

Résumé du cours

Protection des personnes

Les schémas de liaison à la terre (régime de neutre) assurent une protection des personnes contre les contacts indirects.

	Danger potentiel en cas de défaut d'isolement	Principe de protection
TT	<p>Lors d'un défaut d'isolement, un courant de défaut circule par la terre et une tension de contact apparaît entre les masses métalliques et le sol.</p> <p>Cette tension est potentiellement dangereuse car elle peut être supérieure à la tension limite <math>U_L = 50 \text{ V}</math>.</p> <p>La coupure de l'installation est obligatoire dès l'apparition du défaut</p>	<p>La protection est assurée par un <b>dispositif différentiel</b>.</p> <p>La sensibilité de ce DDR dépend de la tension limite de sécurité (<math>U_L</math>) et de la résistance de la prise de terre de l'installation (<math>R_a</math>) :</p> $I\Delta_N = U_L/R_a$
TN	<p>Un défaut d'isolement se traduit par un <b>court-circuit</b>.</p> <p>Le courant de défaut n'est limité que par la résistance des conducteurs.</p> <p>La coupure de l'installation est obligatoire dès l'apparition du défaut</p>	<p>La coupure est assurée par les <b>protections contre les surintensités</b> soit :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>pour un <b>disjoncteur</b> : <math>I_{\text{magnétique}} &lt; 0,8 \cdot V \cdot S_{ph} / \rho \cdot l \cdot (1+m)</math> ou</li> <li>pour un <b>fusible</b> : <math>I_{\text{fusion}} &lt; 0,8 \cdot V \cdot S_{ph} / \rho \cdot l \cdot (1+m)</math> avec <math>m = S_{ph}/S_{pe}</math></li> </ul>
IT	<p>En cas de défaut d'isolement :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>le courant est <b>nul</b> ou très faible.</li> <li>la tension de contact <b>n'est pas dangereuse</b> pour les personnes.</li> </ul> <p>La coupure <b>n'est pas automatique</b></p> <p>Si un deuxième défaut apparaît avant l'élimination du premier défaut, un courant de <b>court-circuit</b> s'établit entre phase ou entre phase et neutre.</p> <p>La coupure de l'installation est obligatoire dès l'apparition du deuxième défaut.</p>	<p><b>Premier défaut</b> :</p> <p>Il doit être détecté par le <b>contrôleur permanent d'isolement (CPI)</b>.</p> <p><b>Deuxième défaut</b> :</p> <p>la coupure est assurée par les <b>protections contre les surintensités</b>.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Masses séparées : protection par dispositif différentiel : Régime <b>TT</b>.</li> <li>Masses communes : protection contre les surintensités : Régime <b>TN</b>.</li> </ul>

Temps de coupure maximal des protections

Il faut vérifier que les dispositifs de protection réagissent en un temps **tf inférieur** à celui imposé par la norme **tc** :

Temps de coupure maximal des DDR (régime TT)	
Tension alternative de contact présumé	Temps de coupure maximal en (s)
$50\text{V} < U_0 \leq 120\text{V}$	0,3
$120\text{V} < U_0 \leq 230\text{V}$	0,2
$230\text{V} < U_0 \leq 400\text{V}$	0,07
$U_0 > 400\text{V}$	0,04

Temps de coupure maximal des protections (TN et IT)		
Tension nominale $U_0$	Temps de coupure maximal en s	
	$U_L = 50\text{V}$	$U_L = 25\text{V}$
120 - 127	0,8	0,35
<b>220 - 230</b>	<b>0,4</b>	<b>0,2</b>
380 - 400	0,2	0,06
> 400	0,1	0,02

Protection électrique des matériels

Les défauts les plus courants sont :

- Surintensité par surcharge.
- Surintensité par court-circuit.
- Surtension.
- Baisse ou manque de tension.

	Définition	Conséquences	Moyens de protection
<u>La surcharge</u>	Elévation de l'intensité de <b>1 à 10 In</b> d'un circuit due par exemple à une surabondance des récepteurs	Echauffement lent et progressif des parties actives, des masses métalliques, des isolants.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Relais thermique,</b></li> <li>• <b>Fusible,</b></li> <li>• <b>déclencheur thermique du disjoncteur.</b></li> </ul>
<u>Le court-circuit</u>	Elévation brutale de l'intensité de <b>10 à 1000 In</b> dans un circuit due à une liaison accidentelle de deux points de potentiel différents (phase et neutre).	Arc électrique, échauffement important pouvant entraîner la fusion des parties actives (soudure des contacts, projection de particule).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Déclencheur magnétique du disjoncteur,</b></li> <li>• <b>fusible.</b></li> </ul>
<u>La surtension</u>	Augmentation soudaine et importante de la tension due par exemple à un coup de foudre, à un contact entre HTA et BTA.	Claquage des isolants avec pour conséquence des court-circuits éventuels.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>limiteur de surtension,</b></li> <li>• <b>relais de surtension</b></li> <li>• <b>parafoudre.</b></li> </ul>
<u>La baisse ou le manque de tension</u>	chute de tension, trop importante dans un réseau, déséquilibre d'un réseau triphasé de distribution.	Mauvais fonctionnement des récepteurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Relais à minimum de tension,</b></li> <li>• <b>alimentation autonome.</b></li> </ul>

Tout dispositif de protection doit à la fois détecter la perturbation et couper le circuit qui est à l'origine de cette perturbation.

