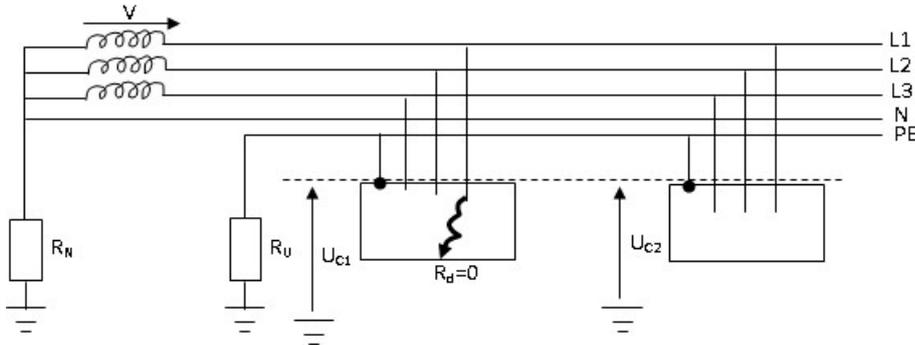


# TECHNIQUES D'EXPLOITATION ET DE PROTECTION DES REGIMES DE NEUTRE

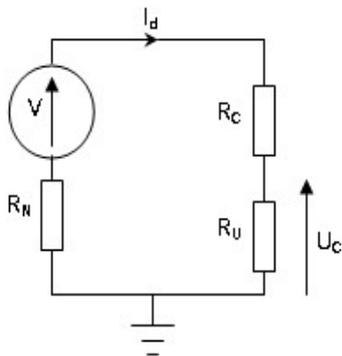
1) REGIME TT

1-1) Etude d'un défaut d'isolement



a) Schéma équivalent du défaut

La mise accidentelle sous tension d'une masse provoque un courant de défaut  $I_d$  (ou courant de fuite  $I_f$ ) qui circule en passant par les résistances  $R_C$ ,  $R_U$  et  $R_N$ .



- $R_C$ : résistance totale des conducteurs de la lignes.  
 $R_C$  est très faible devant  $R_N$  et  $R_U$
- $R_N$  et  $R_U$ : résistances des prises de terre.

b) Calcul du courant de défaut  $I_d$  et de la tension de contact  $U_C$

La loi des mailles nous donne :

$$V - R_C I_d - R_U I_d - R_N I_d = 0 \Rightarrow I_d (R_C + R_U + R_N) = V \Rightarrow I_d = \frac{V}{R_C + R_U + R_N} \text{ or } R_C \text{ est très faible devant}$$

$R_N$  et  $R_U$ ; on peut donc écrire :

$$I_d = \frac{V}{R_U + R_N}$$

Une personne touchant à la masse sera soumise à une tension appelé tension de contact ( $U_C$ ) :

$$U_C = R_U I_d \Rightarrow U_C = \frac{V \cdot R_U}{R_U + R_N}$$

Exemple :  $V=230V$  ;  $R_U=15\Omega$  et  $R_N=30\Omega$

$$U_C = \frac{230 \cdot 15}{15 + 30} \Rightarrow U_C = 76,66V$$

Cette valeur de la tension  $U_C$  est dangereuse pour les utilisateurs car elle est plus grande que les tensions limites de sécurité  $U_L$ .

**1-2) Technique d'exploitation**

La tension de contact  $U_c$  pouvant être souvent dangereuse pour les personnes, il est nécessaire de prévoir un système qui coupera l'alimentation chaque fois qu'il se produira un défaut d'isolement entre une phase et une masse.

La technique d'exploitation du régime TT est donc : **la coupure de l'alimentation à chaque défaut d'isolement.**

**1-3) Technique de protection des personnes**

Elle est réalisée par **la mise à la terre des masses associée à l'emploi obligatoire de dispositifs différentiels (au moins un en tête de l'installation).**

Conditions d'une bonne protection :

- ✓ En présence ou pas d'un DDR, il faut  $U_C \leq U_L$
- ✓ Pour que le DDR réagisse en cas de défaut, il faut que son seuil de réglage (sensibilité) ( $I_{\Delta n}$ ) soit inférieur ou égal au courant de défaut  $I_d$  :  $I_{\Delta n} \leq I_d$

