre de grandeur : 10 MΩ par Kilomètre pour un réseau neuf.

De plus, les câbles possèdent, entre phase et terre une, capacité.

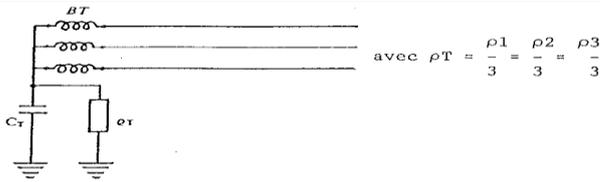
**Question 3.1 :** On peut représenter ces capacités et ces résistances par 3 condensateurs C1, C2 et C3 et les 3 résistances par ρ1, ρ2 et ρ3. D'où le schéma équivalent :



Si les trois phases ont même longueurs, comparer C1, C2 et C3 ainsi que ρ1, ρ2 et ρ3.

$$C1=C2 =C3 \text{ et } \rho1= \rho2= \rho3$$

**Question 3.2 :** On peut ramener ces condensateurs et ces résistances entre neutre et la terre.



Exprimer  $C_T$  en fonction de  $C_1$ ,  $C_2$  et  $C_3$ .

**$C_T = C_1 + C_2 + C_3 = 3.C_1 = 3.C_2 = 3.C_3$**

**Question 3.3 :**

La capacité uniformément répartie phase-terre correspond approximativement à  $0,3\mu\text{F}/\text{Km}$  par phase de câble BT.

La résistance uniformément répartie phase-terre correspond approximativement à  $10\text{M}\Omega/\text{Km}$  par un câble BT sans défaut.

a. Pour un réseau de câble de  $1\text{Km}$  de longueur totale déterminer  $C_T$ ,  $\rho_T$ ,  $Z_{CT} = 1/(C_T \cdot \omega)$ .

**$\rho_i = 10\text{M}\Omega/\text{Km}$        $C_i = 0,3\mu\text{F}/\text{Km}$**

**Pour un réseau en câble de  $1\text{Km}$ , on a :**

**-  $\rho_t = 10\text{M}\Omega$  et  $\rho_t = 10/3 = 3,33\text{M}\Omega$**

**-  $C_i = 0,3\mu\text{F}$  et  $C_t = 3 \times 0,3\mu = 0,9\mu\text{F}$**

**donc  $Z_{ct} = 1/ct\omega = 1/(0,9 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50)$**

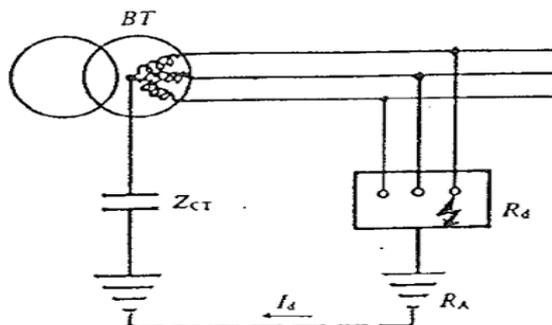
**$Z_{ct} = 1/ct\omega = 3537\Omega$**

b. Comparer  $\rho_T$  et  $Z_{CT}$  (conclusion).

**$\rho_t = 3,33\text{M}\Omega$  et  $Z_{ct} = 1/ct\omega = 3537\Omega$**

**Ces deux impédances sont en parallèle, on peut négliger l'influence de  $\rho_t$  devant  $Z_{ct}$**

c. En négligeant l'effet de la résistance d'isolement, le courant de défaut est limité par l'impédance capacitive :



Réseau  
230/400V

1Km de câbles

$R_A = 10\Omega$

$c = 0,3\mu\text{F}/\text{Km}$

$C_T = 3 \cdot c$

$R_d = 0\Omega$

- Calculer la valeur du courant de défaut  $I_d$  ;

**$I_d = V/(R_d + R_A + Z_{ct}) = 230/(10 + 3537) = 64,8\text{mA}$**

- Calculer l'élévation du potentiel des masses  $U_c$ ;

$$U_c = R_A \cdot I_d = 10 \times 0,065 = 0,65V$$

- Comparer  $U_c$  avec les tensions de sécurité. Conclusion.