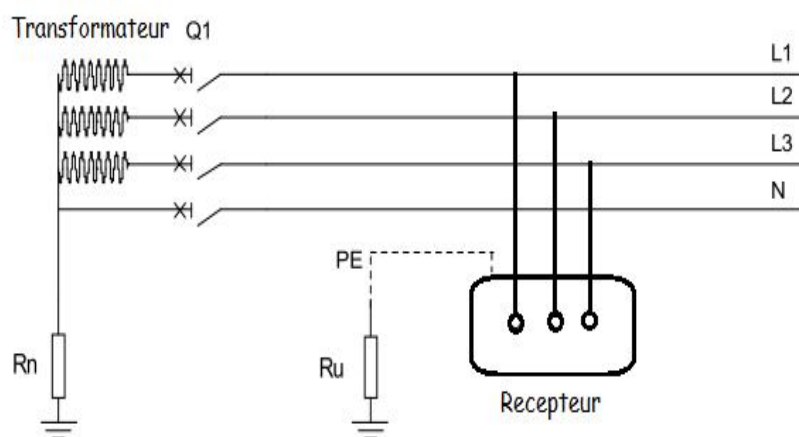
## Activité 11

## TD: Protection des personnes et des biens

### EXERCICE 1 :

Soit une installation triphasée dont les données sont les suivantes :

- Réseau 230/400 V.
- $R_n = 5 \Omega$ ,  $R_u = 10 \Omega$ .
- $Q1$  : Disjoncteur magnétothermique de calibre 8A C60N courbe C.



1- D'après le schéma ci-dessus, déterminer le type de schéma des liaisons à la terre de l'installation, Identification du S.L.T : .....

Lettres	Signification des lettres
.....	.....
.....	.....

Un défaut franc ( $R_d = 0 \Omega$ ) apparaît entre la phase 3 et la masse du récepteur.

2- Proposer un schéma modélisant la boucle du courant de défaut :

3- En déduire la valeur du courant  $I_d$  :

4- Une personne touche la carcasse du récepteur et le sol, en déduire la tension de contact  $U_c$  à laquelle est soumise la personne :

5- Rappeler les valeurs des tensions limites en local sec, humide et très mouillé.

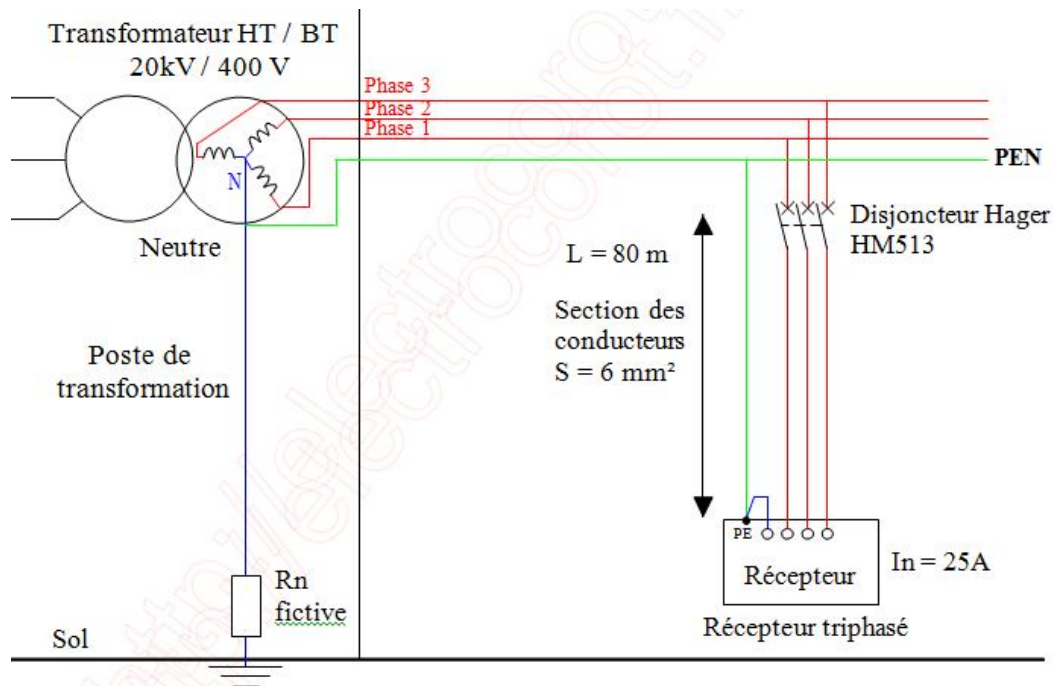
- Local sec : .....
- Local humide : .....
- Local mouillé : .....

