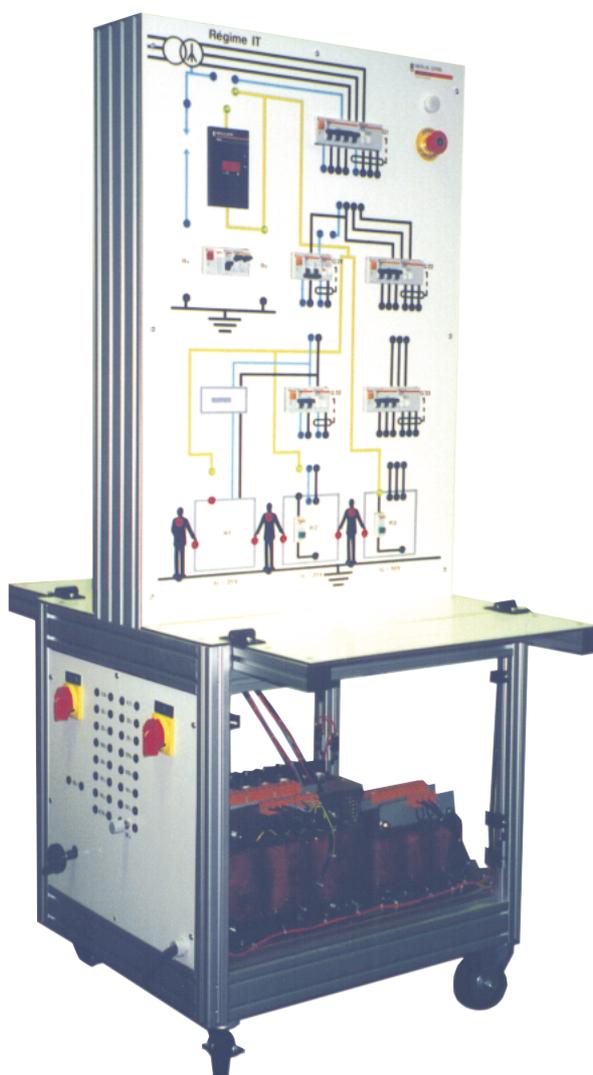


# Banc d'étude des Schémas de Liaison à la Terre avec recherche manuelle de défaut

Manuel de travaux pratiques



- Merlin Gerin
- Modicon
- Square D
- Telemecanique



# Banc d'étude des Schémas de Liaison à la Terre avec recherche manuelle de défaut

## Manuel de travaux pratiques

**AVERTISSEMENTS** Tous les exemples développés dans ce manuel sont d'ordre pédagogique, et peuvent à ce titre ne pas représenter totalement la réalité. Ils ne doivent donc en aucun cas être utilisés, même partiellement, pour des applications industrielles, ni servir de modèle pour de telles applications.

Les produits présentés dans ce manuel sont à tout moment susceptibles d'évolutions quant à leurs caractéristiques de présentation, de fonctionnement ou d'utilisation. Leur description ne peut en aucun cas revêtir un aspect contractuel.

L'Institut Schneider Formation accueillera favorablement toute demande de réutilisation, à des fins didactiques, des graphismes ou des applications contenus dans ce manuel.

© CITEF S.A. Toute reproduction de cet ouvrage est strictement interdite sans l'autorisation expresse de l'Institut Schneider Formation.

## Avant propos

Le banc d'étude des régimes du neutre, avec l'aide du présent manuel, permet de réaliser des travaux pratiques mettant en évidence le besoins et critères de protection liés à une distribution électrique en BTA.

■ Ce banc a fait l'objet d'une certification ; il est conçu et réalisé en conformité avec les normes et principes de sécurité des personnes et des biens. Néanmoins, étant alimenté par un réseau triphasé 400 V alternatif, sa manipulation exige **un minimum de précautions** pour s'affranchir des risques d'accident liés à l'utilisation de matériel sous tension.

Les travaux pratiques devront donc se faire sous la responsabilité d'un enseignant, ou de toute personne habilitée et formée aux manipulations de matériels sous tension.

■ Prendre connaissance de l'ensemble de la documentation du banc, et conserver soigneusement celle-ci.

Respecter scrupuleusement les avertissements et instructions figurant dans la documentation comme sur le banc lui-même.

Pour la mise en service du banc et ses conditions d'environnement, se conformer précisément aux instructions données au chapitre 1.

■ Symboles utilisés :

3 ~                    courant alternatif triphasé



attention



Borne de terre

# Sommaire général

	<i>page</i>
<b>1 Introduction</b>	<b>5</b>
1.1 Objectifs de formation	
1.2 Description du banc	
1.3 Conditions d'utilisation	
1.4 Mise en service et mesures de sécurité	
1.5 Programme de travaux pratiques	
<b>2 Travaux pratiques</b>	<b>15</b>
Remarques préliminaires	
2.1 Le régime TT	
2.2 Le régime TN	
2.3 Le régime IT	
<b>3 Annexe</b>	<b>59</b>
1.1 Courbe de déclenchement des disjoncteurs	
1.2 Rappel de la norme NF C15-100 (temps de coupure)	



# 1

## Chapitre

# Introduction

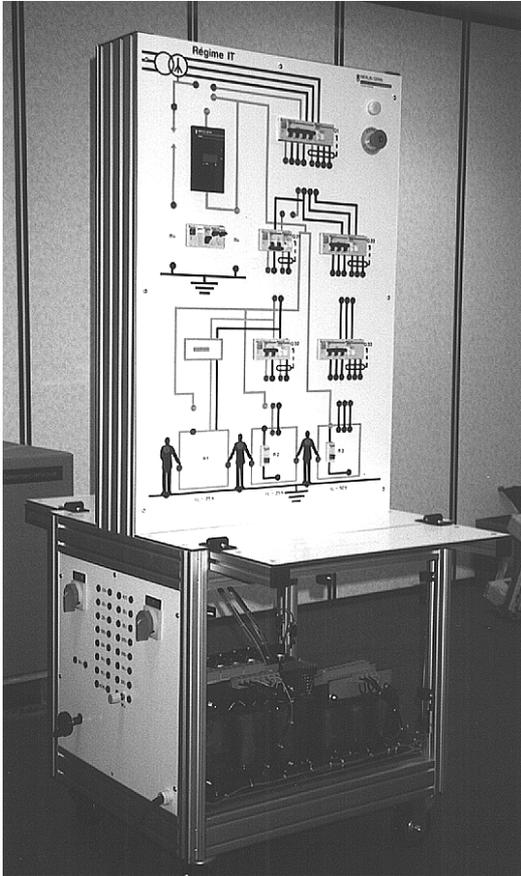
<b>Sommaire</b>	<b>Page</b>
<b>1.1 Objectifs de formation</b>	<b>6</b>
<b>1.2 Description du banc</b>	<b>7</b>
<b>1.3 Conditions d'utilisation</b>	<b>11</b>
<b>1.4 Mise en service et mesures de sécurité</b>	<b>12</b>
<b>1.4 Programme de travaux pratiques</b>	<b>14</b>

## 1.1 Objectifs de formation

Les objectifs de ces travaux pratiques peuvent être résumés de la façon suivante :

○ découvrir			
○○ approfondir			
○○○ maîtriser			
	<b>Outils et méthodes</b>	Compréhension et assimilation des mécanismes de l'électrification	○○
		Interprétation des différents régimes du neutre et schématisation des circuits électriques	○○○
		Choix des moyens de protection d'une installation	○○
		Détermination des courants de défaut	○
		Application des exigences normatives	○
	<b>Savoirs-faire</b>	Câblage électrique	○○○
		Exploitation des catalogues	○○○
		Mise en œuvre et réglage des appareils	○○
		Détermination des résistances de prises de Terre	○○
		Notion de sélectivité différentielle	○
	<b>Composants (technologies et comportements)</b>	Disjoncteurs magnéto-thermiques	○○
		Dispositifs DDR	○○
		Disjoncteurs spécifiques	○○
		Interrupteurs différentiels	○○

## 1.2 Description du banc



■ **Ce banc est destiné** à faire réaliser des manipulations aux élèves des lycées techniques et professionnels sur les différents régimes du neutre en BTA.

Alimenté par un **réseau triphasé 400 V** avec neutre sorti, de puissance supérieure ou égale à 4 KVA, ce banc, équipé de deux transformateurs d'isolement 400 V/230 V, permet en toute sécurité de mettre en évidence les raisons des décrets, règlements et normes en vigueur sur la protection des personnes.

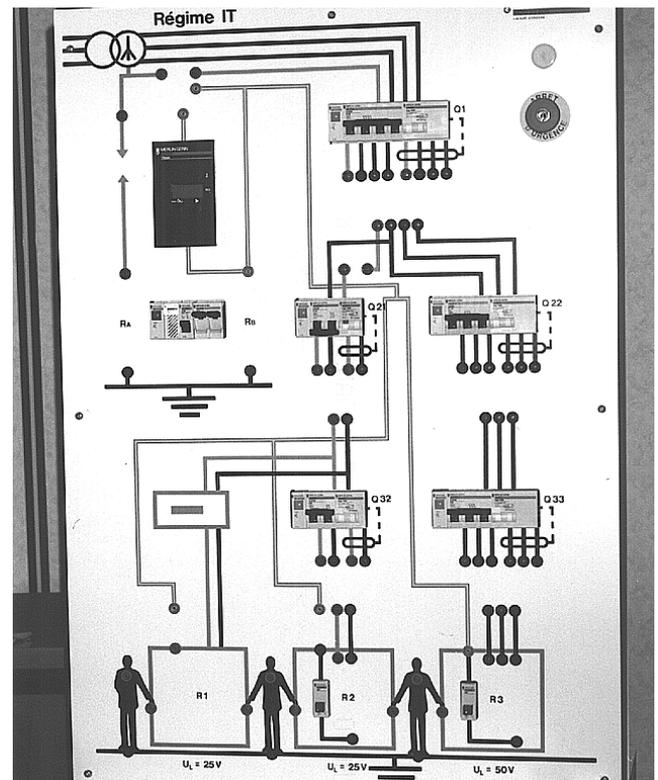
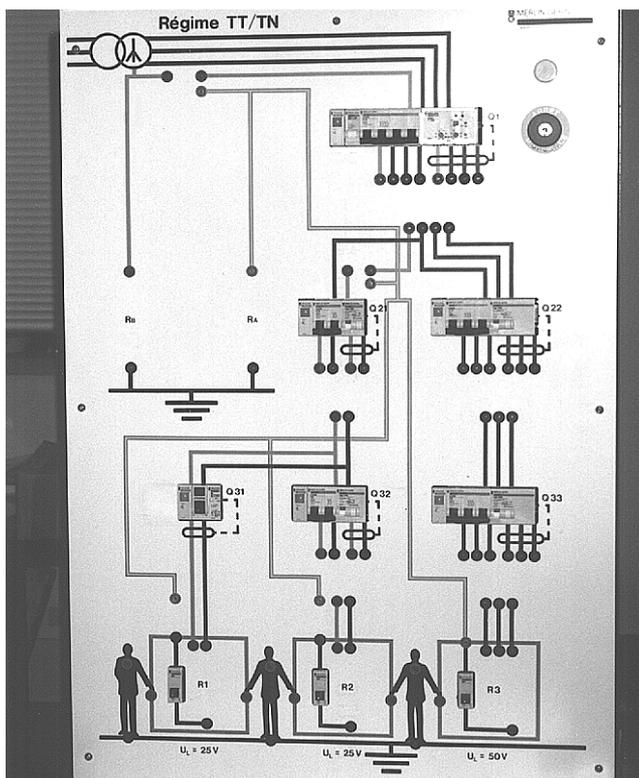
■ **Deux surfaces de travail** peuvent être utilisées en même temps, et sont destinées, l'une à des manipulations sur le régime TT ou TN, l'autre à des manipulations sur le régime IT.

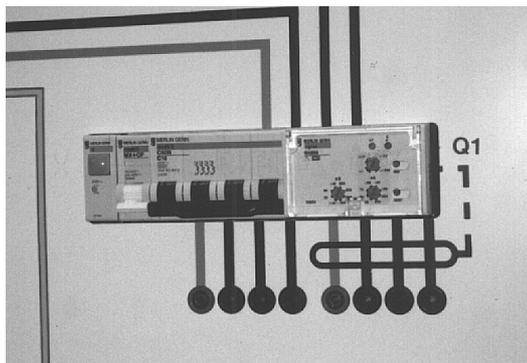
Deux récepteurs monophasés (R1 et R2) et un récepteur triphasé (R3) ont été représentés. Pour examiner divers cas de figure, il est supposé que les récepteurs se trouvent dans des locaux de classes diverses, pour lesquels les tensions limites conventionnelles  $U_L$  sont déterminées par la norme NF C 15-100 :

- soit 25 V (locaux 1 et 2) Conditions mouillées (BB2)

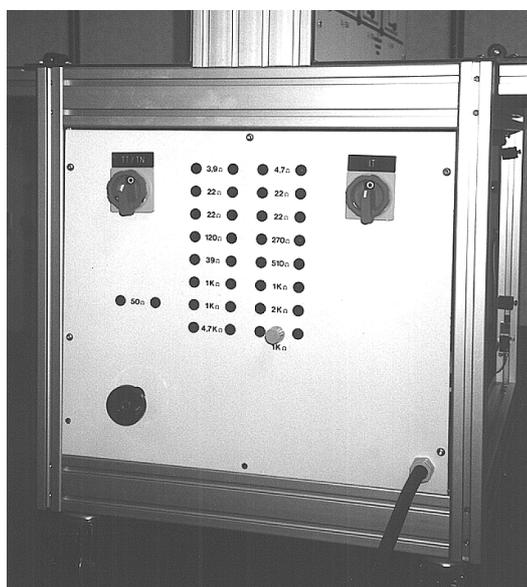
- soit 50 V (local 3) Conditions normales (BB1)

Le récepteur R3 est supposé installé dans un local qui présente un risque d'incendie.



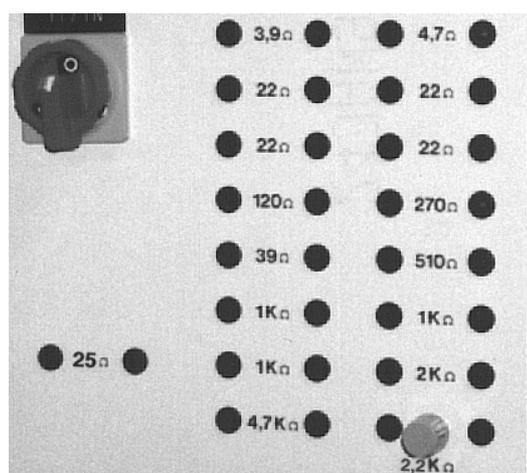
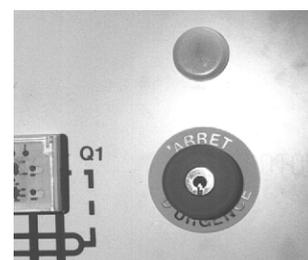
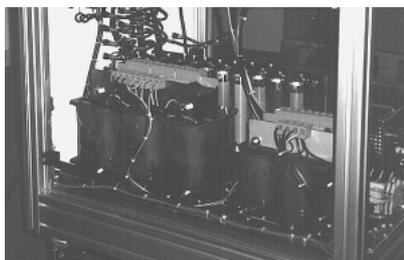


■ **Les circuits disposent d'organes de protection** appropriés, dont les fonctions sont étudiées au fil des travaux pratiques : disjoncteurs magnétothermiques, disjoncteurs différentiels, interrupteurs différentiels.



■ **L'alimentation électrique** de chaque surface de travail est indépendante, et chacune comporte :

- un interrupteur général, situé sur le panneau du socle,
- un transformateur d'isolement, situé dans le socle : 400 V primaire / 230 V secondaire entre phases,
- un dispositif d'arrêt d'urgence (« coup de poing ») et un voyant de mise sous tension, situés sur chaque surface de travail.



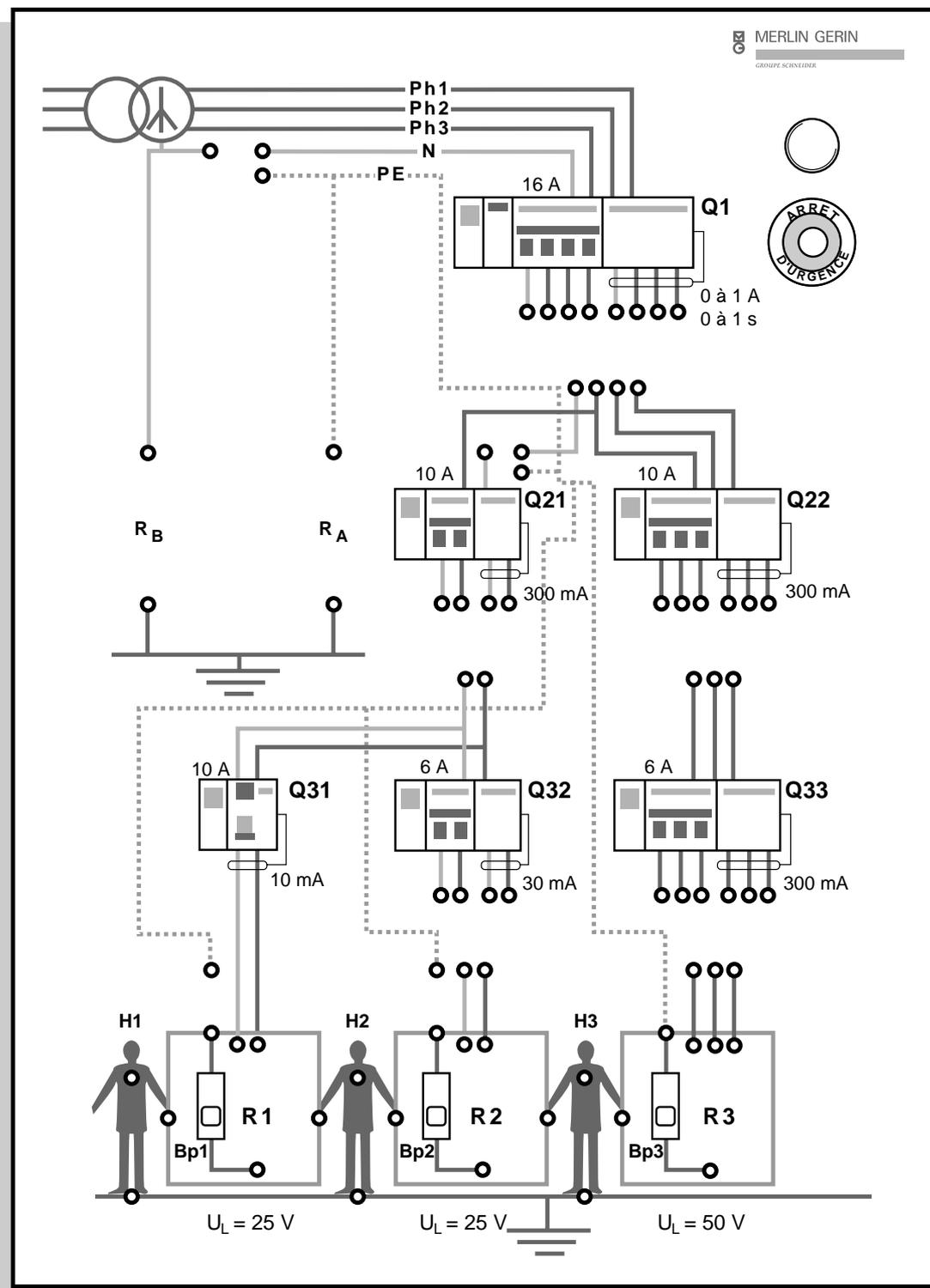
■ **Des résistances de puissance**, situées dans le socle du banc, sont accessibles par des bornes de sécurité : elles se connectent aux surfaces de travail par des câbles munis de douilles de sécurité, permettant ainsi la réalisation de manipulations sous le contrôle d'un enseignant habilité.