**La tension de contact  $U_c$  est inférieure aux tensions de sécurité, donc on peut dire que le premier défaut d'isolement n'est pas dangereux.**

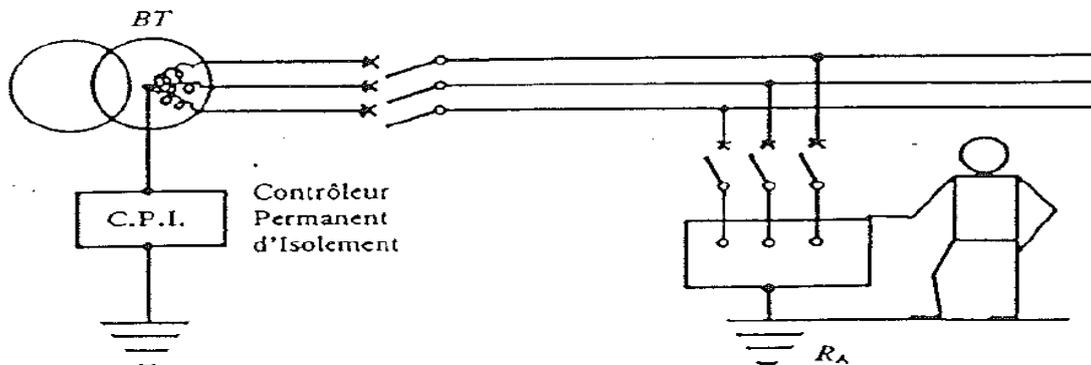
### 3.1 Règles à appliquer

Le défaut simple n'est pas dangereux, donc le déclenchement n'est pas obligatoire. Une installation de ce type peut rester en service avec une phase à la masse sans danger pour les personnes.

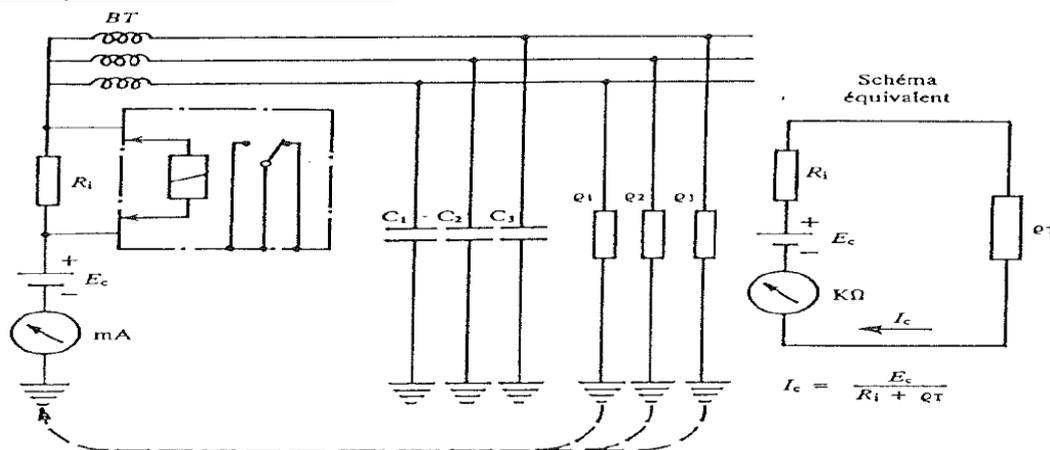
Toutefois, si deuxième défaut intervient (défaut double), des potentiels dangereux peuvent apparaître. Les règlements obligent de signaler, rechercher et éliminer le premier défaut. Si ces opérations sont correctement remplies, les risques de retrouver en situation de défaut double seront minimisés.

### 3.2 Signalisation d'un défaut simple.

La signalisation d'un défaut d'isolement se fait à l'aide d'un Contrôleur Permanent d'Isolement (CPI).



#### Principe du CPI (par injection de courant continu)



Un générateur injecte une tension continue entre le réseau (par un point neutre accessible ou artificiel) et la terre. Cette tension, créée, dans l'ensemble des résistances  $p_1$ ,  $p_2$  et  $p_3$ , un courant de fuite dont la valeur est fonction de l'isolement.

Un appareil de mesure, parcouru par ce courant et directement gradué en  $K\Omega$ , donne l'indication permanente de l'isolement.

Une résistance  $R_i$  assure d'une part, la protection du dispositif en cas de mise à la terre franche et délivre, d'autre part, la tension nécessaire à la commande du relais électronique actionnant l'alarme.

**Question 3.2.1 :** Quelle est l'influence des capacités des câbles  $C_1$ ,  $C_2$  et  $C_3$  sur la mesure de l'isolement ?

**Aucune car la fréquence est nulle donc impédance infinie.**

Lorsque l'isolement global du réseau devient défectueux et atteint la valeur de consigne, la tension continue aux bornes du relais atteint le seuil de ce dernier qui fonctionne et provoque l'excitation d'un relais électromagnétique dont le contact inverseur bascule.