6- Y-a-t-il danger pour la personne sachant que le local est humide ?

7- Quel est l'appareil à rajouter pour assurer la protection des personnes ?

8- Calculer la valeur de réglage du dispositif de protection dans un local sec.

**EXERCICE 2:** Soit le schéma de liaison à la terre suivant :



- Longueur du câble : 80 mètres
- Section des conducteurs : 6 mm<sup>2</sup> en cuivre
- Courant nominal absorbé par le récepteur = 25 A
- référence du disjoncteur de protection (calibre 25 A) : HAGER MM513
- Local Sec

1- Quel est le schéma de liaison à la terre ?

2- Un défaut d'isolement apparaît sur la phase 2, tracer le courant de défaut  $I_d$  (schéma ci-dessus) :

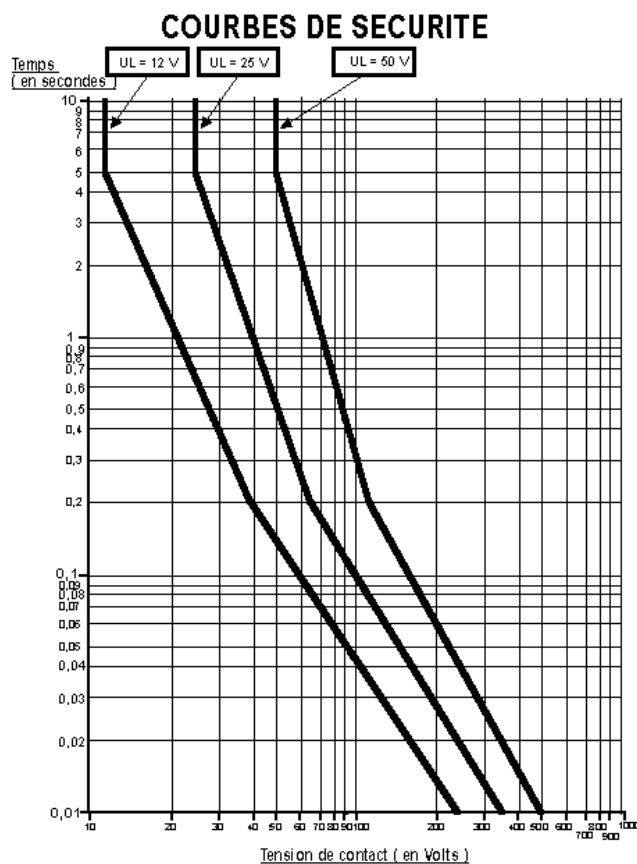
3- Calculer de la longueur  $l$  du conducteur entre la phase et le conducteur PEN :

4- Calculer la résistance du conducteur sachant que la résistivité du cuivre est  $\rho = 22,5 \cdot 10^{-3} \Omega \text{mm}^2/\text{m}$  :

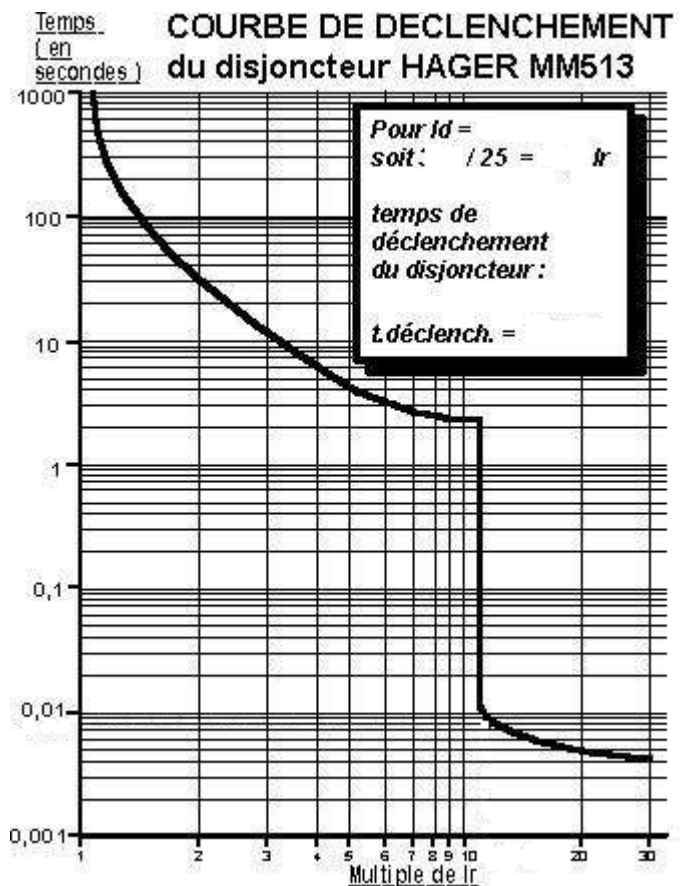
5- Calculer le courant de défaut  $I_d$  :

6- Calculer la tension de contact  $U_c$  :

7- Quel est le temps maximal  $t_c$  admissible d'après les courbes de sécurité ?