■ Dimensions (H x P x L) : 1350 x 700 x 700 mm

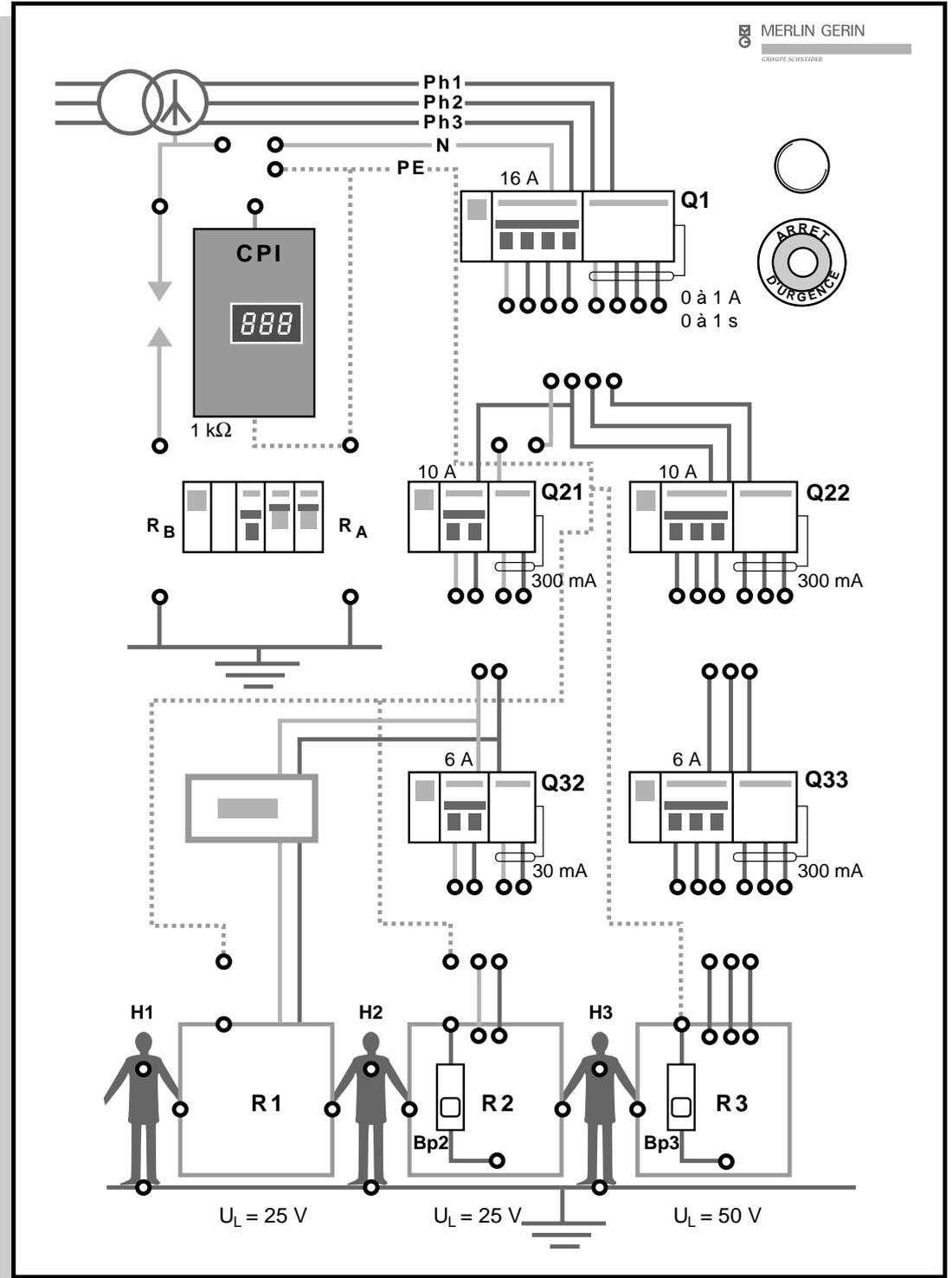
■ Poids : 175 kg

■ Alimentation électrique : 400 V~ - triphasé - 4 kVA  
Prise de courant 3 P + T - 16 A

■ Surface de travail régimes TT - TN



■ Surface de travail régime IT



## 1.3 - Conditions d'utilisation

### ■ Alimentation :

**Le banc** est alimenté en 400 V~ ± 10% - triphasé - ≥ 4 kVA.  
Branchement par prise de courant 3 P + T - 16 A, type P17.  
Le courant de court-circuit conventionnel est fixé à 10 kA.  
Tension assignée de tenue aux chocs : 2,5 kV.  
Classe de protection : I

**Le réseau** électrique doit comporter, en amont du banc, un DDR de sensibilité ≤ 30 mA de classe AC.

### ■ Environnement :

#### Températures :

Utilisation : - 5 °C < T ≤ + 40 °C

Stockage : - 25 °C < T ≤ + 55 °C

#### Hygrométrie :

Utilisation : HR < 50 % pour T = + 40 °C

Stockage : HR < 90 % pour T = + 20 °C

Altitude : inférieure à 2000 m (6600 pieds)

#### Pollution :

Le banc est conçu pour être utilisé dans des conditions où il n'existe pas de pollution, seulement une pollution sèche non conductrice.

## 1.4 - Mise en service et mesures de sécurité

### ■ Mise en place :

- Dès réception** du banc, vérifier la référence des matériels à l'aide de la liste de groupage donnant le détail du colisage.
- Avant mise en place du banc, s'assurer que le sol a une solidité correcte ; poids de l'appareil : 175 kg.
- Pour faciliter son déplacement éventuel, le banc est équipé de quatre roulettes directionnelles, deux d'entre elles comportant un dispositif de blocage.

Pour la conduite des travaux pratiques, il est recommandé de bloquer ces deux roulettes.

- Pour une ventilation optimum, le banc est équipé d'une grille en partie supérieure, ainsi que d'ouvertures au niveau des carters de protection.

Il convient par conséquent de ne pas obstruer ni recouvrir ces aérations.



Veiller également à ne pas introduire d'objet – notamment métallique – par ces orifices : il y a risque de toucher des points de tension ou de créer des court-circuits très dangereux pour les personnes ou le matériel.

### ■ Raccordement :

- La mise en service du banc fait référence aux normes nationales d'installation NF C 15-100 - catégorie d'installation : II.
- La source d'alimentation à laquelle le banc est raccordé doit présenter les caractéristiques spécifiées au § 1.3 ci-avant.
- La fiche d'alimentation 3 P + T ne peut être branchée que dans une prise munie d'un conducteur de protection.



Il s'agit d'une mesure de protection : si la connexion n'est pas possible, ne tenter en aucun cas de forcer, et faire installer une nouvelle prise adaptée par un spécialiste.

- Rappel** : Le réseau électrique doit comporter en amont du banc un DDR de sensibilité  $\leq 30$  mA de classe AC.

### ■ Utilisation :

Lors des manipulations, les branchements électriques doivent être effectués en utilisant exclusivement les cordons fournis (degré de protection IP 2X).

Toutes les manipulations se feront sous la surveillance d'un enseignant, ou toute personne habilitée.

D'autres manipulations que celles proposées dans ce manuel peuvent être envisageables, mais seront alors conduites sous l'entière responsabilité de l'enseignant.



L'usage du banc à d'autres fins que celles prévues par l'Institut Schneider Formation est rigoureusement interdit.

### ■ Nettoyage

Pour nettoyer le banc, il est impératif de le déconnecter au préalable du réseau électrique.

Éviter toute projection d'eau ou d'autre liquide.

Ne pas utiliser d'éponge imbibée d'eau : utiliser un chiffon légèrement humide (pas de produit chimiquement corrosif).

### ■ Dépannage

Toute intervention de remplacement de composant nécessite au préalable la déconnexion du réseau électrique ; la remise sous tension n'aura lieu qu'après remise en place complète des fixations et connexions.

L'accès aux composants des surfaces de travail se fait par dépose des vis de fixation (clé 6 pans creux) ; remonter le panneau avec les **mêmes vis**.

Pour les références de composants, lire leur identification ou se reporter à la nomenclature générale.



F3 - F4 : fusibles 10 x 38 - 4 A - type am - 500 V~

Opérations à mener par un personnel compétent et habilité.

## 1.5 - Programme des travaux pratiques

### ■ Régime TT :

- L'interconnexion et la mise à la Terre des masses sont des conditions nécessaires mais non suffisantes pour assurer la protection.
- Les disjoncteurs magnéto-thermiques n'assurent pas la protection contre les contacts indirects.
- L'utilisation de DDR est une condition nécessaire mais non suffisante pour assurer la protection (choix du seuil).
- L'utilisation de DDR est une condition nécessaire mais non suffisante pour assurer la protection (valeur maximale de  $R_A$ ).
- Déclenchement sélectif par des DDR placés à divers niveaux.
- Les valeurs de prises de Terre doivent être mesurées périodiquement.
- Risque d'incendie.
- Récepteurs mobiles.

### ■ Régime TN :

- Un défaut à la masse entraîne une surintensité qui est éliminée par les disjoncteurs classiques.
- Un disjoncteur donné permet-il d'assurer la protection dans tous les cas ?
- Que faire si les conditions de protection ne sont pas remplies ?

### ■ Régime IT :

- L'interconnexion et la mise à la Terre des masses sont des conditions nécessaires et suffisantes pour la protection en cas de premier défaut.
- Contrôle permanent de l'isolement du réseau par rapport à la Terre et signalisation du premier défaut.
- Défaut simple : recherche du départ en défaut par ouvertures successives et brèves des divers disjoncteurs.
- Défaut simple : recherche du départ en défaut par injection du courant alternatif à très basse fréquence.
- Défaut double : les protections par disjoncteurs sont insuffisantes pour les départs longs.
- Défaut double : nécessité de prévoir des DDR sur les départs longs.

# 2

## Chapitre

# Travaux pratiques

<b>Sommaire</b>	<b>Page</b>
<b>Remarques préliminaires</b>	<b>16</b>
<b>2.1 Le régime TT</b>	<b>17</b>
2.1.1 Manipulation 1	18
2.1.2 Manipulation 2	20
2.1.3 Manipulation 3	22
2.1.4 Manipulation 4	24
2.1.5 Manipulation 5	26
2.1.6 Manipulation 6	28
2.1.7 Manipulation 7	30
2.1.8 Manipulation 8	32
<b>2.2 Le régime TN</b>	<b>35</b>
2.2.1 Manipulation 1	36
2.2.2 Manipulation 2	38
2.2.3 Manipulation 3	40
<b>2.3 Le régime IT</b>	<b>43</b>
2.3.1 Manipulation 1	44
2.3.2 Manipulation 2	46
2.3.3 Manipulation 3	48
2.3.4 Manipulation 4	50
2.3.5 Manipulation 5	52
2.3.6 Manipulation 6	54

## Remarques préliminaires

■ **Le banc sert de support à des travaux pratiques** sur les différents régimes du neutre en BTA.

■ **Les travaux pratiques décrits dans ce manuel** constituent un canevas de manipulations possibles, mais n'ont pas de caractère exhaustif. Les professeurs pourront soit faire réaliser ces manipulations par leurs élèves telles que décrites, soit les compléter par d'autres manipulations à leur convenance, par exemple, en mettant en place des récepteurs appropriés pour être au plus près des réalités industrielles.

(Par souci de simplifications, les fiches de travaux pratiques ci-après ne prévoient pas de brancher des récepteurs pour charger normalement les départs)

■ **Pour des raisons de progression pédagogique**, il est recommandé d'effectuer les manipulations dans l'ordre proposé, c'est à dire :

1. Régime TT
2. Régime TN
3. Régime IT.

Les conclusions générales sur les avantages et inconvénients de chaque régime du neutre seront tirées par les élèves eux-mêmes après qu'ils aient effectué toutes les manipulations.

■ Les conventions internationales adoptent les repères :

- $R_A$  : prise de Terre des masses d'utilisation des récepteurs
- $R_B$  : prise de Terre du neutre

## 2.1 Le régime TT

■ **Le neutre du transformateur** est relié directement à une prise de Terre  $R_B$ . (première lettre T)

■ **Les masses d'utilisation** des récepteurs sont reliées directement à une prise de Terre  $R_A$ . (deuxième lettre T)

■ **Le conducteur PE** ne doit jamais être coupé.

■ **Dans tous les locaux** la tension de contact  $U_c$  doit rester  $\leq U_L$  :

$$\text{soit} \quad R_A \cdot I_f \leq U_L$$

$$\text{ou} \quad R_A \cdot I_{\Delta n} \leq U_L$$

$R_A$  = Résistance de la prise de Terre des masses d'utilisation des récepteurs.

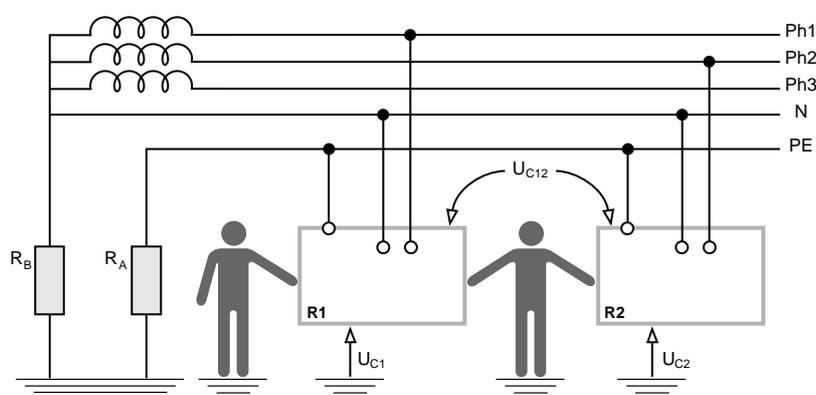
$I_f$  = Courant de fuite assurant le fonctionnement du dispositif de protection dans le temps prescrit par la courbe de sécurité.

$I_{\Delta n}$  = Seuil nominal du dispositif DDR

$U_L$  = Tension limite conventionnelle de sécurité pour le local considéré (valeur limite maximale de la tension de contact pouvant être maintenue indéfiniment en dessous du seuil de tension dangereuse).

**Note** : Si les prises de Terre  $R_A$  et  $R_B$  sont reliées on est ramené au régime «mise au neutre TNS» (voir § 2.2 - Le régime TN).

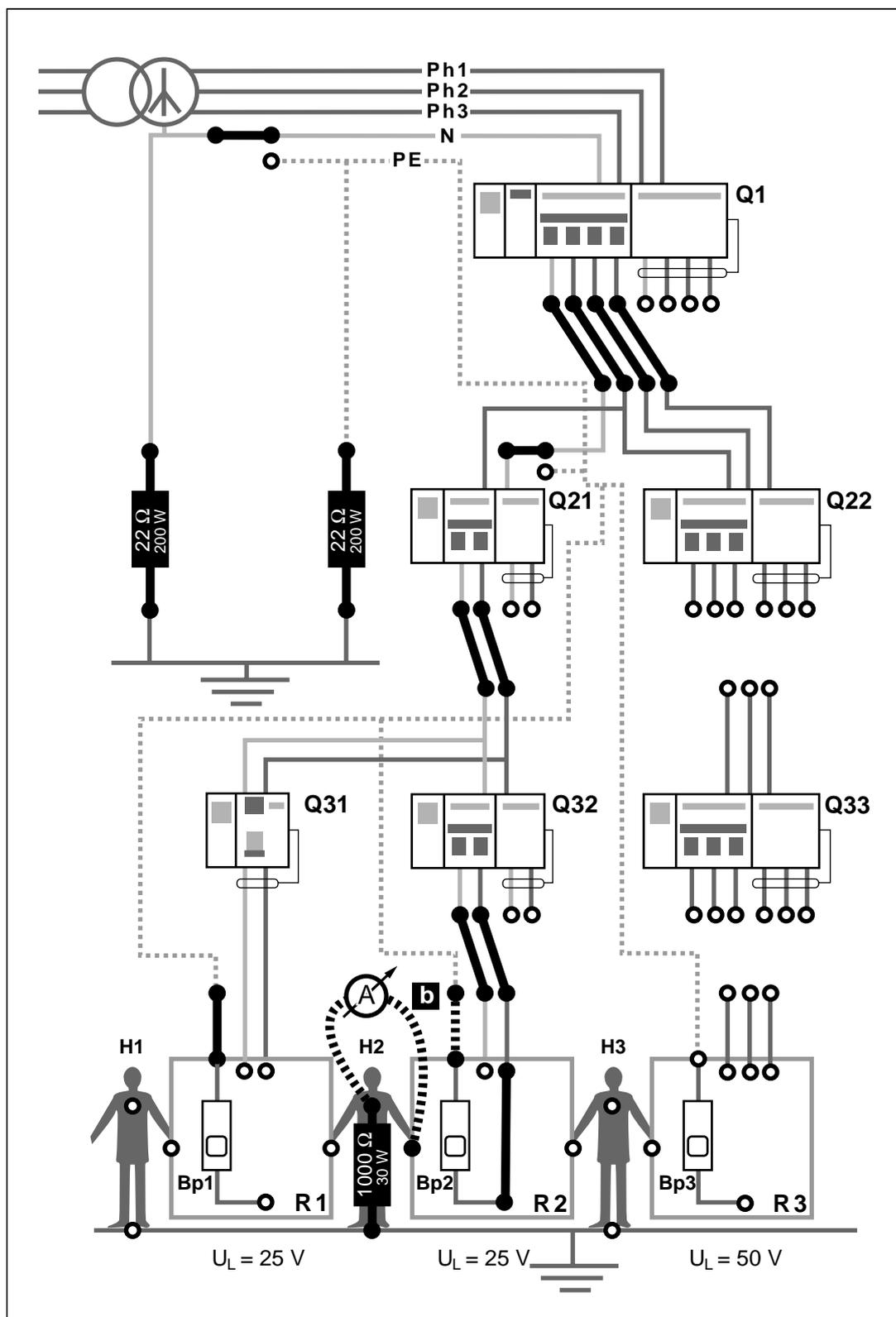
Schéma simplifié :