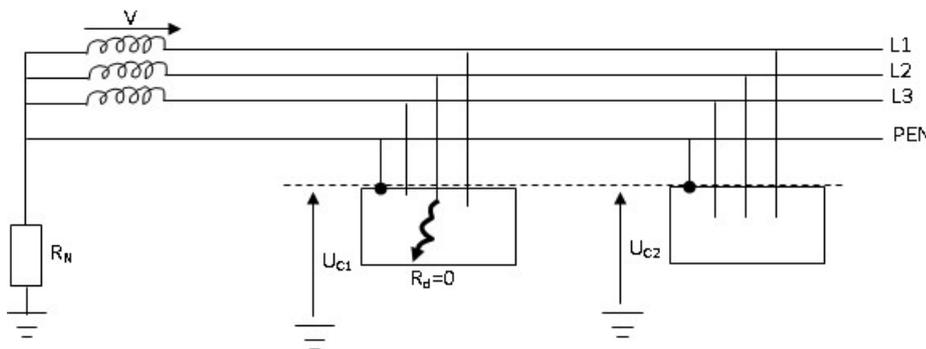
Ainsi, connaissant  $R_U$  et  $U_L$ , on pourra déterminer la sensibilité du DDR :

On a : 
$$\left. \begin{matrix} I_{\Delta n} \leq I_d \\ I_d = \frac{U_c}{R_U} \end{matrix} \right\} \Rightarrow I_{\Delta n} \leq \frac{U_C}{R_U} \text{ or, } U_C \leq U_L.$$
 En prenant la valeur maxi de  $U_C$ , c'est-à-dire

$U_C = U_L$ , on obtient : 
$$I_{\Delta n} \leq \frac{U_L}{R_U}$$

**2) REGIME TN**

**2-1) Etude d'un défaut d'isolement**



**a) Schéma équivalent du défaut**

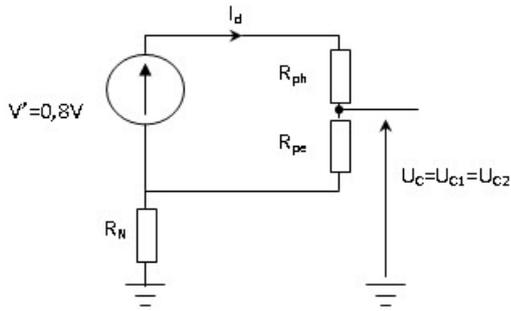
A la mise sous tension accidentelle de la masse d'un récepteur, il se produit un courant de défaut  $I_d$ . Dans les deux cas de régime TN (TNC ou TNS), le courant  $I_d$  n'est limité que par les impédances des lignes et de la source. Le défaut est alors assimilable à un défaut de court circuit.

**Hypothèses**

- Lorsqu'il se produit un court circuit dans une installation électrique, la tension aux bornes du transformateur chute en prenant une valeur  $V'$  sensiblement égale à 0,8 de la valeur nominale de la tension secondaire  $V$ .
- On néglige les réactances des conducteurs devant les résistances. Les impédances  $Z$  des lignes se réduisent alors en des résistances  $R$ .  
Soit  $R_{ph}$  la résistance d'un conducteur de phase et  $R_{pe}$  la résistance du conducteur de protection PE ou PEN

- Le conducteur de protection chemine à côté des conducteurs de phase correspondants. Ainsi, on considère que la longueur du conducteur de phase est égale à celle du conducteur de protection.

On obtient le schéma suivant :



### b) Calcul de la tension de contact $U_C$

La loi des mailles donne :  $V' - R_{ph} I_d - R_{pe} I_d = 0 \Rightarrow I_d (R_{ph} + R_{pe}) = V' \Rightarrow I_d = \frac{V'}{R_{ph} + R_{pe}}$

Or  $V' = 0,8 \times V \Rightarrow I_d = \frac{0,8 \cdot V}{R_{ph} + R_{pe}}$

On a :  $U_C = R_{pe} \cdot I_d$  ou  $U_C = \frac{0,8 \cdot V \cdot R_{pe}}{R_{ph} + R_{pe}}$

### Exemple :

Ligne réalisée à l'aide d'un câble H07 RNF4 G 35 mm<sup>2</sup> ; L=45m

Installation alimentée par un transformateur délivrant une tension nominale  $V=230V$

### Solution

L'âme des conducteurs du câble est en cuivre.