Le dispositif de protection devra éliminer le défaut en moins de .....ms.



8- Au bout de combien de temps  $t_f$  le disjoncteur Hager HM513 va déclencher ?

9- La sécurité des personnes est-elle assurée et pourquoi ?

**EXERCICE 3:** Nous reprendrons les mêmes caractéristiques que l'exercice 2 avec une longueur de câble différente. La longueur du câble est maintenant de **300 mètres**.

1- Quel est le schéma de liaison à la terre ?

2- Un défaut d'isolement apparaît sur la phase 2, tracer le courant de défaut  $I_d$  (schéma ci-dessus) :

3- Calculer de la longueur  $l$  du conducteur entre la phase et le conducteur PEN :

4- Calculer la résistance du conducteur sachant que la résistivité du cuivre est  $\rho = 22,5 \cdot 10^{-3} \Omega \text{mm}^2/\text{m}$  :

5- Calculer le courant de défaut  $I_d$  :

6- Calculer la tension de contact  $U_c$  :

7- Quel est le temps le maximum admissible d'après les courbes de sécurité ?

8- Au bout de combien de temps le disjoncteur Hager HM513 va déclencher ?

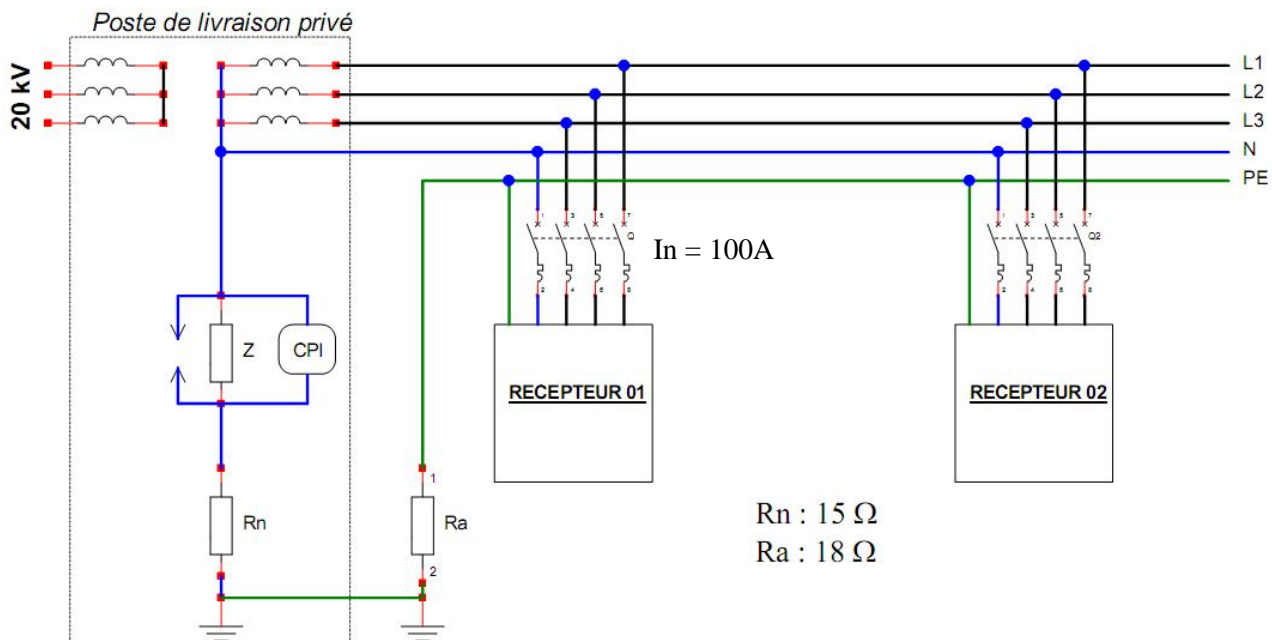
9- La sécurité des personnes est-elle assurée et pourquoi ?

10- Quelle solution proposez-vous pour assurer la protection des personnes ?

#### EXERCICE 4:

Un défaut d'isolement se produit entre la **phase 3** et la carcasse du **récepteur 01** située dans un **local sec**. Les conducteurs entre le transformateur et les récepteurs ont une longueur de **80 m** et de section **50 mm<sup>2</sup>** pour la phase et **120 mm<sup>2</sup>** pour le conducteur de protection (PE).

La méthode de calcul impose que la tension appliquée à la boucle de défaut est égale à **0,8 fois la tension d'alimentation** du poste de transformation, ceci étant dû à la chute de tension entraînée par le courant de court-circuit. L'impédance  **$Z = 2000 \Omega$** .



1- D'après le schéma de l'installation ci-dessus déterminer le type de schéma des liaisons à la terre de l'installation, Identification du S.L.T : .....

Lettres	Signification des lettres
.....	.....
.....	.....

2- Tracer sur le document ci-dessus le circuit du courant du premier défaut (en bleu).

3- Dessiner le schéma équivalent de la boucle de défaut. En y faisant apparaître le courant  $I_d$  et la tension de contact  $U_c$ .