*Déclenchement au premier défaut*

**2.1.1**  
**Régime TT**  
**Manipulation 1**

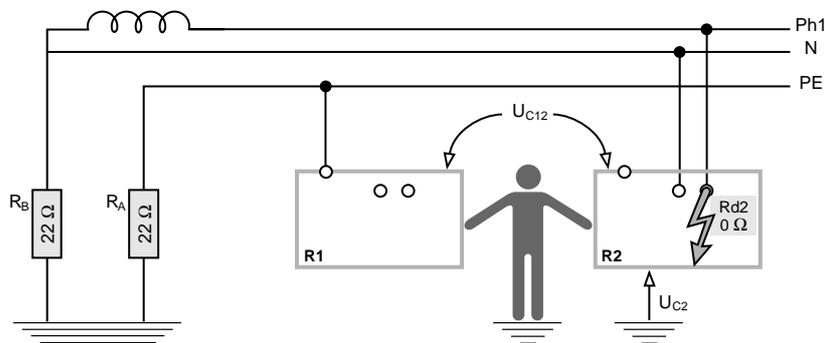
**L'interconnexion et la mise à la Terre des masses sont des conditions nécessaires mais non suffisantes pour assurer la protection.**



*Régime TT*  
*planche 1*

## TT - 1

- a**
- 1 - Ouvrir tous les organes de coupure (Q1 à Q33).
  - 2 - Réaliser le montage correspondant à la planche 1. Schéma équivalent :



- 3 - Mettre sous tension en fermant Q1, Q21 et Q32.
- 4 - Créer un défaut franc dans le récepteur R2 en appuyant sur le bouton poussoir Bp2.
- 5 - Mesurer la tension entre les masses des récepteurs R1 et R2 (entre les mains de l'opérateur H2) :

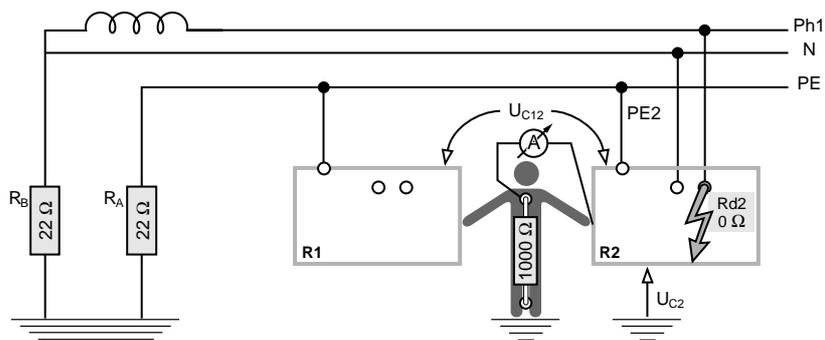
$$U_{C12} = 130 \text{ V} : \quad \text{DANGER}$$

- 6 - Mesurer la tension entre la masse R2 et la Terre :

$$U_{C2} = 130 \text{ V} : \quad \text{DANGER puisque } U_{C2} > U_L \text{ (du local 2)}$$

- b**
- 7 - Etablir la liaison directe PE2 (Les masses des récepteurs R1 et R2 se trouvent interconnectées et reliées à la Terre).

Schéma équivalent :



- 8 - Créer un défaut franc dans le récepteur R2 en fermant Bp2.
- 9 - Mesurer la tension entre les masses des récepteurs R1 et R2 (entre les mains de l'opérateur H2) :

$$U_{C12} = 0 \text{ V} : \quad \text{pas de danger}$$

- 10 - Mesurer la tension entre la masse du récepteur R2 et la Terre :

$$U_{C2} = 66,5 \text{ V} : \quad \text{DANGER puisque } U_{C2} > U_L \text{ (du local 2)}$$

- 11 - Brancher une résistance de 1000 Ω entre le corps et les pieds de l'opérateur H2, puis avec un ampèremètre entre son corps et sa main, mesurer le courant qui le traverse.

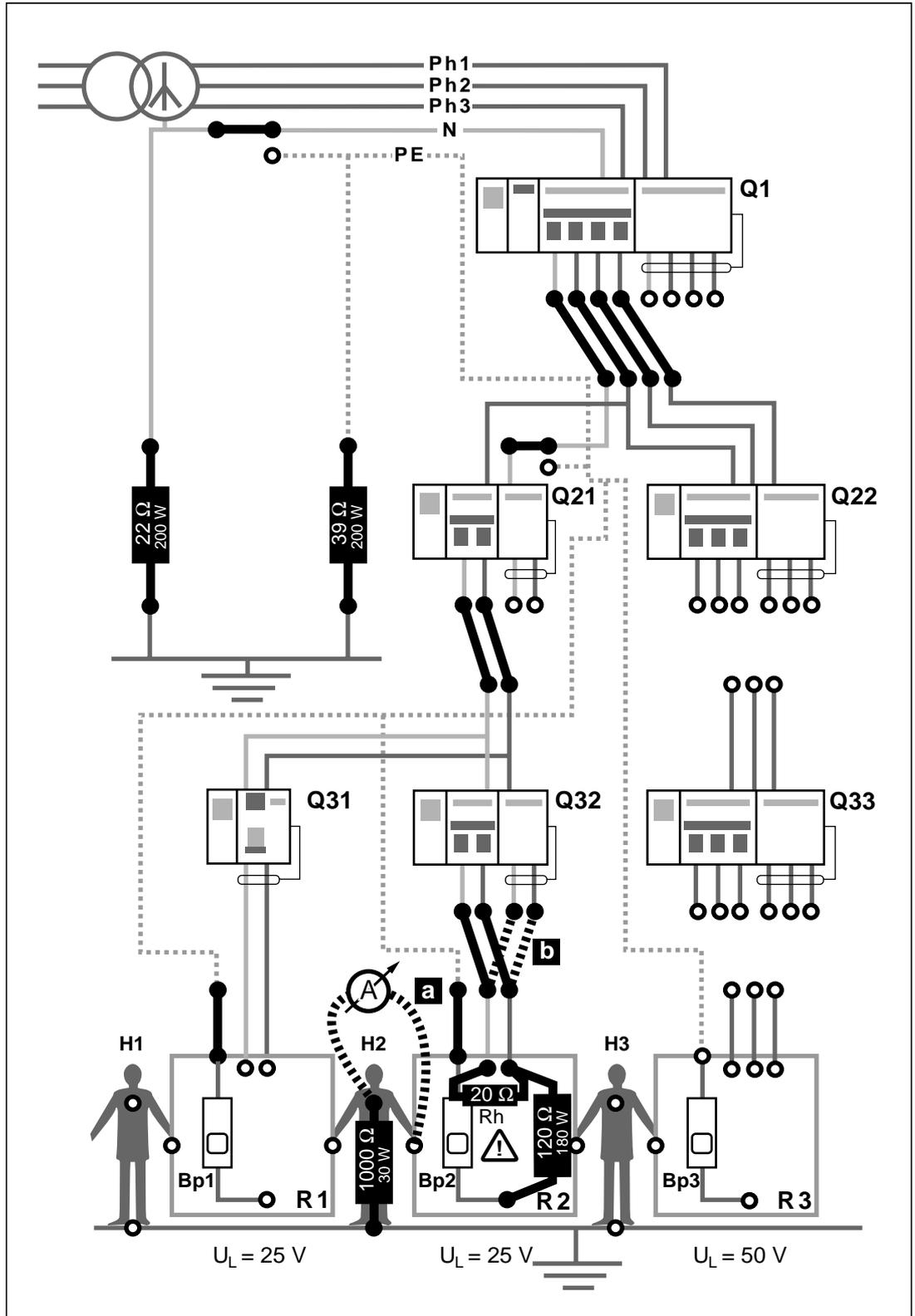
### Conclusion

**L'interconnexion des masses et leur mise à la Terre ne sont pas des conditions suffisantes pour assurer la protection.**

**2.1.2**  
**Régime TT**  
**Manipulation 2**

**Les disjoncteurs magnéto-thermiques n'assurent pas la protection contre les contacts indirects**

**⚠ Avertissement :** utiliser impérativement un rhéostat



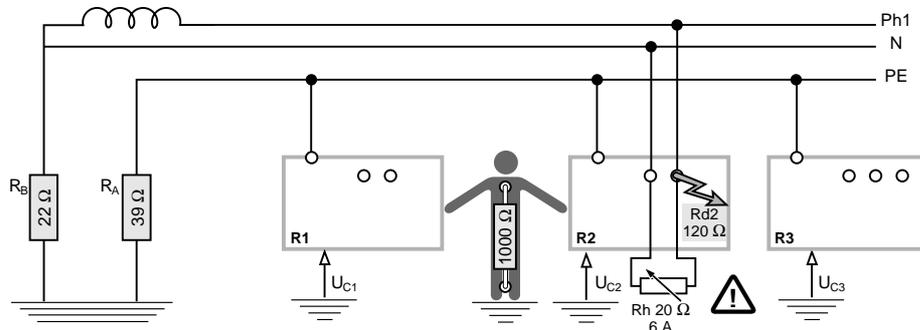
*Régime TT*  
*planche 2*

## TT - 2

a

- 1 - Ouvrir tous les organes de coupure (Q1 à Q33).
- 2 - Réaliser le montage correspondant à la planche 2 (pour la charge de  $20\ \Omega$  du départ n°2, utiliser le rhéostat). Schéma équivalent :

 utiliser un rhéostat



- 3 - Mettre sous tension en fermant Q1, Q21 et Q32.
- 4 - Créer un défaut ( $R_{d2} = 120\ \Omega$ ) dans le récepteur R2 en appuyant sur Bp2.
- 5 - Calculer le courant de défaut théorique  $I_d$  et déterminer  $U_{C1}$  et  $U_{C2}$ .
- 6 - Mesurer les tensions entre les masses des récepteurs et la Terre.

$$U_{C3} = 28\ \text{V} < U_L = 50\ \text{V} \quad : \quad \text{pas de danger}$$

$$\begin{array}{l} U_{C2} = 28\ \text{V} > U_L = 25\ \text{V} \\ U_{C1} = 28\ \text{V} > U_L = 25\ \text{V} \end{array} \quad : \quad \text{DANGER} \\ \text{(pas de déclenchement des disjoncteurs)}$$

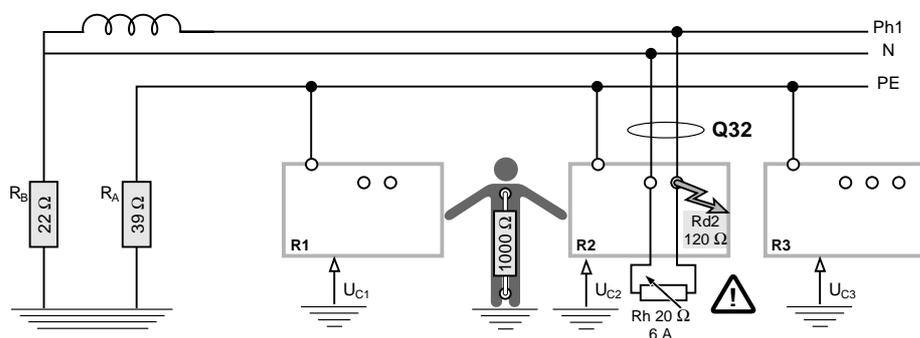
## Remarques :

- Bien que le circuit ait été chargé aux limites de Q32 ( $I_n \approx 6,8\ \text{A}$ ) nous constatons que le défaut à la masse ne provoque pas de déclenchement du magnéto-thermique Q32.
  - Bien que le disjoncteur Q31 soit ouvert, on relève entre la masse du récepteur R1 et la Terre une tension excessive ( $U_{C1} = 28\ \text{V} > U_L = 25\ \text{V}$ ). Cette tension, dangereuse dans le local mouillé où se trouve R1, est renvoyée par l'interconnexion des masses.
- 7 - Mesurer le courant qui traverse H2.

b

- 8 - Couper Q32 et passer par le DDR Q32. Schéma équivalent :

 utiliser un rhéostat



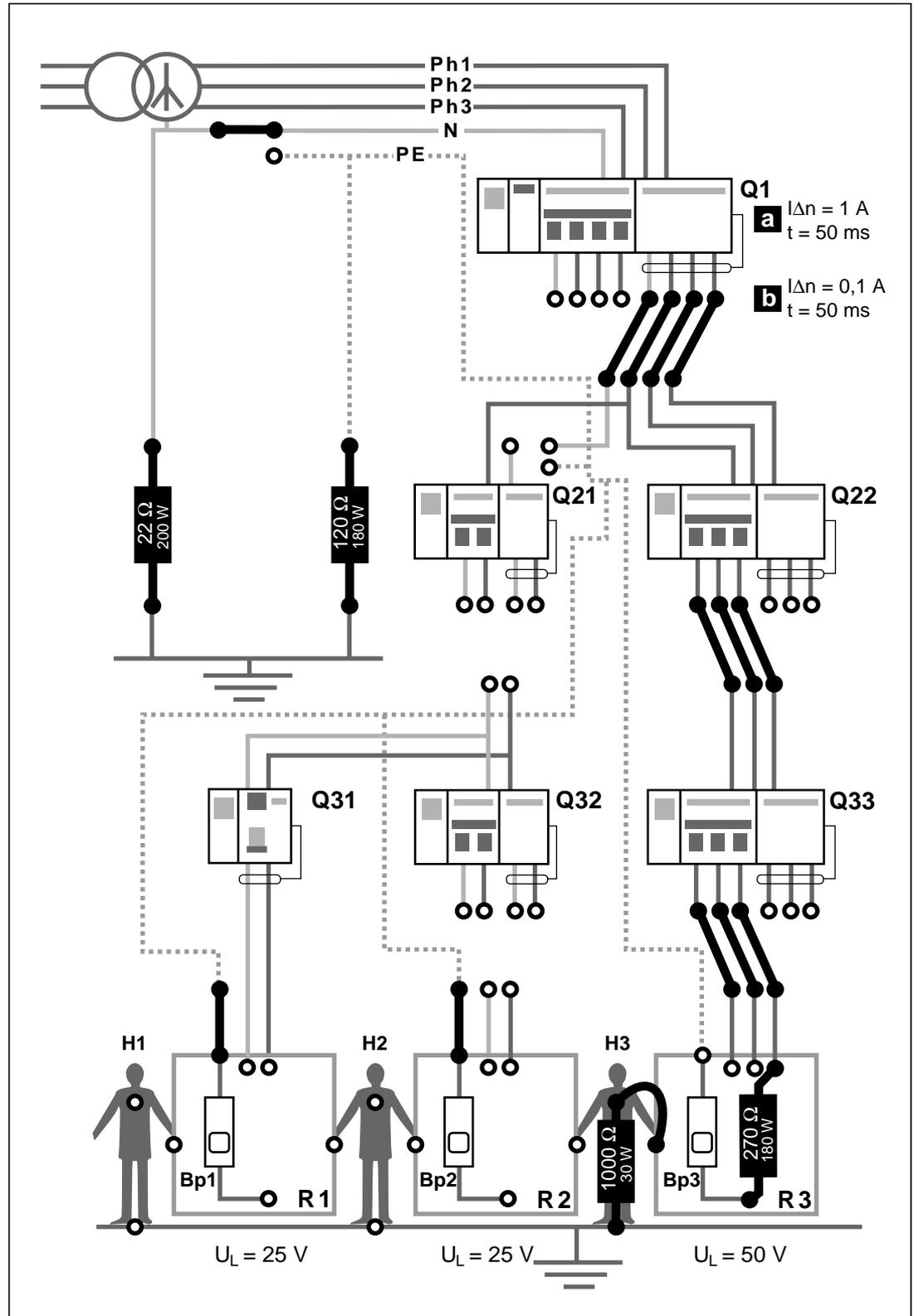
- 9 - Mettre sous tension en refermant Q32.
- 10 - Créer le défaut ( $R_{d2}=120\ \Omega$ ) dans le récepteur R2 en appuyant sur Bp2 :  
Déclenchement immédiat de Q32 : **plus de danger** au niveau de la tension renvoyée sur la masse des récepteurs.

## Conclusion

**Une protection par DDR est nécessaire pour assurer la sécurité.**

**2.1.3**  
**Régime TT**  
**Manipulation 3**

**L'utilisation de DDR est une condition nécessaire mais non suffisante pour assurer la protection - Choix du seuil  $I\Delta n$**



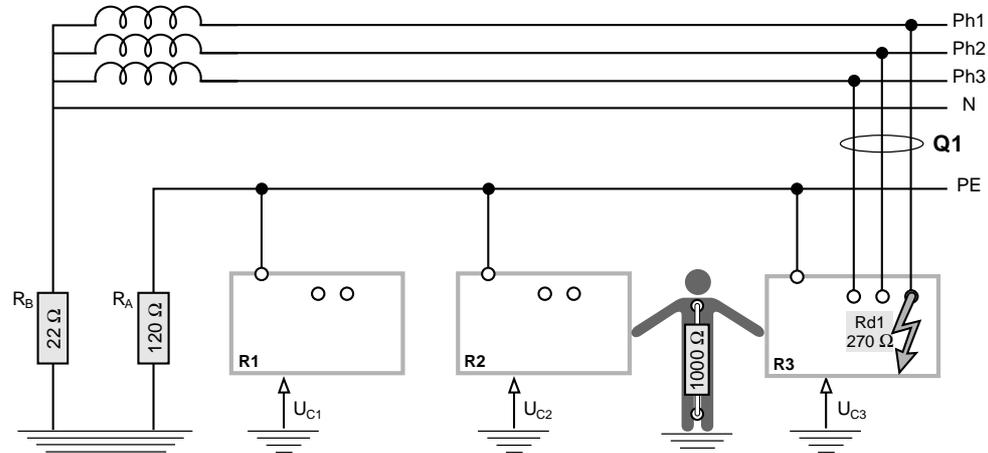
*Régime TT*  
*planche 3*

## TT - 3

a

- 1 - Ouvrir tous les organes de coupure (Q1 à Q33).
- 2 - Réaliser le montage correspondant à la planche 3.