Le conducteur de phase et le conducteur de protection constitue le même câble. Ils ont donc les

mêmes dimensions L et S.  $\Rightarrow R_{ph} = R_{pe} = \frac{\rho \cdot L}{S} = \frac{0,0225 \times 45}{35} = 0,029 \Omega$

$$I_d = \frac{0,8 \times 230}{0,029 + 0,029} = 3180,247 \text{ A} \quad U_C = 0,029 \times 3180,247 = 92 \text{ V}$$

$I_d$  est très grand comme un courant de court circuit. Il est donc dangereux pour le matériel.

$U_C$  est grande que les tensions limites de sécurité. Elle est donc dangereuse pour les usagers.

### 2-2) Technique d'exploitation

Compte tenu du fait que dans ce régime, chaque défaut d'isolement équivaut à un défaut de court circuit, il nous faut adopter une technique d'exploitation qui est : **la coupure de l'alimentation au premier défaut d'isolement.**

### 2-3) Technique de protection des personnes

Dans ce régime, la protection des personnes contre les contacts indirects nécessite :

- ✓ l'interconnexion des masses et leur mise au neutre impératives ;
- ✓ la coupure à chaque défaut d'isolement par un dispositif de protection contre les surintensités (disjoncteur magnétique ou fusible).

#### a) Condition de fonctionnement du disjoncteur ou fusible

Pour que le disjoncteur magnétique ou le fusible fonctionne, il faut :  $I_d \geq I_{\text{magn}} (I_f)$

#### b) Contrôle par calcul de la protection contre les contacts indirects en fonction de la longueur de la ligne

En gardant les mêmes hypothèses que pour l'étude d'un défaut d'isolement, on peut calculer, pour une installation électrique, la longueur maximale ( $L_{\text{max}}$ ) pour laquelle la protection contre les contacts indirects est assurée.

Ainsi, on démontre que : 
$$L_{\max} = \frac{0,8 \cdot V \cdot S_{ph}}{\rho \cdot (1 + m) \cdot I_{\text{magn}} \text{ (ou } I_f)}$$

- avec :
- $L_{\max}$  : longueur maximale en m
  - $V$  : tension simple nominale
  - $S_{ph}$  : section des conducteurs de phases en  $\text{mm}^2$
  - $\rho$  : résistivité des conducteurs à la température de fonctionnement normal en  $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$  ( $\rho_{Cu}=0,0225 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$  et  $\rho_{Al}=0,036 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ )

- $m$  : rapport entre  $S_{ph}$  et  $S_{pe}$  ( $m = \frac{S_{ph}}{S_{pe}}$ )
- $I_{\text{magn}}$  : courant de fonctionnement du déclencheur magnétique
- $I_f$  : courant de fusion du fusible

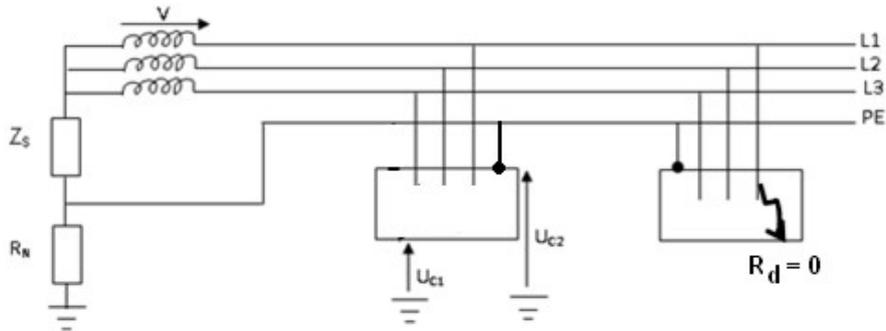
Il est aussi démontré que : 
$$U_c = \frac{0,8 \cdot V \cdot m}{1 + m} \quad \text{et} \quad I_d = \frac{0,8 \cdot V \cdot S_{ph}}{\rho \cdot L \cdot (1 + m)}$$