4- Calculer successivement le courant de défaut et la tension de contact. Que constatez-vous ?

5- Tracer sur le document ci-dessus (le schéma de l'installation) le circuit du courant du deuxième défaut entre la carcasse du **récepteur 02** et la **phase 1** (en rouge).

6- Dessiner le schéma équivalent de la boucle de défaut. En y faisant apparaître le courant  $I_d$  et la tension de contact  $U_c$  sur le récepteur 01.

7- Calculer successivement le courant de défaut et la tension de contact.

8- Cette tension est-elle dangereuse ? Pourquoi ?

9- Que se passerait-il si il y avait un défaut entre la carcasse et le neutre pour le deuxième défaut ?

10- Calculer la longueur maximale du câble sachant que le magnétique du disjoncteur déclenche à **7.In**.

Rappel la formule utilisée est la suivante :  $I_{max} = 0,8.U.S_{ph} / 2.\rho(1+m)I_{magn}$  et  $\rho = 2,25.10^{-8} \Omega m$ .

11- Que faut-il faire si le câble installé est trop grand ?

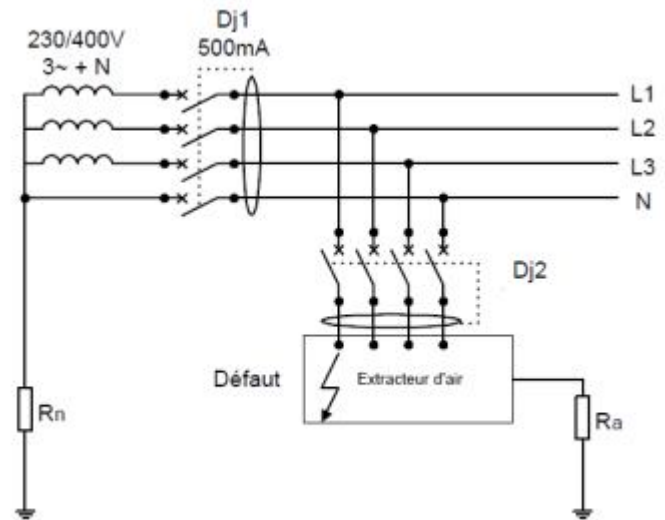


Activité 12

Exercices: Protection des personnes et des biens

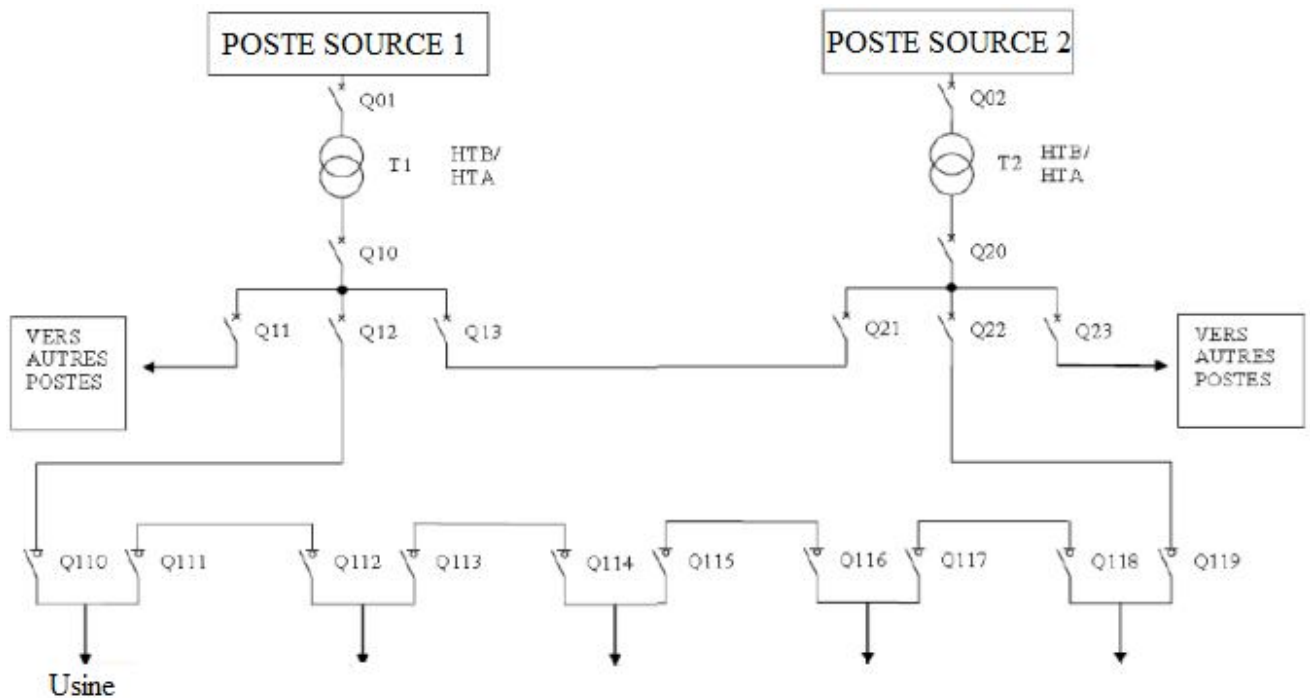
**EXERCICE1 :** Le schéma de distribution et d'alimentation de l'installation électrique d'un extracteur d'air est le suivant :