Schéma équivalent :



- 3 - Ajuster les seuils du différentiel de Q1 à :

$$I\Delta n = 1A \quad \text{et} \quad t = 50 \text{ ms}$$

- 4 - Mettre sous tension en fermant Q1, Q22 et Q33.
- 5 - Créer un défaut dans le récepteur R3 en appuyant sur Bp3.
- 6 - Mesurer les tensions entre les masses des récepteurs et la Terre :
  - $U_{C3} = 40 \text{ V} < U_L$  du local<sub>3</sub> = 50 V : **pas de danger**
  - $U_{C2} = 40 \text{ V} > U_L$  du local<sub>2</sub> = 25 V : **DANGER**
  - $U_{C1} = 40 \text{ V} > U_L$  du local<sub>1</sub> = 25 V : **DANGER**

7 - Calculer le courant de défaut  $I_d$ , et vérifier les valeurs de  $U_C$  mesurées ; puis mesurer ce courant en introduisant un ampèremètre dans le circuit.

b

- 8 - Ouvrir Q1.
- 9 - Régler le différentiel de Q1 à :

$$\frac{U_{L\text{mini}}}{R_A} \leq \frac{25}{120}, \text{ soit : } I\Delta n \leq 0,2A \text{ et } t = 50 \text{ ms.} \quad \text{On fixera } I\Delta n = 0,1 A$$

- 10 - Fermer Q1.
- 11 - Créer le défaut en appuyant sur Bp3 :

Il y a déclenchement de Q1 ; **la protection est donc assurée** dans tous les locaux.

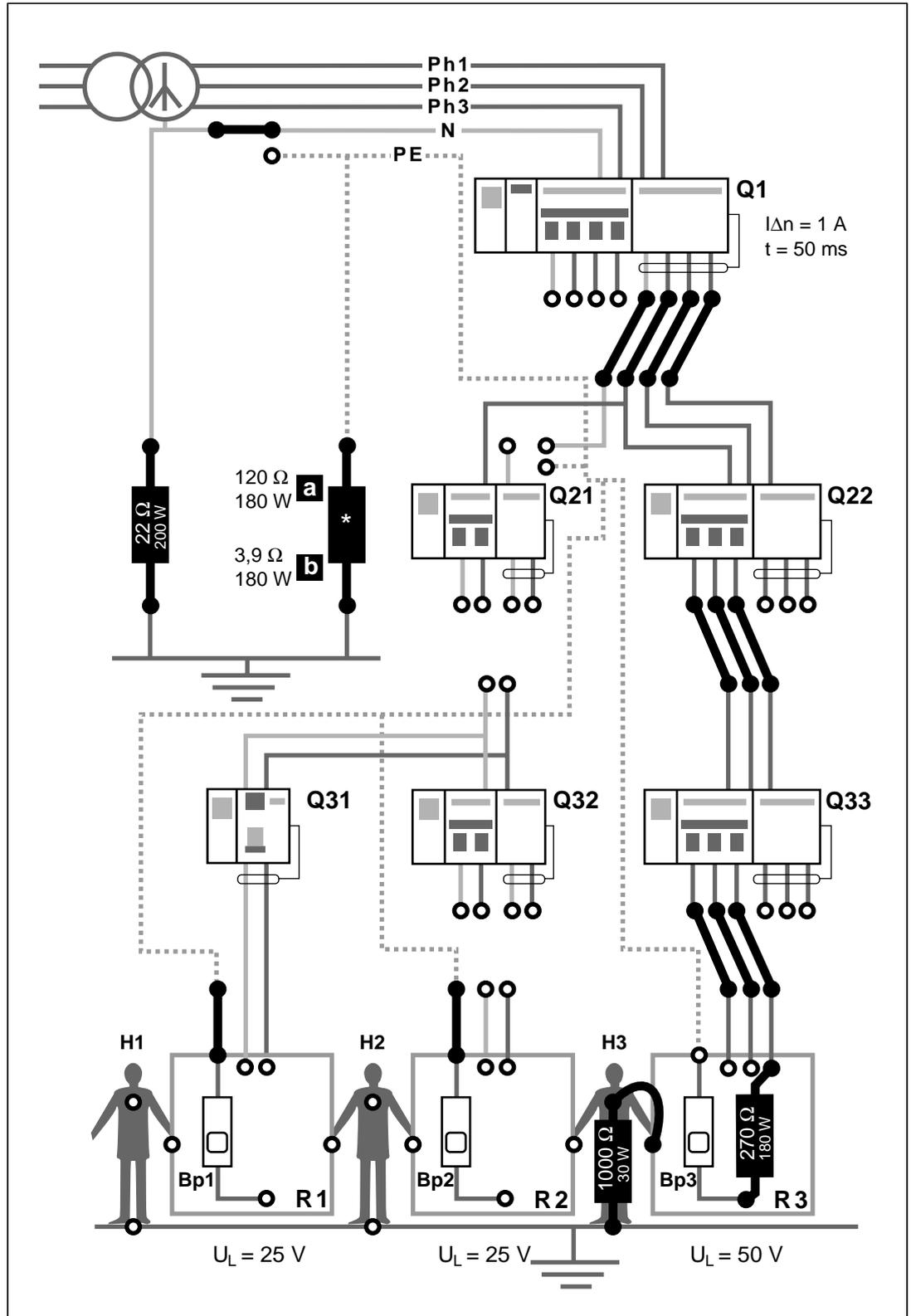
## Conclusion

Pour une valeur de  $R_A$  donnée (elle ne peut être choisie mais éventuellement améliorée), on doit avoir dans une installation :

$$I\Delta n \text{ le plus grand} \leq \frac{U_L \text{ minimum des locaux de l'installation}}{R_A}$$

**2.1.4**  
**Régime TT**  
**Manipulation 4**

L'utilisation de DDR est une condition nécessaire mais non suffisante pour assurer la protection - Valeur maximale de  $R_A$



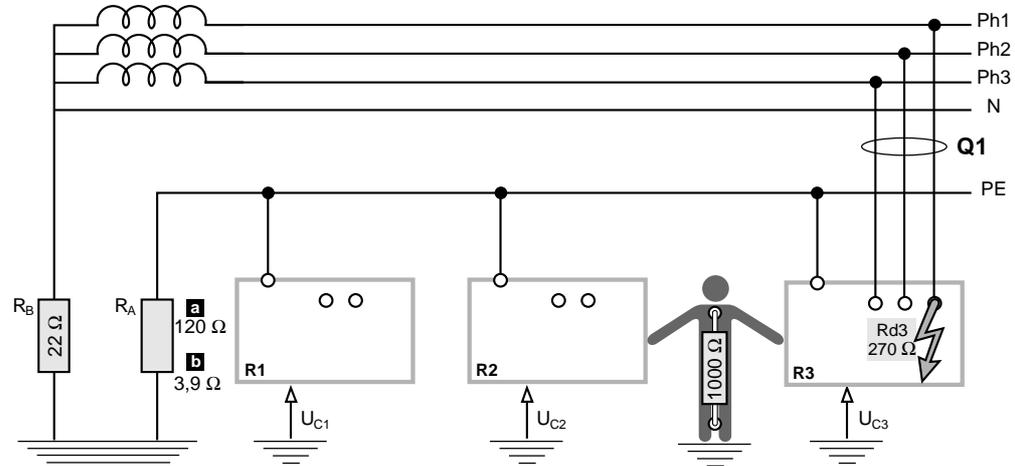
Régime TT  
 planche 4

## TT - 4

**a**

- 1 - Ouvrir tous les organes de coupure (Q1 à Q33).
- 2 - Réaliser le montage correspondant à la planche 4.

Schéma équivalent :



- 3 - Ajuster les seuils du différentiel de Q1 à :

$$I_{\Delta n} = 1 \text{ A} \quad \text{et} \quad t = 50 \text{ ms}$$

- 4 - Mettre sous tension en fermant Q1, Q22 et Q33.
- 5 - Créer un défaut dans le récepteur R3 en appuyant sur Bp3
- 6 - Mesurer les tensions entre les masses des récepteurs et la Terre :
  - $U_{C3} = 40 \text{ V} < U_L$  du local 3 = 50V : **pas de danger**
  - $U_{C2} = 40 \text{ V} > U_L$  du local 2 = 25V : **DANGER**
  - $U_{C1} = 40 \text{ V} > U_L$  du local 1 = 25V : **DANGER**

Vérifier ces mesures par calcul du courant de défaut Id.

**b**

- 7 - Ouvrir Q1.
- 8 - Remplacer  $R_A = 120 \Omega$  par  $R_A = 3,9 \Omega$  (200W).
- 9 - Fermer Q1.
- 10 - Créer le défaut en appuyant sur Bp3.
- 11 - Mesurer les tensions entre les masses des récepteurs et la Terre :

$$\bullet U_{C1} = U_{C2} = U_{C3} = 1,8 \text{ V} : \quad \text{pas de danger}$$

Vérifier ces mesures par calcul du courant de défaut Id.

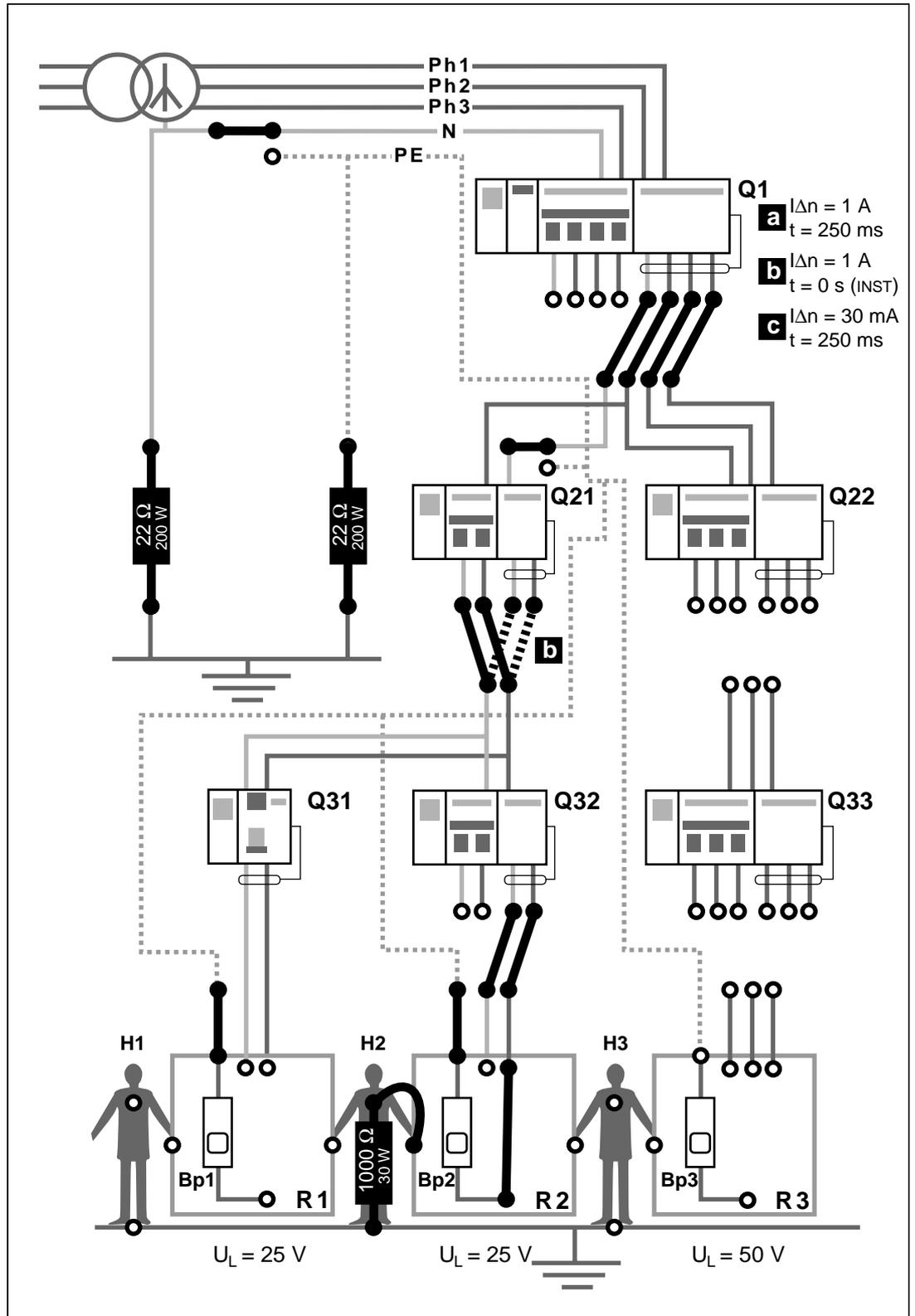
**Conclusion**

Pour une valeur de  $I_{\Delta n}$  choisie, la protection est efficace à condition que la prise de Terre des masses d'utilisation ( $R_A$ ) ait une valeur :

$$R_A \leq \frac{U_L \text{ minimum des locaux de l'installation}}{I_{\Delta n}}$$

**2.1.5**  
**Régime TT**  
**Manipulation 5**

**Déclenchement par des DDR placés à divers niveaux**

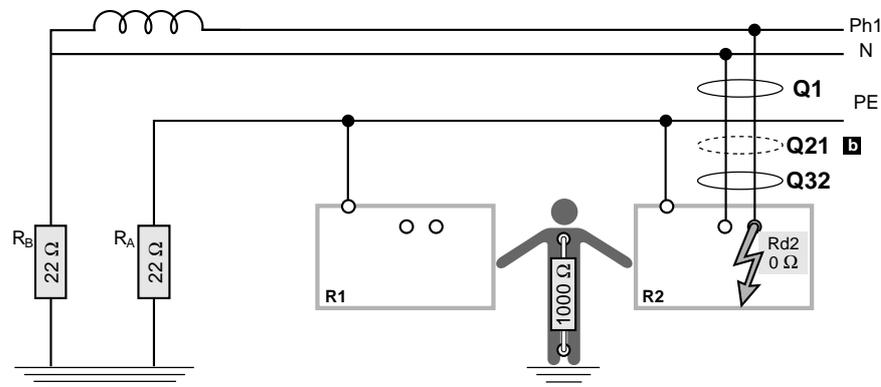


*Régime TT*  
*planche 5*

## TT - 5

**a**

- 1 - Ouvrir tous les organes de coupure (Q1 à Q33).
- 2 - Réaliser le montage correspondant à la planche 5. Schéma équivalent :



- 3 - Ajuster les seuils du différentiel de Q1 à :

$$I\Delta n = 1A \quad \text{et} \quad t = 250 \text{ ms}$$

- 4 - Mettre sous tension en fermant Q1, Q21, Q32.
- 5 - Créer un défaut franc dans le récepteur R2 en fermant Bp2.
  - le disjoncteur différentiel Q32 s'ouvre.

Il y a sélectivité entre le DDR Q32 (instantané) et le DDR Q1 (temporisé à 250 ms).  
On obtient ainsi une **protection sélective**.

**b**

- 6 - Câbler le DDR de Q21, et régler le temps de déclenchement de Q1 à 0 (position INST).
- 7 - Créer un défaut franc dans le récepteur R2 en fermant Bp2 :
  - un des disjoncteurs Q32, Q21 ou Q1 s'ouvre, au hasard des dispersions des courbes de disjonction de chaque appareil.

Il n'y a pas de sélectivité entre les DDR Q32, Q21 et Q1, tous instantanés.

**c**

- 8 - Réaliser le montage de la partie **a**.
- 9 - Ajuster les seuils de Q1 à :
 
$$I\Delta n = 30 \text{ mA} \quad \text{et} \quad t = 250 \text{ ms}$$
- 10 - Créer un défaut franc dans le récepteur R2 en fermant Bp2 :
  - Q32 s'ouvre avant Q1

Le déclenchement temporisé de Q1 permet la sélectivité entre Q32 et Q1

**Conclusion**

**Un DDR temporisé doit toujours être associé à un DDR instantané en aval.**

**Remarque**

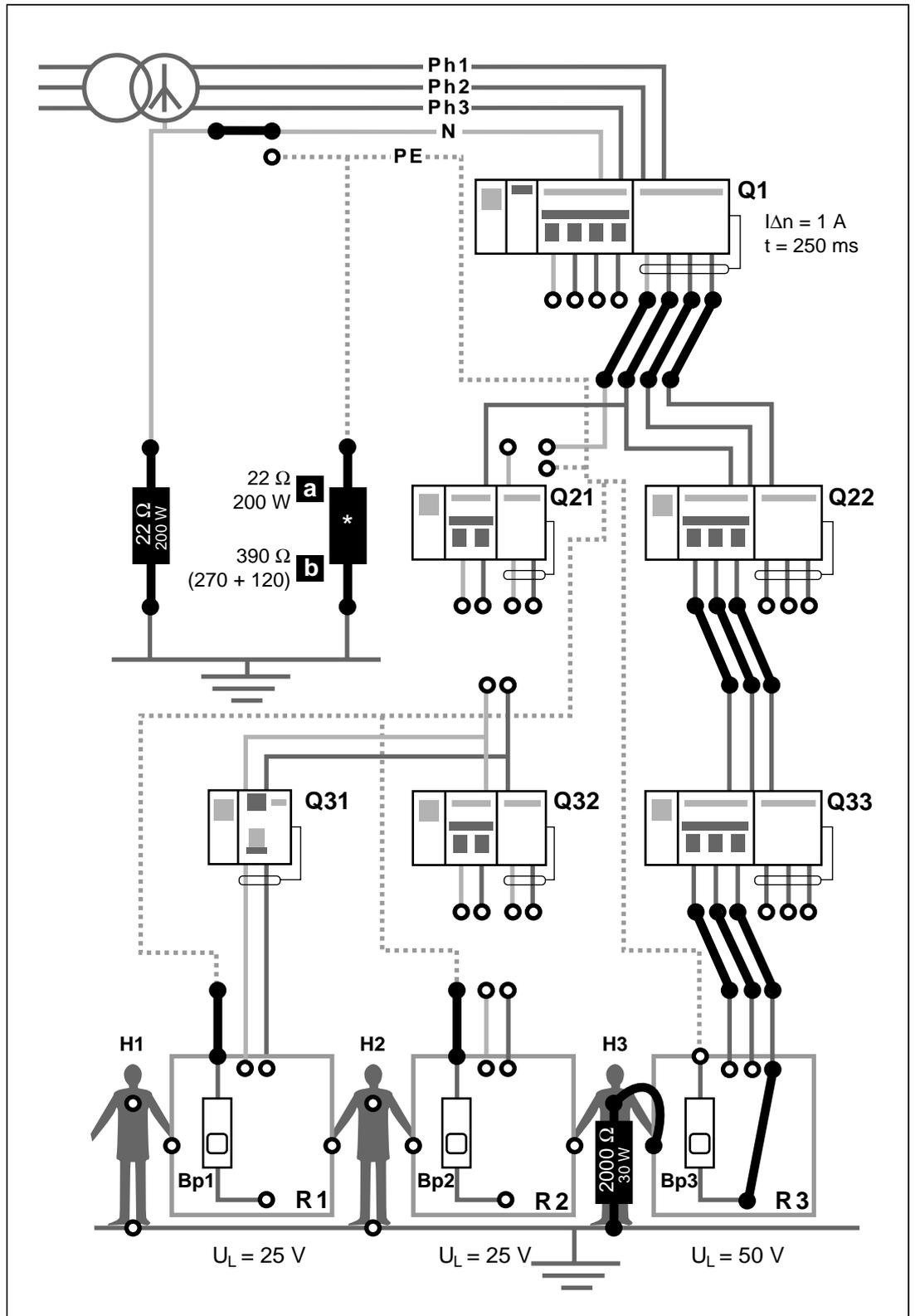
**Autre manipulation possible** : Installation ne présentant pas de sélectivité différentielle.