Le dispositif contrôle la valeur de l'isolement global du réseau par rapport à la terre. Toute baisse d'isolement même uniformément répartie est vue par ce dispositif.

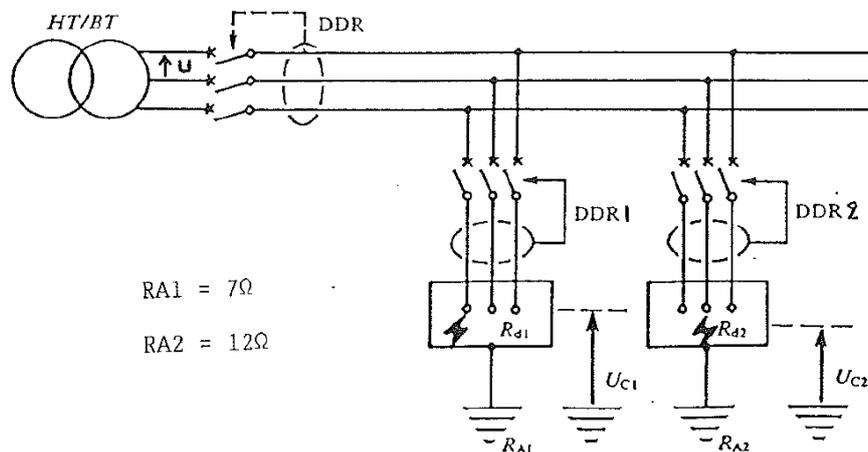
**Exemple d'appareillage :** CPI TR 23 à injection de courant continu à seuil ajustable de  $500\Omega$  à  $30K\Omega$ .

#### 4. Etude d'un défaut double.

**Question 4.1 :** Donner la définition d'un double défaut d'isolement.

**Deux défauts d'isolement sur deux conducteurs actifs différents**

##### 4.1 Les masses d'utilisation ne sont pas interconnectées



##### Question 4.1.1

- Représenter le parcours du courant de défaut  $I_d$ .
- En supposant des défauts francs, exprimer  $I_d$  est fonction de  $U$ ,  $RA1$  et  $RA2$ .

$$I_d = U / (RA1 + RA2)$$

- On a un réseau triphasé  $3 \times 400V$ , calculer :
  - Le courant de défaut  $I_d$  ;

Réseau 3x380V donc  $ID=380/(7+12)=20A$

- L'élévation du potentiel des masses pour chaque récepteur ( $U_{C1}$  et  $U_{C2}$ ).

$$UC1=RA1.ID=7.20=140V$$

$$UC2=RA2.ID=12.20=240V$$

- Comparer ces potentiels avec les tensions de sécurité (conclusion).

**Conclusion: Ces potentiels sont supérieurs aux tensions de sécurité donc dangereux.**

**Il faut que les appareils de protections interviennent avant le temps défini par les courbes de sécurité.**

Les conditions de protection sont les mêmes qu'en régime TT. Le déclenchement se fera par les dispositifs différentiels à courant résiduel DDR à installer sur chaque départ alimentant un groupe de masses interconnectées.

#### Question 4.1.2

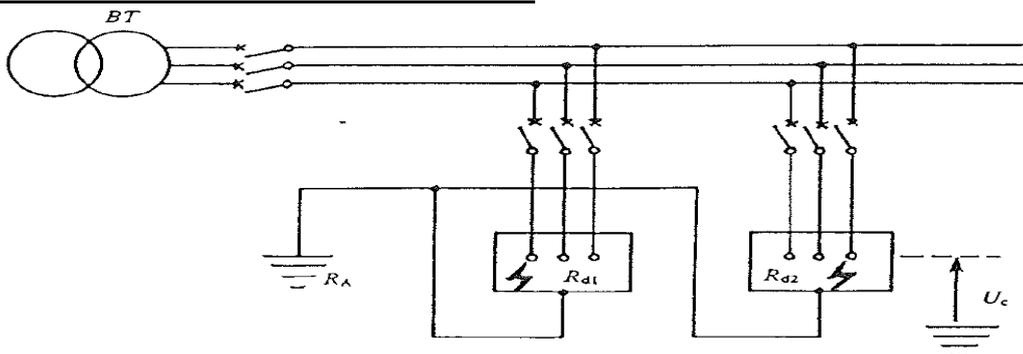
Si la tension de sécurité est de 50V, calculer pour l'exemple précédent la sensibilité de chaque dispositif différentiel (DDR1 et DDR2) pour que la protection des personnes soit assurée sur chaque récepteur.