$R_n = 10 \Omega$  : résistance du neutre  
 $R_a = 500 \Omega$  : résistance de la prise de terre

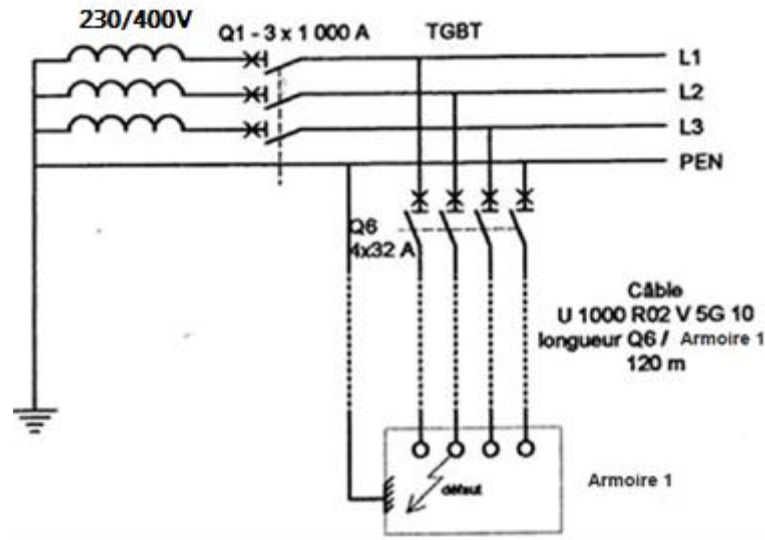


1. De quel type de liaison à la terre s'agit-il ? Un défaut franc apparaît entre la phase et la masse métallique.
2. Faire apparaître sur le schéma ci-dessus, la boucle de défaut.
3. Calculer le courant de défaut  $I_d$
4. Calculer la tension de contact  $U_c$ . Est-elle dangereuse ? Pourquoi ?
5. Calculer la sensibilité du différentiel sachant que la tension limite de la TBT est  $U_L = 50V$ .
6. Choisir alors la sensibilité du différentiel  $Dj2$  à partir des valeurs standardisées (30mA, 100mA, 500mA, 1A).

**EXERCICE2 :** L'extrait du schéma de l'alimentation HT d'une usine de fabrication de produits industriels est comme ci-dessous :



- 1) Déterminer la structure de distribution de cette usine :
- 2) Suite à un défaut constaté entre la masse de l'armoire 1 et la phase n° 2, comme indiqué sur le schéma ci-dessous :



a) D'après ce schéma, déterminer le schéma de liaison à la terre de l'installation et donner la signification de chacune des lettres.

b) Quel est l'avantage de ce type de schéma ? (1 seule réponse à cocher)

- ☐ Pas de déclenchement au premier défaut  
☐ Nécessité d'un personnel électricien qualifié  
☐ Economies de matériel (conducteurs, nombre de pôles des appareils, ...)

3) Surligner sur le schéma ci-dessus la boucle parcourue par le courant de défaut :

4) Le câble qui alimente l'armoire 1 depuis le poste de distribution est du type U1000R2V 5G10 (section = 10 mm<sup>2</sup>) et il mesure **120m** de longueur. Calculer la résistance d'un conducteur de ce câble ( $\rho = 1,6.10^{-8} \Omega.m$ ).

5) Dessiner le schéma équivalent de la boucle parcourue par le courant de défaut.

6) A partir du schéma équivalent calculer le courant de défaut et la tension de contact.

7) Cette tension est-elle dangereuse ? Répondre par OUI ou NON.

8) Dans un réseau TN, en quel type de défaut se transforme un défaut d'isolement ?

9) Quel type d'appareil peut protéger contre ce type de défaut ?

10) Relever sur le schéma les caractéristiques de l'appareil Q6 :

Type d'appareil	.....
Nombre de pôles	.....
Calibre	.....

11) D'après la courbe de sécurité, quel doit être le temps maximal de déclenchement du dispositif de protection ?