- Câbler les DDR Q1, Q22 et Q33, avec pour seuils de Q1 :  $I\Delta n = 300 \text{ mA}$  et  $t = 100 \text{ ms}$ .
- Créer un défaut franc sur le récepteur R3 :
  - Q22 et Q33 déclenchent dans un ordre aléatoire.

On peut aussi supprimer la temporisation de Q1 en respectant le réglage  $I\Delta n$  à 300 mA.

**2.1.6**  
**Régime TT**  
**Manipulation 6**

**Les valeurs de prise de Terre doivent être mesurées périodiquement**

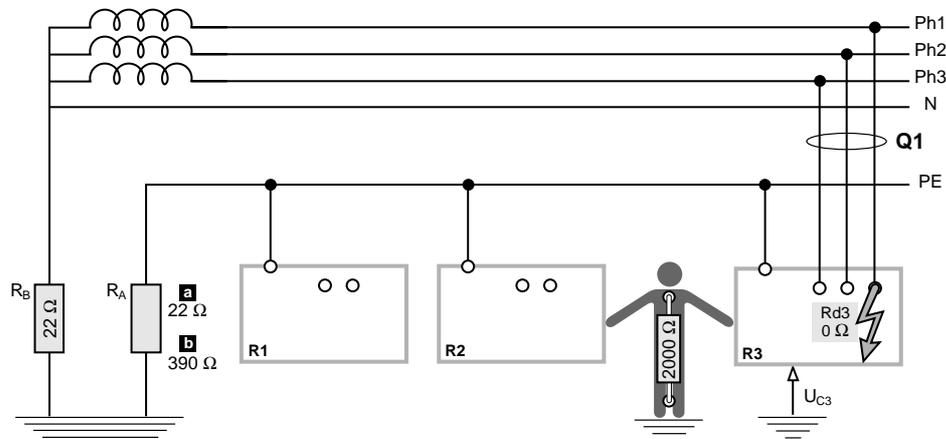


*Régime TT*  
*planche 6*

## TT - 6

a

- 1 - Ouvrir tous les organes de coupure (Q1 à Q33).
- 2 - Réaliser le montage correspondant à la planche 6. Schéma équivalent :



- 3 - Ajuster les seuils du différentiel de Q1 à :

$$I\Delta n = 1A \quad \text{et} \quad t = 250 \text{ ms}$$

- 4 - Mettre sous tension en fermant Q1 (réarmer le DDR correspondant si nécessaire), Q22, Q33.
- 5 - Créer un défaut franc dans le récepteur R3 en fermant Bp3
  - le disjoncteur différentiel Q1 s'ouvre : **pas de danger**
  - calculer le courant de défaut  $I_d$  et interpréter le résultat.

b

- 6 - Ouvrir tous les organes de coupure (Q1 à Q33).
- 7 - Remplacer  $R_A = 22\Omega$  par  $R_A = 390\Omega$ .  
(en associant en série des résistances de  $270\Omega$  et  $120\Omega$ )
- 8 - Mettre sous tension en fermant Q1, Q22, Q33.
- 9 - Créer un défaut franc dans le récepteur R3 en fermant Bp3 :
  - le disjoncteur différentiel Q1 reste fermé. Pourquoi ?
  - calculer  $I_d$  dans ce cas.
- 10 - Mesurer la valeur du courant de défaut en branchant un ampèremètre à l'endroit du défaut franc sur R3 :  $I_d = 320 \text{ mA}$ .

Le seuil de déclenchement de Q1 étant réglé à  $I\Delta n = 1A$ , on voit que  $I_d < I\Delta n$  :

*il est donc normal que Q1 n'ait pas déclenché.*

- 11 - Mesurer la tension entre la masse du récepteur R3 et la Terre :

- $U_{C3} = 125V$  : **DANGER**

## Conclusion

**Il convient de contrôler périodiquement la valeur de la prise de Terre des masses d'utilisation.**

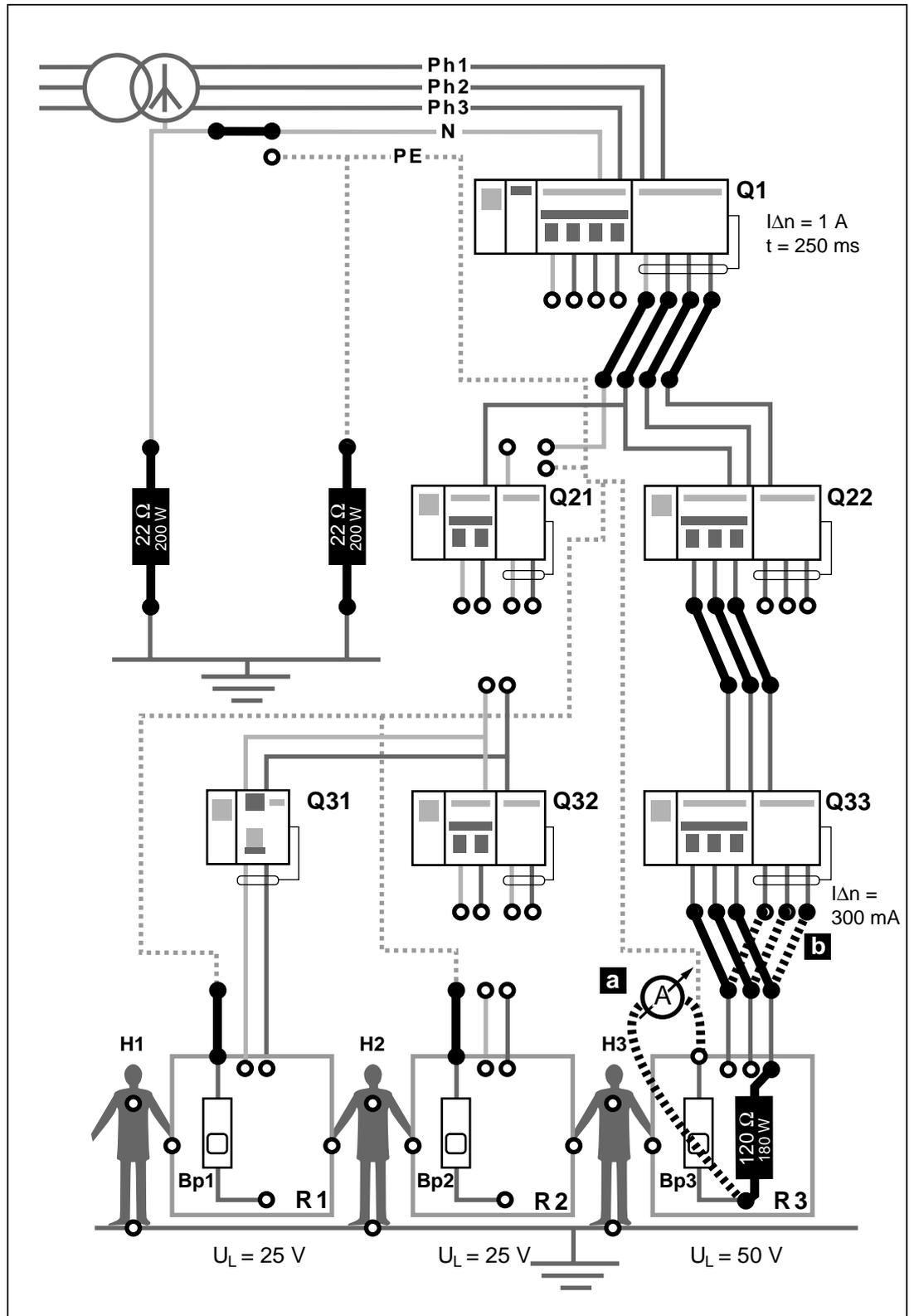
Dans notre exemple  $U_{C3}$  reste  $< U_L = 50 \text{ V}$  si :  $R_A \leq \frac{U_L}{\text{Seuil DDR en Q1}}$ .

La protection n'est donc assurée par le DDR Q1 de seuil  $I\Delta n = 1A$  que dans la mesure où :

$$R_A < \frac{50}{1} = 50\Omega$$

**2.1.7**  
**Régime TT**  
**Manipulation 7**

**Risque d'incendie**



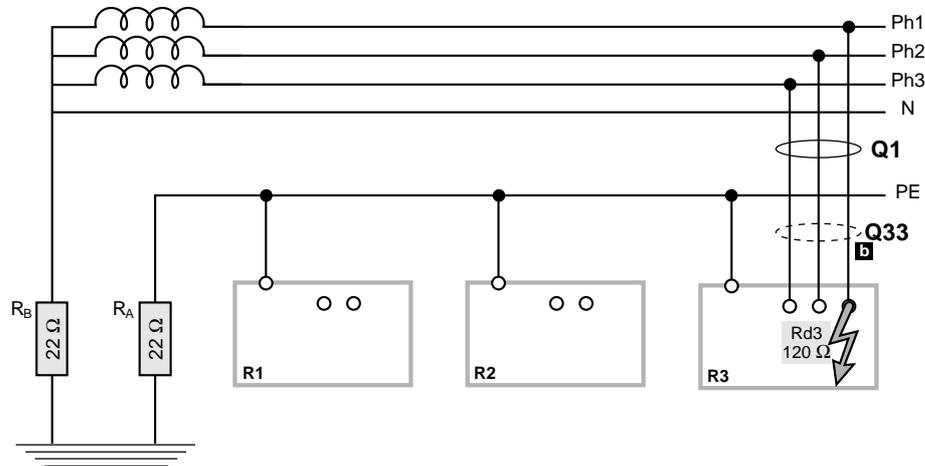
*Régime TT*  
*planche 7*

## TT - 7

**a**

- 1 - Ouvrir tous les organes de coupure (Q1 à Q33).
- 2 - Réaliser le montage correspondant à la planche 7.

Schéma équivalent :



- 3 - Ajuster les seuils du différentiel de Q1 à :  
 $I\Delta n = 1 \text{ A}$  et  $t = 250 \text{ ms}$
- 4 - Mettre sous tension en fermant Q1, Q22 et Q33.
- 5 - Créer un défaut de  $120 \Omega$  dans le récepteur R3 en appuyant sur Bp3 :
  - le disjoncteur Q33 ne s'ouvre pas ;
  - calculer le courant de défaut  $I_d$ .
- 6 - Placer un ampèremètre aux bornes de Bp3 et mesurer le courant de fuite à la Terre :
  - $I_d = 830 \text{ mA}$  : **DANGER D'INCENDIE** puisque  $I_d > 500 \text{ mA}$   
 (500 mA = courant limite pouvant provoquer l'incandescence du point de contact de deux pièces conductrices)

**b**

- 7 - Débrancher l'ampèremètre.
- 8 - Ouvrir Q33.
- 9 - Brancher R3 sur le DDR de Q33, sensibilité sur  $I\Delta n = 300 \text{ mA}$ .
- 10 - Fermer Q33
- 11 - Créer le défaut de  $120 \Omega$  dans le récepteur R3 en fermant Bp3 :
  - le disjoncteur différentiel Q33 s'ouvre.

**Conclusion**

**Les récepteurs placés dans les locaux présentant des risques d'incendie devront être protégés par des DDR de seuil  $I\Delta n \leq 300 \text{ mA}$ .  
(article 482.2.10 de la norme NF C 15-100)**

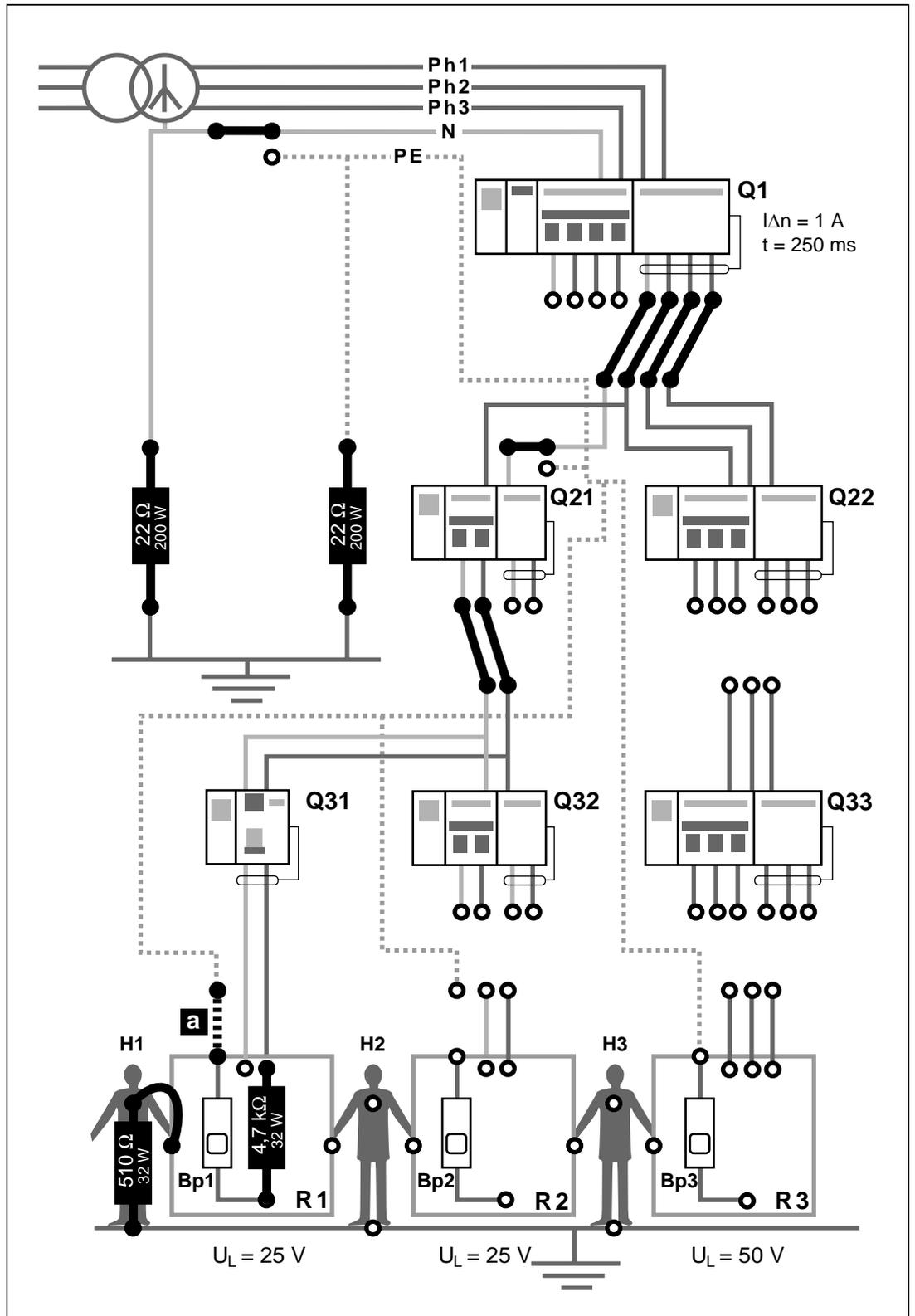
**Remarque**

**Autre manipulation possible :** Mesurer les tensions de contact  $U_{C1}$ ,  $U_{C2}$  et  $U_{C3}$ .

- $U_c = 18 \text{ V}$  : pas de danger pour les opérateurs

**2.1.8**  
**Régime TT**  
**Manipulation 8**

**Récepteurs mobiles**



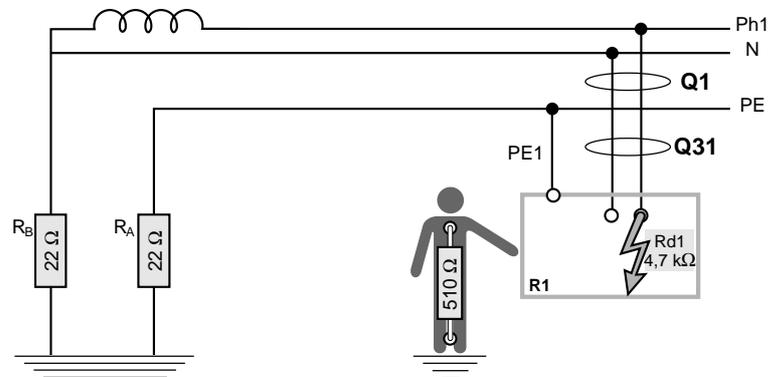
*Régime TT*  
*planche 8*

## TT - 8

**a**

- 1 - Ouvrir tous les organes de coupure (Q1 à Q33).
- 2 - Réaliser le montage correspondant à la planche 8.

Schéma équivalent :

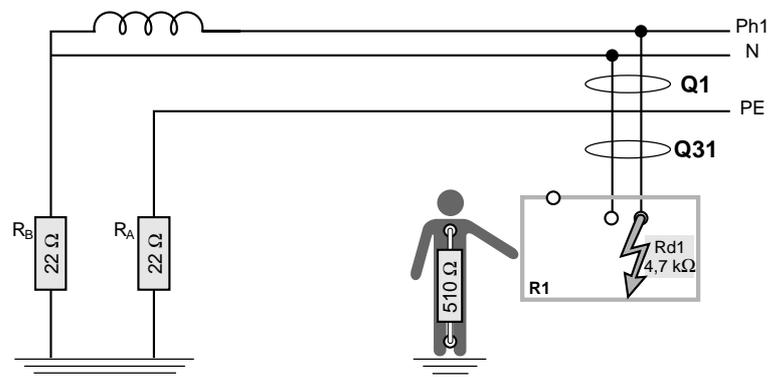


- 3 - Mettre sous tension en fermant Q1, Q21, Q31.
- 4 - Créer un défaut de 4,7 kΩ dans le récepteur R1 en fermant Bp1 :
  - l'interrupteur différentiel Q31 s'ouvre : **Il y a donc protection**
  - calculer le courant de défaut Id.

**b**

- 5 - Supprimer la mise à la Terre de la masse du récepteur R1 en retirant le pont PE1. (Simulation du câble détérioré).