**3) REGIME IT**

**3-1) Etudes de défauts d'isolement**

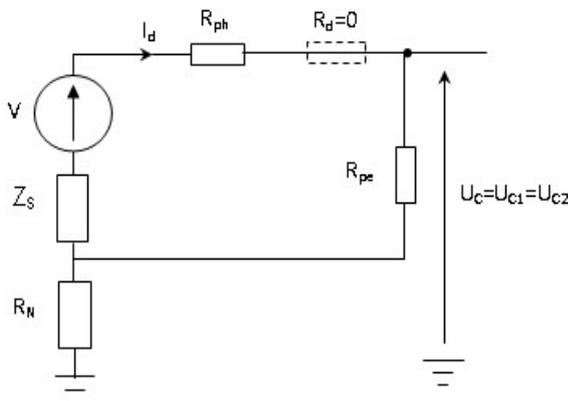
**3-1-1) Défaut simple**

On appelle **défaut simple tout défaut d'isolement entre un conducteur de phase et la masse d'un appareil.**



**a) Schéma équivalent**

En cas de défaut d'isolement entre une phase et la masse d'un récepteur, il se produit un courant de défaut  $I_d$  qui circule dans le conducteur de phase, dans le conducteur de protection PE et dans l'impédance  $Z_S$ .



**b) Calcul du courant  $I_d$  et de la tension de contact  $U_C$**

De la loi des mailles appliquée à ce schéma équivalent, on tire :

$$I_d = \frac{V}{R_{ph} + R_{pe} + Z_S} \quad \text{et} \quad U_C = R_{pe} \cdot I_d = \frac{V \cdot R_{pe}}{R_{ph} + R_{pe} + Z_S}$$

En pratique et dans les normes :

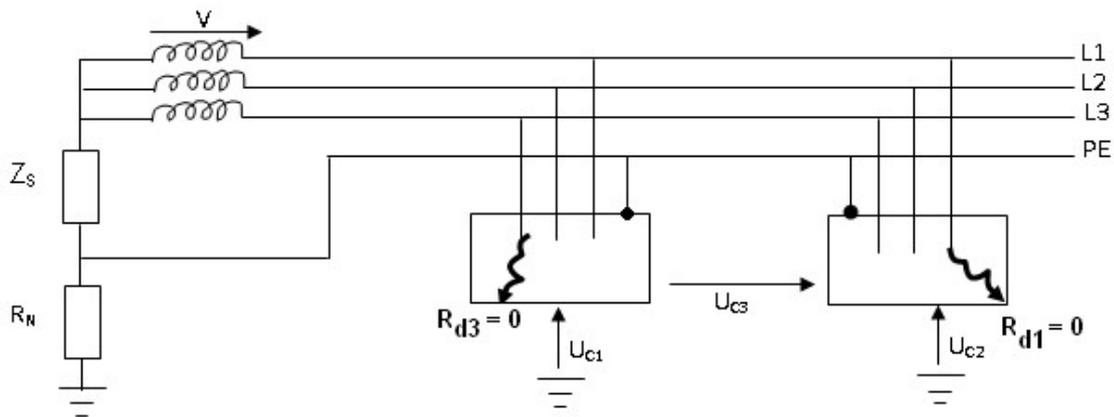
- ✓  $R_{ph}$  et  $R_{pe}$  sont dans l'ordre du  $m\Omega$  alors que  $Z_s$  vaut des  $K\Omega$  ;
- ✓  $V$  est une basse tension ; donc au plus égale à 1000V (généralement égale à 127V-130V-220V-230V).

Tout ce qui précède équivaut à dire que  $Z_s$  est très grand devant  $R_{ph}$ ,  $R_{pe}$  et  $V$ . Or, pour le calcul de  $I_d$  ou de  $U_c$ ,  $Z_s$  est au dénominateur ; ce qui entraîne que  $I_d$  et  $U_c$  tendent tous deux vers 0. C'est dire qu'il n'y a pas de danger pour le matériel et pour les personnes.

Il n'est donc pas nécessaire de couper l'alimentation en cas d'un défaut simple, mais, il faut le signaler et chercher à l'éliminer.