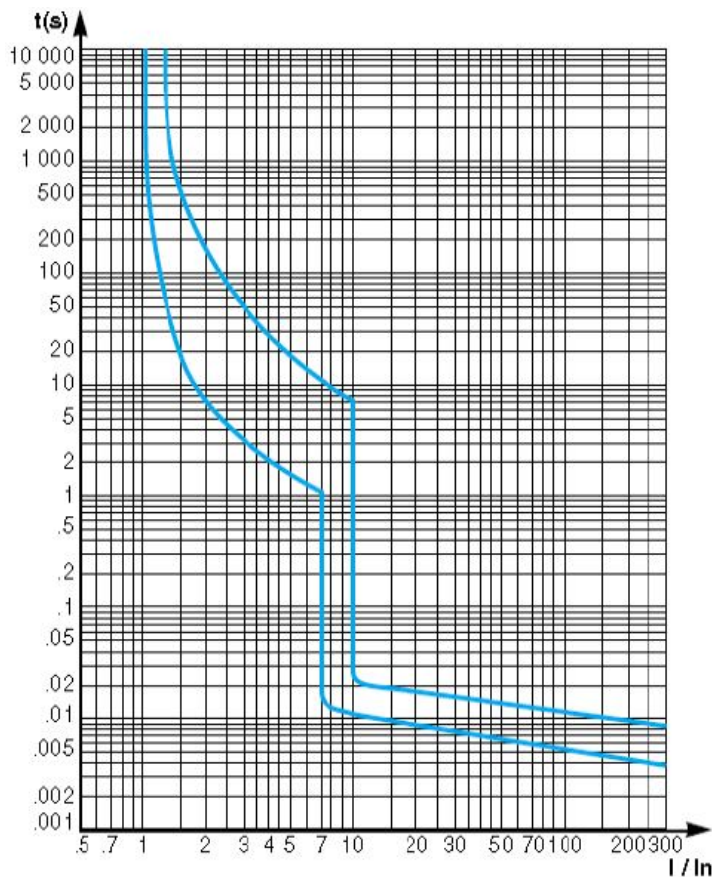
12) Relever sur la courbe de déclenchement, le temps que va mettre le dispositif de protection pour déclencher.

13) La protection des personnes est-elle assurée ? Répondre par OUI ou NON.

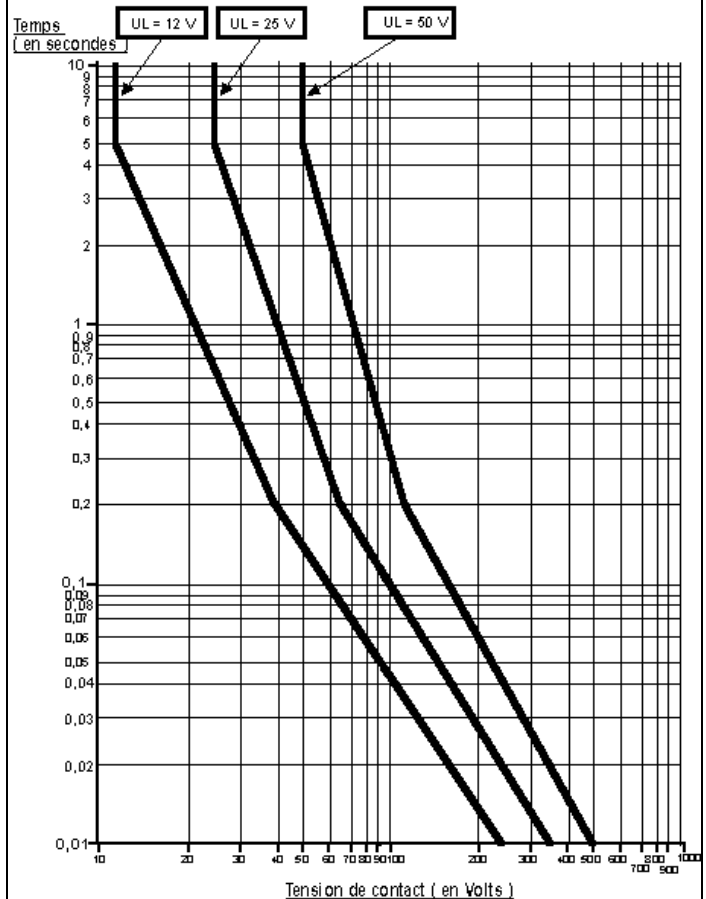
14) Calculer la résistance la longueur de câble au-delà de laquelle la protection des personnes n'est plus assurée par dispositif de protection tel que Q6 (avec  $\rho = 1,6.10^{-8} \Omega.m$ ).