Schéma équivalent :



- 6 - Créer un défaut de 4,7 kΩ dans le récepteur R1 en fermant Bp1 :
  - l'interrupteur différentiel Q31 ( $I_{\Delta n} = 10 \text{ mA}$ ) s'ouvre : **Il y a aussi protection.**
  - calculer le courant de défaut Id.

**Conclusion**

**Un DDR de seuil 10 mA assure la protection des personnes même en cas de coupure du câble de mise à la Terre des récepteurs mobiles.**

**Remarque**

Imposition normative de DDR à haute sensibilité pour les récepteurs mobiles, à condition que le courant  $I_n$  soit inférieur ou égal à 32 A.

### Régime TT : Autres exemples de manipulations possibles

- Cas d'une masse éloignée non interconnectée,
- défaut sur le neutre,
- valeur limite des déclenchements des DDR,
- protection sélective horizontale,
- avec un oscilloscope numérique, enregistrer la valeur de  $U_C$  et le temps de coupure lors d'un défaut et vérifier que ce temps reste bien inférieur à la valeur fixée par les normes pour la tension du réseau (230 V) et les conditions d'exploitation,
- mesurer le courant qui traverse l'opérateur, en présence de défaut.

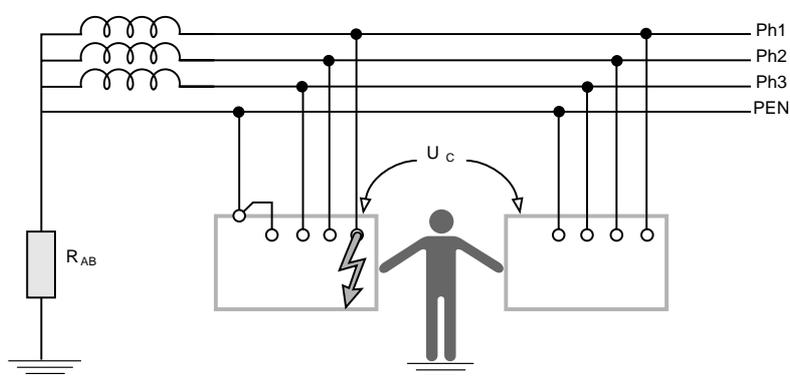
## 2.2 Le régime TN

■ **Le neutre du transformateur** est relié directement à une prise de Terre  $R_B$ , (première lettre T)

■ **Les masses d'utilisation** des récepteurs sont reliées au neutre. (deuxième lettre N).

■ **Toutes les masses** doivent être reliées par un conducteur de protection au point neutre mis à la Terre (**PE** ou **PEN**).

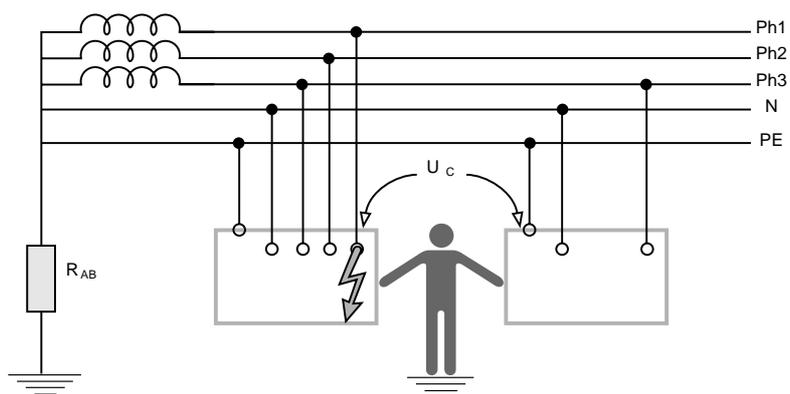
□ **TNC** - le neutre et le conducteur de protection sont **C**onfondus (PEN) :



Le schéma est interdit :

- si  $S < 10 \text{ mm}^2$ ,
- en aval TNS,
- en aval DDR,
- pour les canalisations mobiles.

□ **TNS** - le neutre et le conducteur de protection sont **S**éparés :



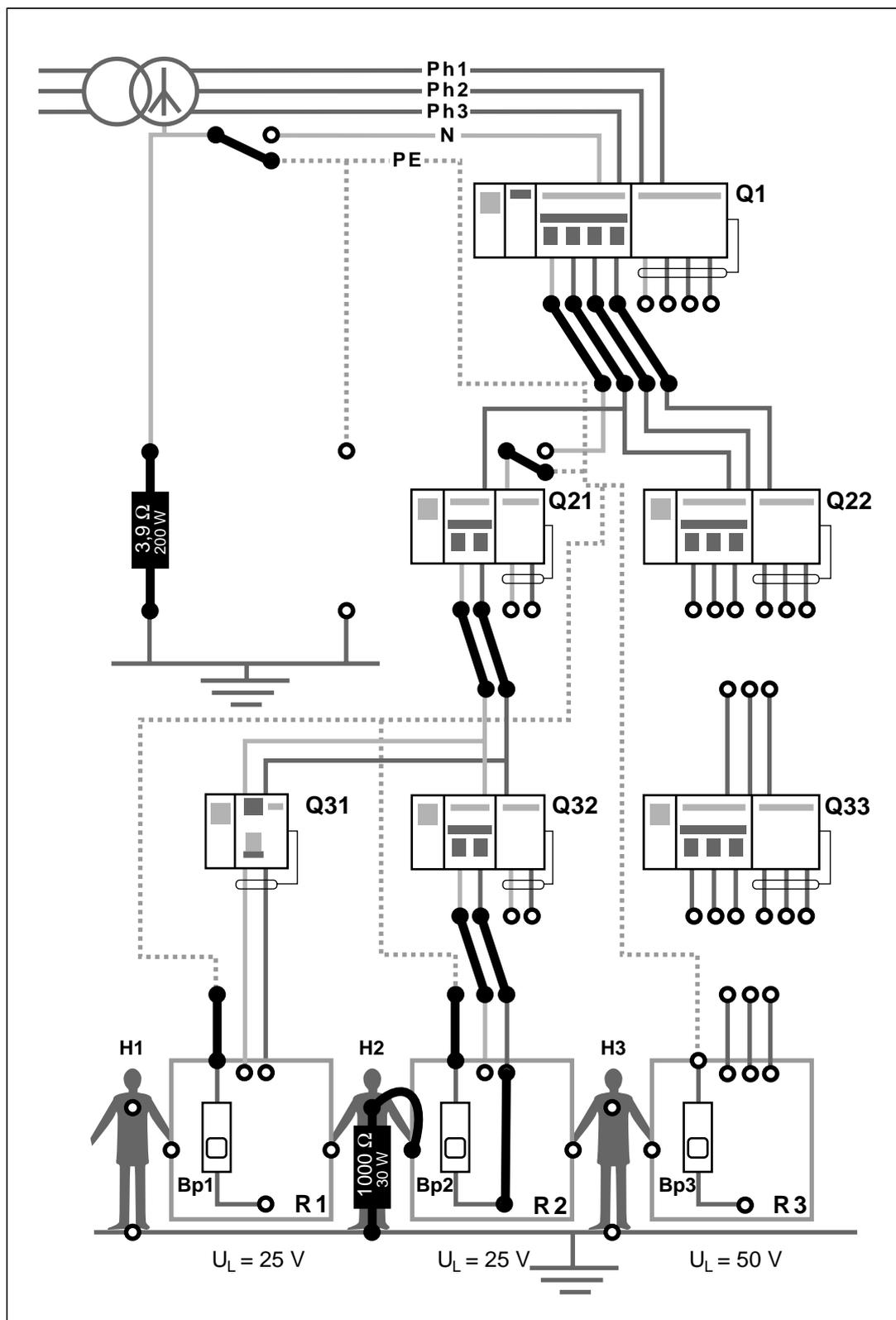
Le schéma est obligatoire si  $S \leq 6 \text{ mm}^2$ ,

**TNC en amont TNS**  
**TNS en circuits terminaux.**

*Déclenchement au premier défaut*

**2.2.1**  
**Régime TN**  
**Manipulation 1**

Un défaut à la masse entraîne une surintensité éliminée par les disjoncteurs classiques



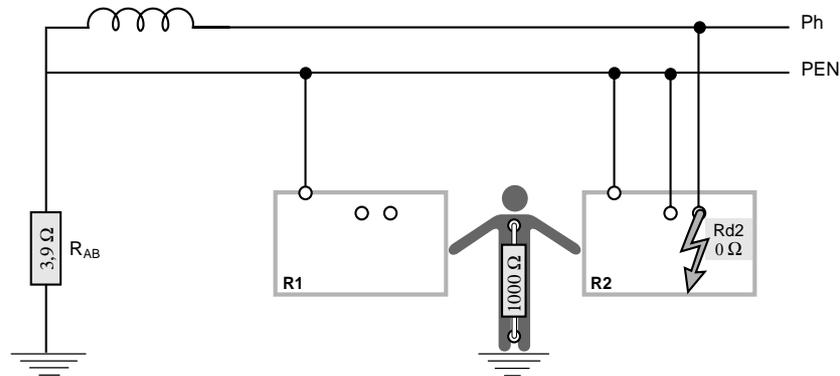
Régime TN  
 planche 1

## TN - 1

## Câblage en TNC

- 1 - Ouvrir tous les organes de coupure (Q1 à Q33).
- 2 - Réaliser le montage correspondant à la planche 1.

Schéma équivalent :



- 3 - Mettre sous tension en fermant Q1, Q21 et Q32.
- 4 - Créer un défaut franc dans le récepteur R2 en appuyant sur le bouton poussoir Bp2 :

- le disjoncteur Q32 déclenche : **pas de danger**

(Q21 et Q1 peuvent éventuellement s'ouvrir aussi)

En cas de défaut franc, le courant de défaut  $I_d$  est déterminé par l'impédance de la boucle de courant  $Z_d$  :

$$I_d = \frac{133V}{Z_d}$$

$Z_d$  est très faible, donc  $I_d$  important.

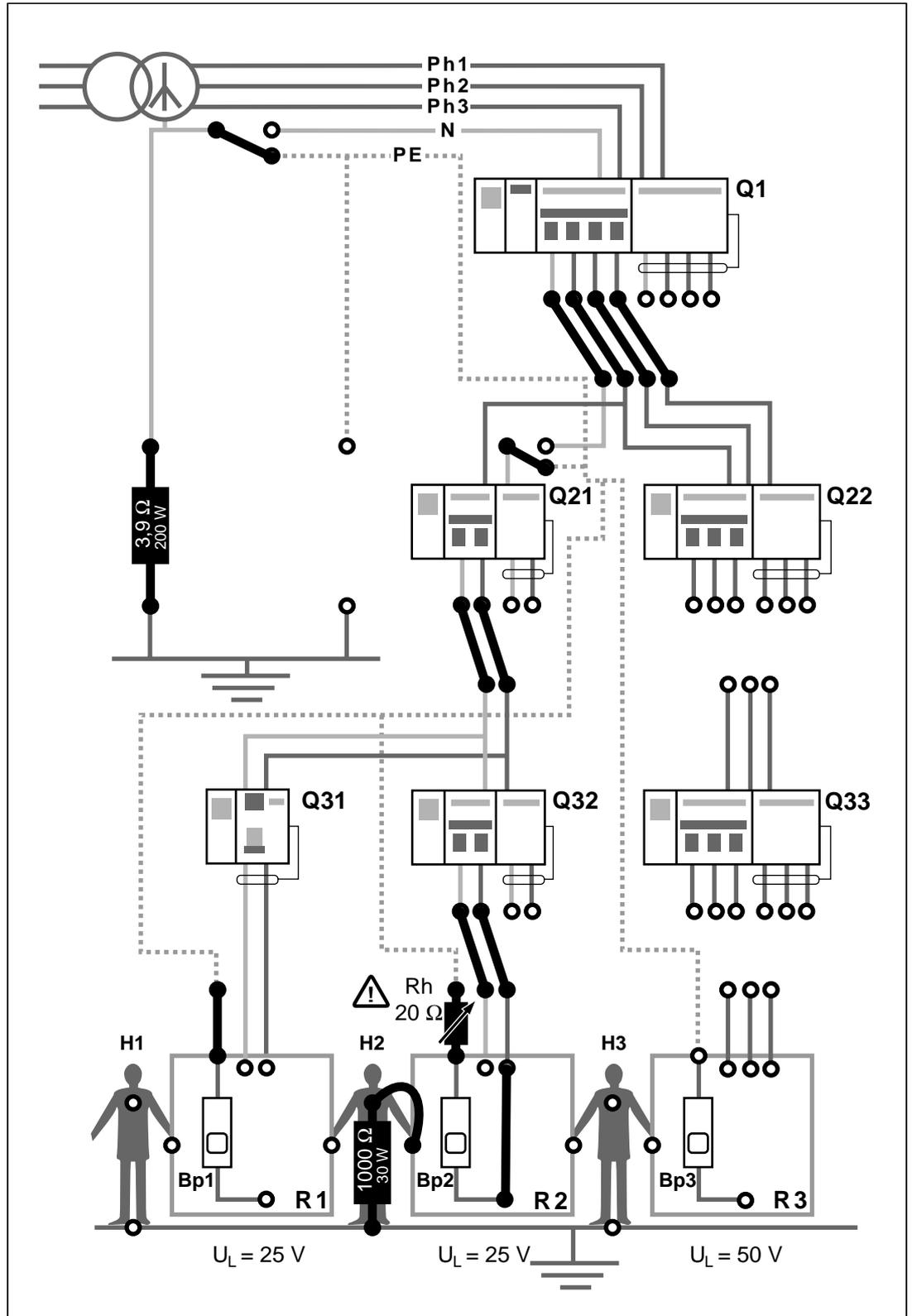
### Conclusion

**En régime TN, le défaut à la masse se traduit par une surintensité qui est éliminée par les protections classiques (disjoncteurs). Les tensions de contact ne sont pas dangereuses puisqu'il y a coupure instantanée.**

**2.2.2**  
**Régime TN**  
**Manipulation 2**

**Un disjoncteur donné permet-il d'assurer la protection dans tous les cas ?**

**⚠ Avertissement : utiliser impérativement le rhéostat**



*Régime TN*  
*planche 2*

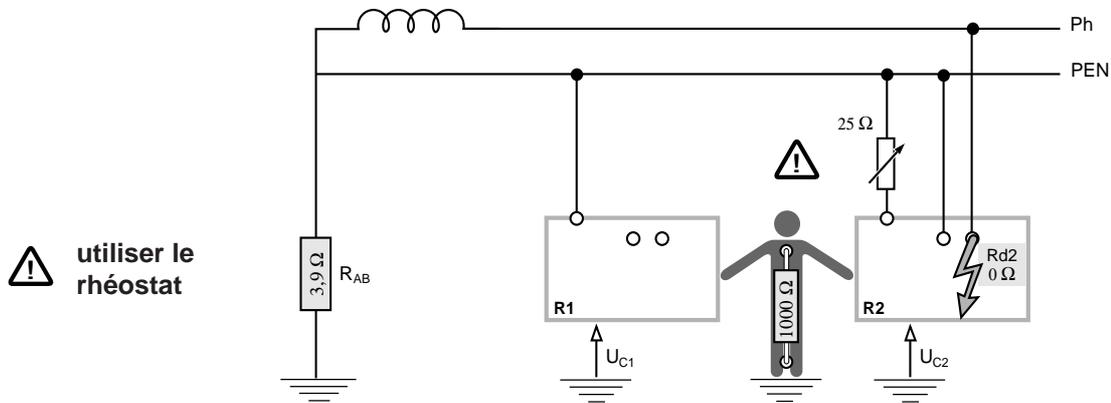
## TN - 2

## Câblage en TNC

1 - Ouvrir tous les organes de coupure (Q1 à Q33).

2 - Réaliser le montage correspondant à la planche 2 (pour la résistance de 25 Ω, utiliser le rhéostat).

Schéma équivalent :



## Note :

la résistance variable de 25 Ω symbolise la résistance du câble de mise à la Terre d'un départ long (ici matérialisée par le rhéostat).

3 - Mettre sous tension en fermant Q1, Q21 et Q32.

4 - Créer un défaut franc dans le récepteur R2 en appuyant sur le bouton poussoir Bp2 :

- Le disjoncteur Q32 ne déclenche pas.
- Calculer le courant de défaut  $I_d$  et exploiter la courbe de déclenchement fournie en annexe (chapitre 3).

5 - Mesurer les tensions entre les masses des récepteurs R1 et R2 et la Terre :

$$U_{C1} = 0$$

$$U_{C2} = 133 \text{ V} : \quad \text{DANGER, puisque la tension de contact } U_{C2} \text{ est supérieure à } U_L (25 \text{ V}).$$

Voir les temps de coupure dans le tableau 48A en fin de ce chapitre « Régime TN ».