**3-1-2) Défaut double**

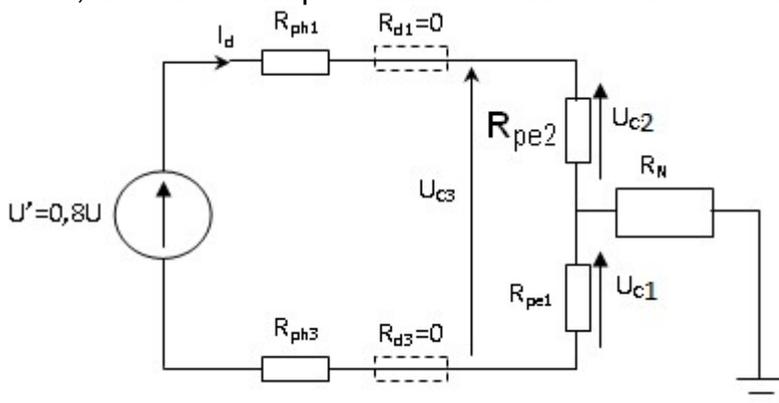
Il y a **défaut double** lorsqu'il se produit ensemble deux défauts d'isolement entre deux conducteurs de potentiels différents et les masses de l'installation.



**a) Schéma équivalent du défaut**

Que le défaut double survienne sur un même appareil ou sur deux appareils différents, nous nous trouvons dans une situation de court circuit entre deux phases car, les masses sont interconnectées. Le courant de défaut n'est limité que par les impédances des lignes et de la source.

En considérant que les impédances des lignes se réduisent en des résistances et qu'en court circuit, la tension composée aux bornes de la source est  $U'=0,8xU$ , on obtient le schéma suivant.



**b) Calcul de  $I_d$  et des tension de contact  $U_c$**

A partir du schéma équivalent au défaut, on tire les relation suivantes :

$$I_d = \frac{0,8 \cdot U}{R_{ph1} + R_{pe1} + R_{pe2} + R_{ph3}}$$

$$U_{C1} = R_{pe1} \cdot I_d$$

$$U_{C2} = R_{pe2} \cdot I_d$$

$$U_{C3} = (R_{pe1} + R_{pe2}) I_d$$

Or, dans les normes,  $R_N$ ,  $R_{ph1}$ ,  $R_{ph2}$ ,  $R_{ph3}$ ,  $R_{pe1}$ ,  $R_{pe2}$  et  $R_{pe3}$  sont toutes très petites. Ceci entraîne que  $l_d$  est très grand et que les tensions de contact  $U_{c1}$ ,  $U_{c2}$  et  $U_{c3}$  ne sont pas négligeables. Il y a alors danger de court circuit. D'où la nécessité de couper l'alimentation par un dispositif de protection contre les surintensités.

### 3-2) Technique d'exploitation

Pour l'exploitation de ce régime, il nous faut :

- ✓ la signalisation du premier défaut (défaut simple) ;
- ✓ la recherche et l'élimination obligatoire de ce défaut simple;
- ✓ la coupure de l'alimentation en cas défaut double.

### 3-3) Technique de protection

Elle nécessite :

- ✓ l'interconnexion et la mise à la terre des masses.
- ✓ la surveillance du premier défaut par un Contrôleur Permanent d'Isolément (CPI).
- ✓ la coupure de l'alimentation par un dispositif de protection contre les surintensités en cas de défaut double.

#### a) Condition de fonctionnement du disjoncteur ou fusible

Pour que le disjoncteur magnétique ou le fusible fonctionne en cas de défaut double, il faut :

$$I_d \geq I_{\text{magn}} (I_f)$$

#### b) Contrôle par calcul de la protection contre les contacts indirects en fonction de la longueur de la ligne

Le principe est le même qu'en régime TN.

- **Lorsque le conducteur neutre n'est pas distribué, on a :**

$$L_{\text{max}} = \frac{0,8 \cdot U \cdot S_{\text{ph}}}{2\rho(1+m)I_{\text{magn}}(\text{ou } I_f)} \quad \text{avec } U : \text{Tension composée nominale}$$

On peut aussi calculer les tensions de contact  $U_{c1}$  et  $U_{c2}$  par la relation :

$$U_{c1} = U_{c2} = U_c = \frac{0,8 \cdot U \cdot m}{(1+m)}$$

- **Lorsque le conducteur neutre est distribué, on a :**

$$L_{\text{max}} = \frac{0,8 \cdot V \cdot S_N}{2\rho(1+m)I_{\text{magn}}(\text{ou } I_f)} \quad \text{avec } V : \text{Tension simple nominale}$$

On peut aussi calculer les tensions de contact  $U_{c1}$  et  $U_{c2}$  par la relation :

$$U_{c1} = U_{c2} = U_c = \frac{0,8 \cdot V \cdot m}{(1+m)}$$