### Courbe de déclenchement du dispositif de protection Q6



### COURBES DE SECURITE

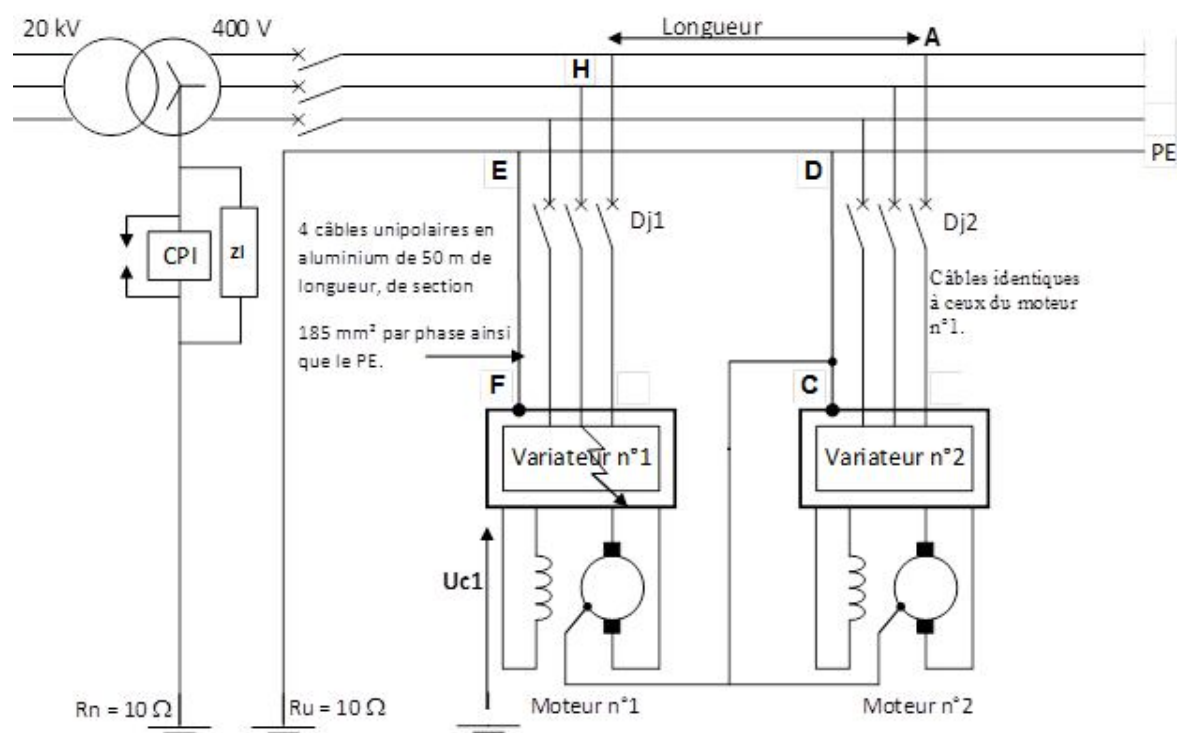


**EXERCICE3 :** Le système étudié est le portique de levage pour la construction de bateaux dans un chantier naval. Ce portique possède 3 mouvements :

- Translation du portique sur 2 rails,
- Déplacement radial de la cabine,
- Levage (600 tonnes).

L'étude portera sur les 2 moteurs de levage ainsi que leurs circuits d'alimentation et de protection.

L'installation électrique des 2 moteurs est réalisée conformément au schéma ci-dessous.



- 1) Définir, en justifiant votre réponse, le régime de neutre de l'installation, donner la signification des deux lettres de ce régime de neutre.
- 2) Préciser le principal avantage de ce régime de neutre dans une installation électrique.
- 3) La phase 2 du variateur n°1 entre en contact accidentellement avec son capot de protection, créant ainsi un premier défaut. Dessiner en **bleu** le parcours du courant de défaut **Id1**.
- 4) Calculer la valeur du courant de défaut **Id1** sachant que l'impédance d'isolement est  $Z_i = 5\,000\,\Omega$
- 5) Calculer la valeur de la tension de contact **Uc1**. Indiquer s'il y a un danger ou pas dans ce cas de figure pour les hommes.
- 6) Comment est signalé le premier défaut ? Que doit faire le service d'entretien ?
- 7) Le premier défaut persistant, la phase 1 du variateur n°2 entre en contact accidentellement avec son capot de protection, créant ainsi le second défaut. Dessiner en **rouge** le parcours du courant de défaut **Id2**.
- 8) Calculer la valeur du courant de défaut **Id2**, sachant que les longueurs **HA** et **DE** sont négligées et que  $\rho_{\text{aluminium}} = 36.10^{-3}\,\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ .
- 9) Calculer les valeurs des tensions **Uc1** en faisant un schéma électrique équivalent de la boucle du défaut.
- 10) La protection des lignes moteurs est effectuée par 2 disjoncteurs (Dj1 et Dj2). Les disjoncteurs choisis sont des disjoncteurs **DPX** de calibre **In = 320 A** et dont la courbe de déclenchement est fournie ci-dessous. Sachant que **Ir** (réglage du thermique) = **In**, calculer les valeurs minimum et maximum possibles pour le réglage du magnétique.
- 11) D'après la courbe de fonctionnement de ces disjoncteurs, déterminer le temps **tf** de déclenchement des appareils de protection lors de l'apparition de ces 2 défauts (tracé à effectuer sur la courbe).
- 12) L'installation étant dans un local sec, la sécurité des personnes est-elle assurée dans le cas où l'opérateur entre en contact avec l'un des 2 variateurs (déterminer **tc** courbes de sécurité).

**Disjoncteur de puissance DPX 400**  
 **$I_n = 250 / 320 / 400\text{ A}$**   
**Courbes de fonctionnement**



à  $\theta_{\text{ambiant}} = 40^\circ\text{C}$

- $I$  = courant réel
- $I_r$  = courant maxi de réglage du déclencheur thermique
- ① = zone de déclenchement thermique à froid
- ② = zone de déclenchement thermique à chaud (en régime)
- ③ = déclenchement magnétique (réglage mini à maxi)