## Conclusions

- L'apparition d'un défaut sur un départ long provoque des montées en potentiel dangereuses.
- Le disjoncteur magnéto-thermique n'assure pas sur les départs longs la protection contre les contacts indirects.
- Un disjoncteur magnéto-thermique assure la protection contre les contacts indirects seulement dans la mesure où les câbles d'alimentation des récepteurs ne sont pas trop longs.

$$L \leq \frac{0,8 \cdot 127 \cdot S_{ph}}{\rho \cdot (1 + m) \cdot I_m} \quad (\text{voir cours})$$

$\rho$  = résistivité (=  $22,5 \cdot 10^{-3} \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$  pour le cuivre)

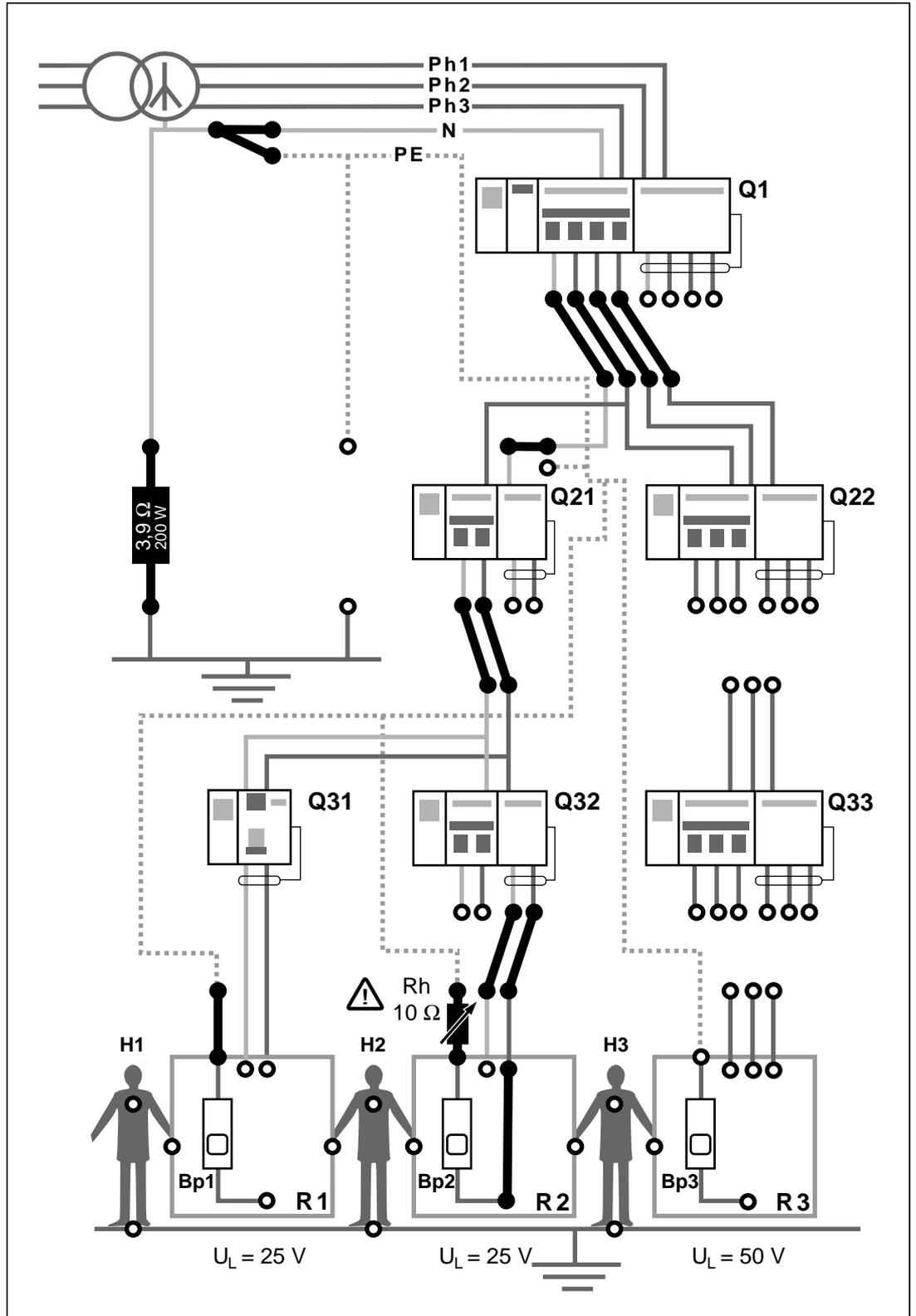
$m$  =  $S_{ph}/S_{pe}$

$I_m$  = courant (A) assurant le fonctionnement du déclencheur magnétique du disjoncteur

**2.2.3**  
**Régime TN**  
**Manipulation 3**

**Que faire si les conditions de protection ne sont pas remplies ?**

**⚠ Avertissement :** utiliser impérativement le rhéostat



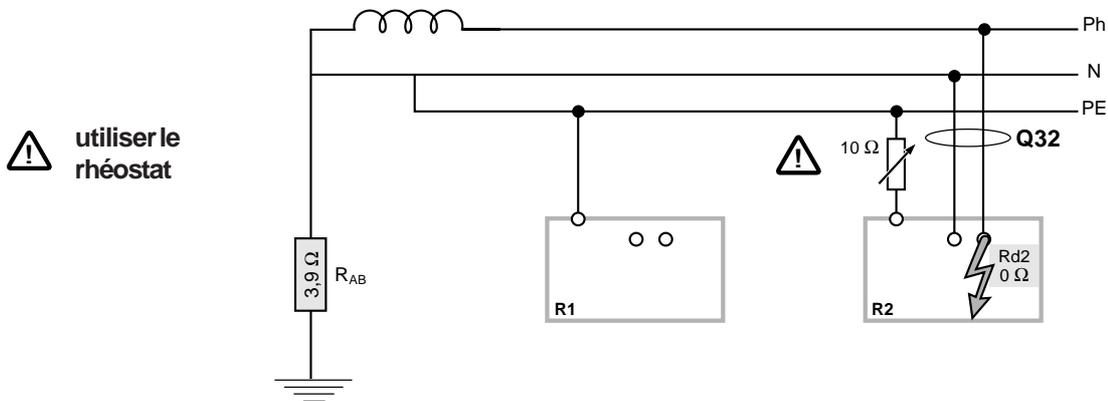
*Régime TN planche*  
**3**

## TN - 3

## Câblage en TNS

- 1 - Ouvrir tous les organes de coupure (Q1 à Q33).
- 2 - Réaliser le montage correspondant à la planche 3 (pour la résistance de  $10\ \Omega$ , utiliser le rhéostat).

Schéma équivalent :



- 3 - Mettre sous tension en fermant Q1, Q21 et Q32.
- 4 - Créer un défaut franc dans le récepteur R2 en appuyant sur le bouton poussoir Bp2 :
  - le disjoncteur différentiel Q32 s'ouvre instantanément : **pas de danger**

## Conclusion

Si les longueurs de câbles sont trop importantes pour assurer la protection par disjoncteur, il conviendra :

- d'augmenter la section du PE,
- d'utiliser un disjoncteur de type B,
- d'installer un DDR

ou

ou

## Note :

Un DDR de seuil inférieur à 500 mA sera nécessaire sur les départs alimentant des locaux à risque d'incendie.

**Régime TN : Autres exemples de manipulations possibles**

■ mettre en évidence les risques d'incendie (DDR obligatoire dans certains cas),

■ montrer les risques si le conducteur PE est coupé,

■ avec un oscilloscope numérique enregistrer la valeur de  $U_c$  et le temps de coupure lors d'un défaut et vérifier que ce temps reste bien inférieur à la valeur fixée par les normes pour la tension du réseau (230 V) et les conditions d'exploitation

Pour mémoire, la nouvelle norme **NFC 15-100** donne les valeurs des durées **maximales** de maintien de la tension de contact :

Régime **TN**, pour  $U_L = 50 \text{ V}$  :

Tension nominale $U_0$ (volts)	Temps de coupure (secondes)
120 - 127	0,8
220 - 230	0,4
380 - 400	0,2
> 400	0,1

Tableau 41A § 413.1.3.3

Régime **TN**, pour  $U_L = 25 \text{ V}$  :

Tension nominale $U_0$ (volts)	Temps de coupure (secondes)
120 - 127	0,35
220 - 230	0,2
380 - 400	0,05
580	0,02

Tableau 48A § 481.3

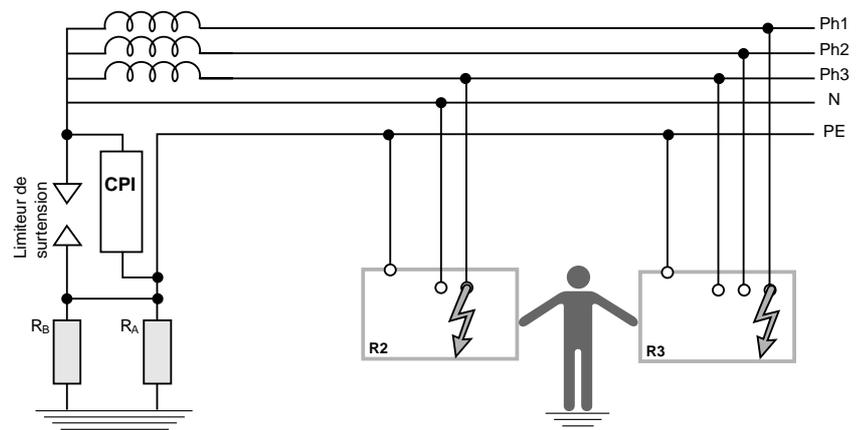
$U_0$  : tension entre phase et neutre

## 2.3 Le régime IT

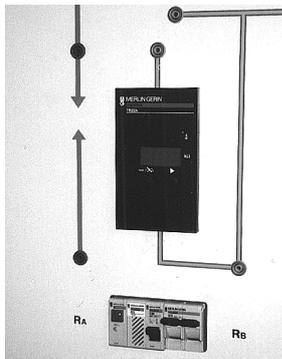
■ **Le neutre du transformateur** est isolé de la Terre.  
( 1<sup>ère</sup> lettre : I = isolé ).

■ **Les masses d'utilisation** des récepteurs sont reliées directement à une prise de Terre.  
( 2<sup>ème</sup> lettre : T = Terre )

(Si la résistance de la prise de Terre est inférieure à  $1\Omega$ , il est conseillé de relier les masses et le neutre à cette prise de Terre)



**Signalisation au premier défaut**  
**Déclenchement au 2<sup>ème</sup> défaut entre deux phases**



■ Mise en œuvre et réglage du Contrôleur Permanent d'Isolément (CPI) :

1 - Réaliser la liaison du CPI.

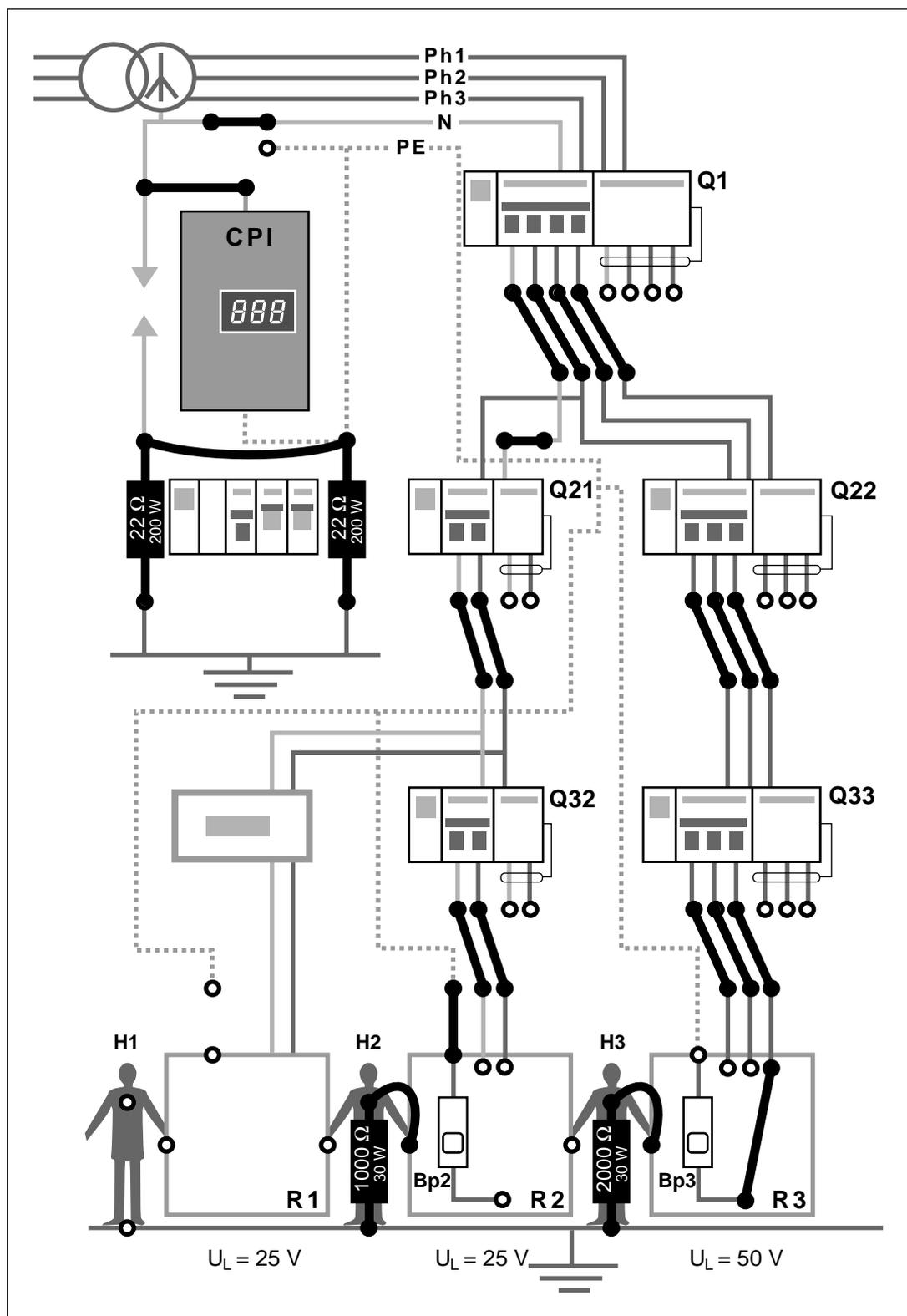
2 - Mettre le CPI sous tension en fermant le porte-fusible situé en dessous de celui-ci.

3 - Régler le CPI à  $700\Omega$  en utilisant la notice se trouvant dans le dossier technique.

■ **Note** : Si la prise de Terre des masses est séparée des masses d'utilisation, il y a obligation d'employer un DDR sur chaque groupe de masses (voir § 532.2.5 de la NF C 15-100).

**2.3.1**  
**Régime IT**  
**Manipulation 1**

L'interconnexion et la mise à la Terre des masses sont des conditions nécessaires et suffisantes pour la protection en cas de premier défaut

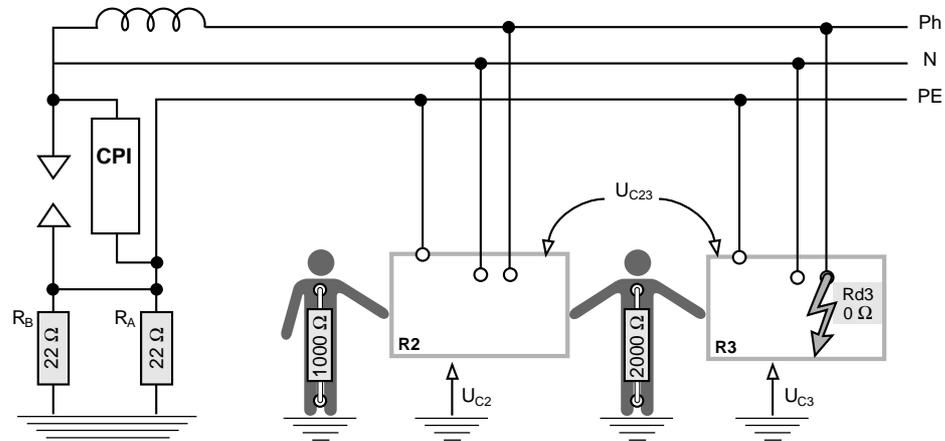


Régime IT planche  
 1

## IT- 1

- 1 - Ouvrir tous les organes de coupure (Q1 à Q33).
- 2 - Réaliser le montage correspondant à la planche 1.

Schéma équivalent :



- 3 - Mettre sous tension en fermant Q1, Q21, Q22, Q32 et Q33.
- 4 - Créer un défaut franc dans le récepteur R3 en appuyant sur le bouton poussoir Bp3.
- 5 - Mesurer la tension entre la masse du récepteur R2 et la Terre :

$$U_{C2} = 0V \quad : \quad \text{pas de danger.}$$

- 6 - Mesurer les tensions entre :

- la masse du récepteur R3 et la Terre

$$U_{C3} = 0V \quad : \quad \text{pas de danger,}$$

- les mains de H3 (masses des récepteurs R2 et R3)

$$U_{C23} = 0V \quad : \quad \text{pas de danger.}$$

### Conclusion

Lors de l'apparition d'un premier défaut (même franc), il n'y a pas de danger.

**Le déclenchement n'est donc pas nécessaire au premier défaut, il faut cependant prévoir un dispositif qui contrôle l'isolement du réseau et signale l'apparition d'un premier défaut.**

### Note :

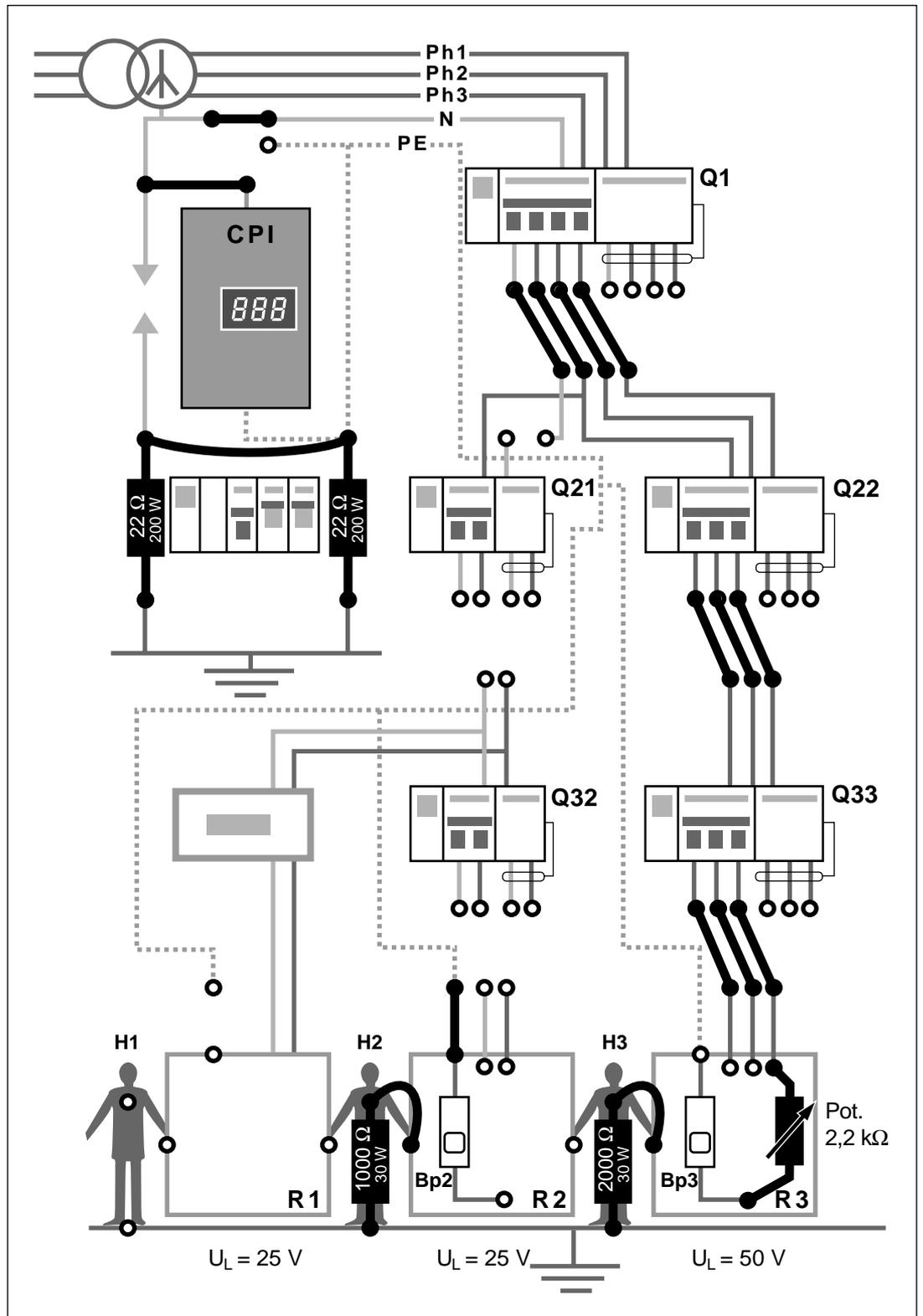
En schéma IT, et en cas de premier défaut, l'impédance  $Z_d$  de la boucle de défaut est l'impédance du réseau par rapport à la Terre.