**Il faut  $I\Delta n \leq UL/R_u$ , donc:**

$$I\Delta n1 \leq UL/RA1 = 50/7 = 7,14A$$

$$I\Delta n2 \leq UL/RA2 = 50/12 = 4,17A$$

#### 4.2 Les masses d'utilisation sont interconnectées.



#### Question 4.2.1

- Représenter le parcours du courant de défaut  $I_d$ .
- Au niveau de l'installation, que va entraîner ce courant de défaut  $I_d$  ?

**Le courant de défaut ne passant pas par la prise de terre des masses. C'est la résistance des conducteurs et les résistances de défaut ( $R_{d1}$  et  $R_{d2}$ ) qui limite l'intensité  $I_d$ . Il y a donc risque d'avoir une surintensité importante dans l'installation.**

c. Quels types d'appareils peut-on utiliser pour se protéger contre ces défauts ?

**Pour se protéger contre les doubles défauts d'isolement, on peut utiliser les appareils de protection classiques contre les fortes surintensités tels que les fusibles ou le déclencheur magnétique d'un disjoncteur.**

d. Quelles performances doivent assurer les appareils pour garantir la protection des personnes dès l'apparition d'un défaut double ?

**Ces appareils doivent couper l'installation dans un temps inférieur à celui donné par les courbes de sécurité.**

**Il faut donc que :**

$$I_d \geq I_m \text{ donc que } Z_s \leq U/I_m$$

**Avec U: tension composée entre phases**

**Im: intensité provoquant le déclenchement du magnétique**

Comme en régime TN, si  $Z_s$  est l'impédance de la boucle en défaut, il faut pour assurer la protection des personnes  $I_d \geq I_m$  ou  $I_{fu}$ , donc que :

$$Z_s \leq \frac{U}{I_d} \text{ (cas du disjoncteur)}$$

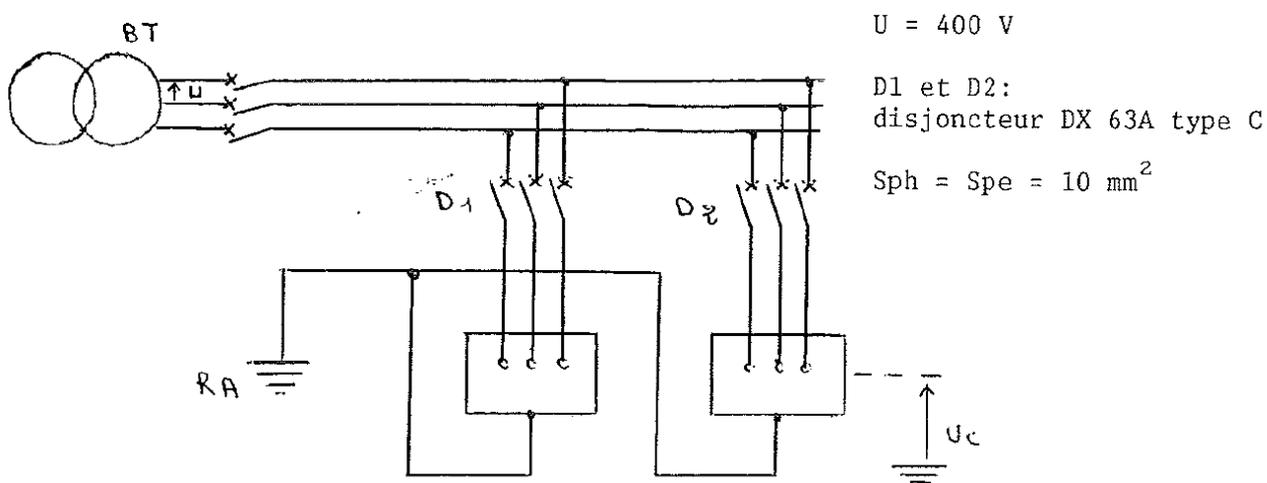
$$Z_s \leq \frac{U}{I_{fu}} \text{ (cas du fusible)}$$

Avec : - U tension composée

- $I_m$  : intensité de déclenchement de l'élément magnétique du disjoncteur ;
- $I_{fu}$  : intensité de fusion du fusible.

**Remarque :** Comme en régime TN, de l'inégalité précédente en résulte une inégalité sur les longueurs maximales des câbles d'alimentation.

**Question 4.2.** Soit l'installation suivante :



Déterminer à partir des tableaux constructeurs la longueur maximale des câbles d'alimentation pour que la protection des personnes soit assurée.

En TN d'après le tableau  $L_{\max}=65\text{m}$

En IT on multiplie par un coefficient de 0,72.

Donc  $L_{\max}=0,72 \cdot 65 = \underline{46,8\text{m}}$