Dans le cas précis de ce banc d'essais, cette impédance  $Z_d$  est constituée essentiellement par l'impédance interne du CPI, car la longueur des câbles n'est pas significative.

( $Z_{\text{interne du CPI}} \approx 128 \text{ k}\Omega$ )

**2.3.2**  
**Régime IT**  
**Manipulation 2**

**Contrôle permanent de l'isolement du réseau par rapport à la Terre, et signalisation d'un premier défaut.**

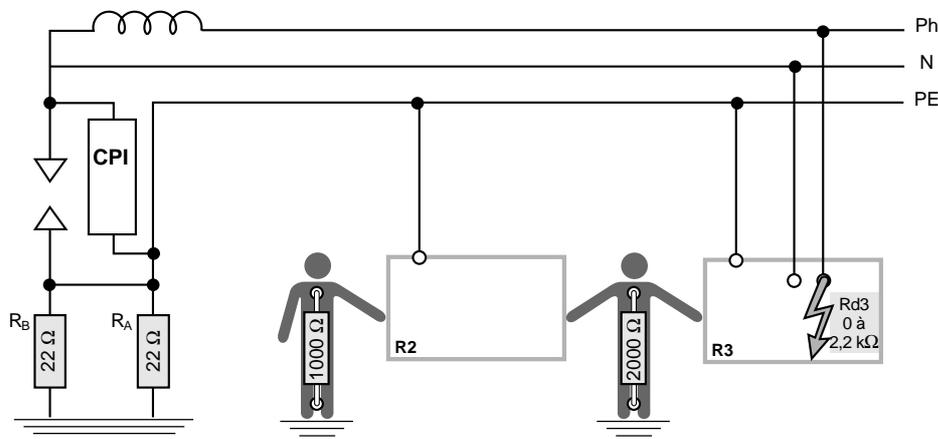


*Régime IT planche*  
**2**

## IT - 2

- a**
- 1 - Ouvrir tous les organes de coupure (Q1 à Q33).
  - 2 - Réaliser le montage correspondant à la planche 2.

Schéma équivalent :



- 3 - Mettre sous tension le contrôleur permanent d'isolement (CPI) en fermant le porte-fusible placé au dessous de celui-ci.
- 4 - Ajuster le potentiomètre pour  $R_{d3} = 0$ .
- 5 - Mettre le réseau sous tension en fermant Q1, Q22 et Q33
- 6- Créer un défaut franc dans le récepteur R3 en appuyant sur le bouton poussoir Bp3 :
  - le voyant lumineux du CPI s'allume,
  - la signalisation sonore fonctionne.

Calculer le courant de défaut  $I_d$  (sachant que  $Z_{interne}$  du CPI  $\approx 128 \text{ k}\Omega$ )

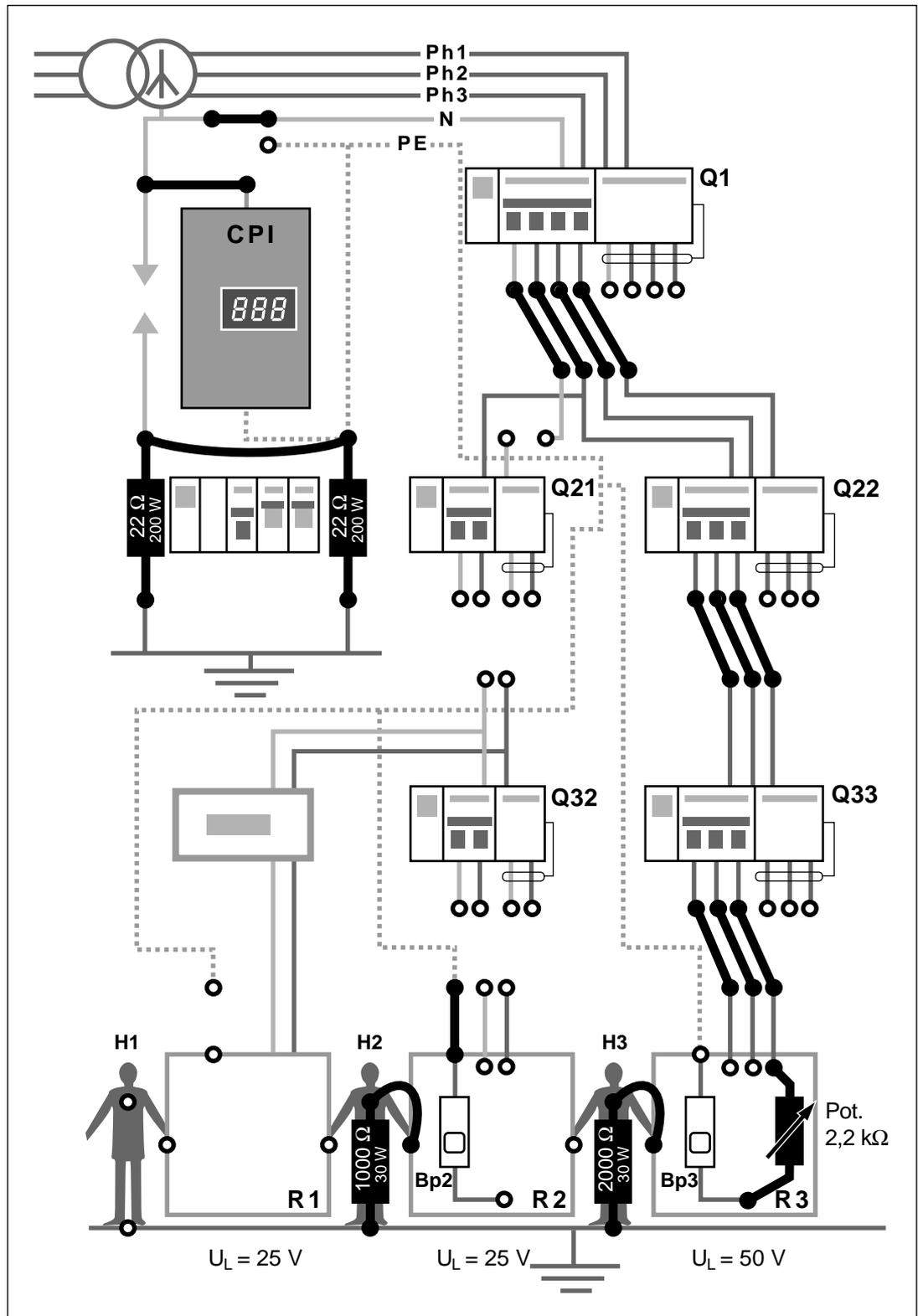
- b**
- 7 - Augmenter la valeur de la résistance de défaut  $R_{d3}$  :
    - dès que sa valeur est supérieure au seuil du CPI (ajusté au départ à  $700 \Omega$ ), la signalisation disparaît.
  - 8 - Diminuer la valeur de la résistance de défaut :
    - dès que sa valeur est inférieure au seuil du CPI, la signalisation fonctionne à nouveau.

## Conclusion

**Le CPI contrôle en permanence l'isolement du réseau par rapport à la Terre et signale dès que cet isolement est inférieur à son seuil ( $700 \Omega$  dans notre cas).**

**2.3.3**  
**Régime IT**  
**Manipulation 3**

**Défaut simple : recherche du départ en défaut par ouvertures successives des divers disjoncteurs.**

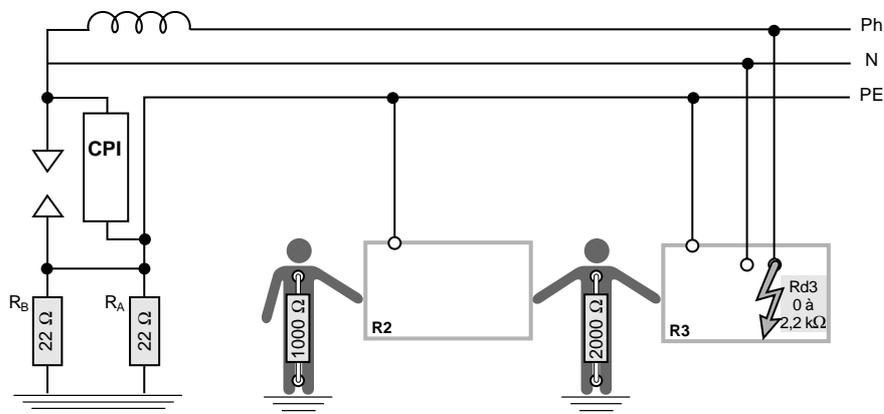


*Régime IT planche*  
**3**

## IT - 3

**a**

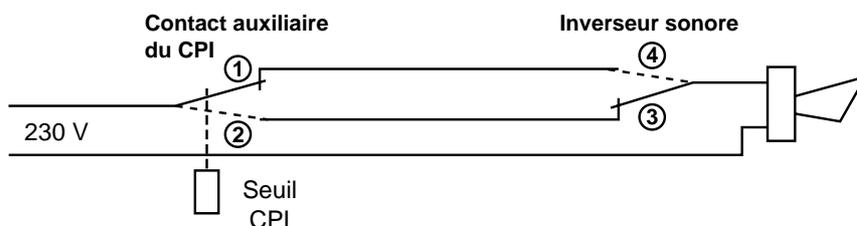
- 1 - Ouvrir tous les organes de coupure (Q1 à Q33).
- 2 - Réaliser le montage correspondant à la planche 3 (même schéma que pour la manipulation 2). Schéma équivalent :



- 2 - Vérifier que le CPI est sous tension
- 3 - Mettre le réseau sous tension en fermant Q1, Q22, et Q33.
- 4 - Créer un défaut  $R_{d3} < 700 \Omega$  (seuil du CPI) dans le récepteur R3 en appuyant sur le bouton poussoir Bp3 :
  - le voyant lumineux du CPI s'allume, et la signalisation sonore fonctionne. (inverseur CPI position 2, inverseur sonore position 3)
- 5 - Basculer l'inverseur situé au dessous du CPI :
  - la signalisation sonore s'arrête, et le voyant lumineux du CPI reste allumé. (inverseur CPI position 2, inverseur sonore position 4)

**Note :**

Cet inverseur est monté en circuit «va et vient» avec le contact inverseur du seuil du CPI :

**b**

- 6 - Ouvrir brièvement le disjoncteur Q22 :
  - lorsque Q22 est ouvert la signalisation sonore fonctionne à nouveau. *Le défaut se situe donc en aval de Q22.*
- 7 - Refermer Q22 et ouvrir brièvement le disjoncteur en aval de Q22, soit Q33 :
  - lorsque Q33 est ouvert la signalisation sonore fonctionne à nouveau. *Le défaut se situe donc en aval de Q33.*

**Conclusion**

**Il est possible de localiser le défaut en ouvrant successivement chaque disjoncteur.**

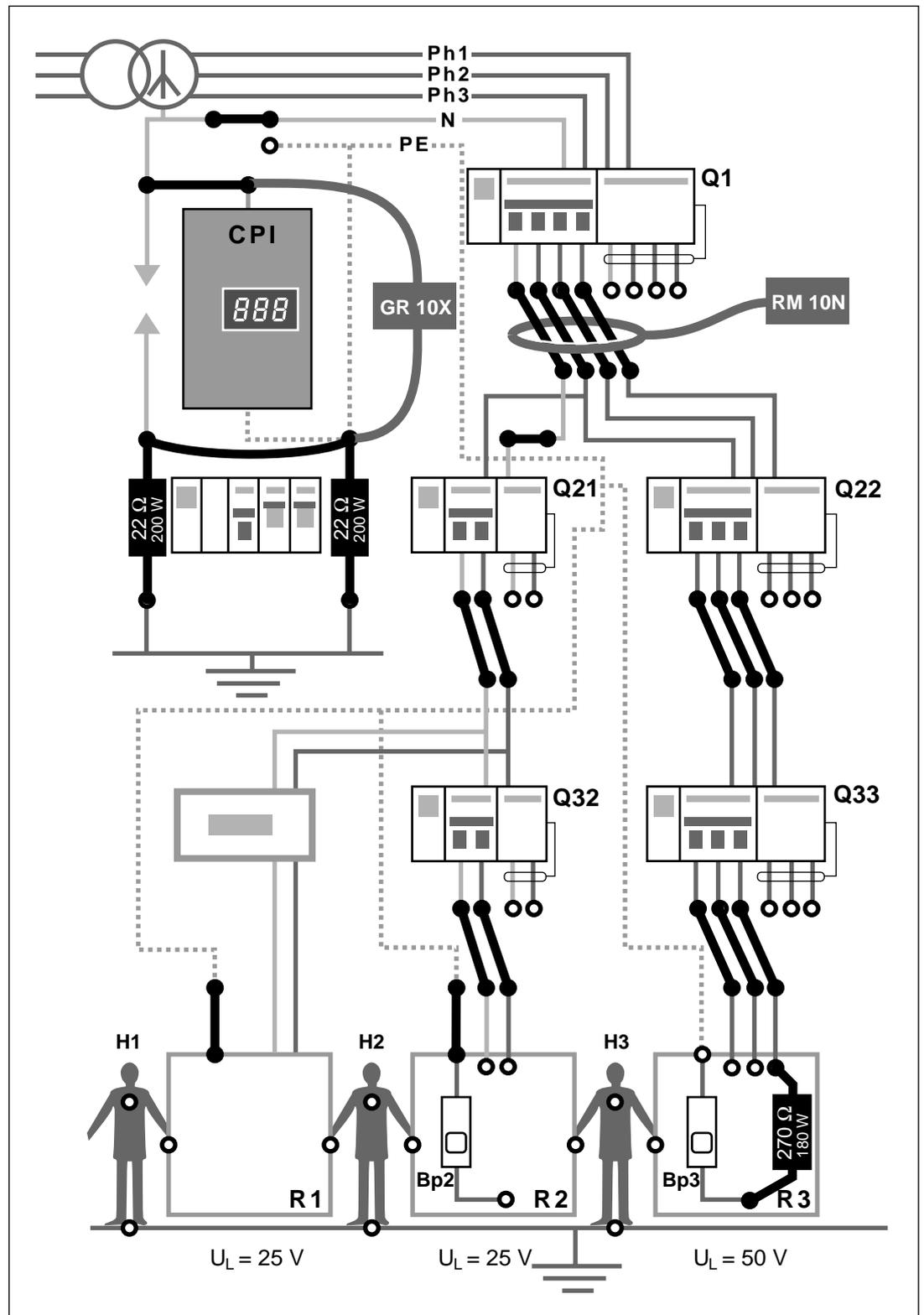
Lorsque le disjoncteur qui alimente le défaut est ouvert, l'isolement du réseau remonte, le contact inverseur du seuil du CPI fonctionne et fait retentir la signalisation sonore.

Cette méthode présente cependant l'inconvénient d'interrompre la distribution momentanément. Dans les usines fonctionnant «à feu continu», une interruption, même brève, sur chaque départ n'est pas tolérable : il faut donc dans ce cas trouver une autre solution.

**2.3.4**  
**Régime IT**  
**Manipulation 4**

**Défaut simple : recherche du départ en défaut par injection de courant alternatif à très basse fréquence.**

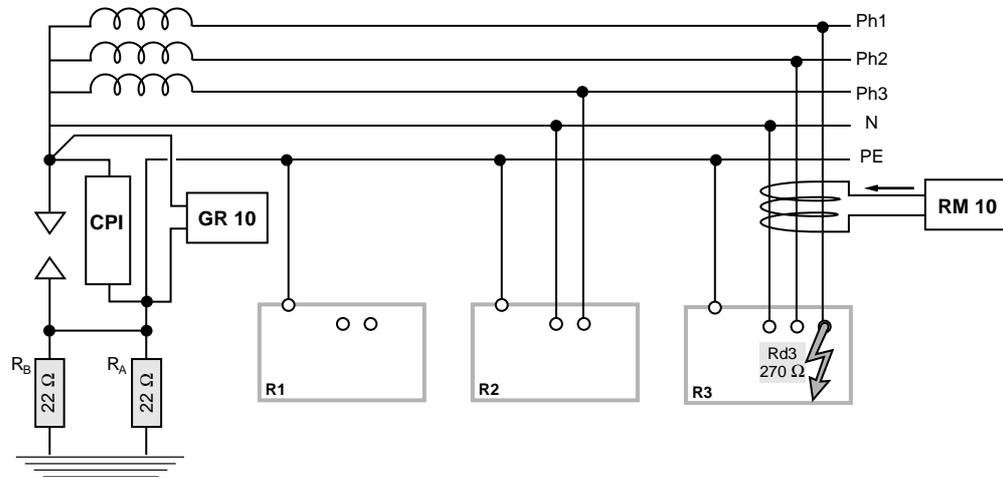
**⚠ Attention :** Cette manipulation nécessite l'emploi d'appareils optionnels (GR 10X et RM 10N) non fournis avec le banc.



## IT - 4

- a**
- 1 - Ouvrir tous les organes de coupure (Q1 à Q33).
  - 2 - Réaliser le montage correspondant à la planche 4.

Schéma équivalent :



- 3 - Brancher le Vigidix portatif GR10 (non fourni) entre les deux bornes du CPI (neutre du réseau et Terre).
  - 4 - Vérifier que le CPI est sous tension et alimenter le GR10.
  - 5 - Mettre le réseau sous tension en fermant Q1, Q21, Q22, Q32 et Q33.
  - 6 - Créer un défaut de  $270\Omega$  ( $< 700\Omega$  seuil du CPI) dans le récepteur R3 en fermant Bp3 :
    - le voyant lumineux du CPI s'allume, et la signalisation sonore fonctionne.
  - 7 - Basculer l'inverseur situé au dessous du CPI :
    - la signalisation sonore s'arrête, et le voyant du CPI reste allumé.
- b**
- 8 - Mettre la pince du RM10 (non fourni) autour du conducteur de liaison du GR10 au neutre du réseau et ajuster la sensibilité du GR10 pour avoir une indication sur l'affichage du RM10.
  - 9 - Placer la pince en aval de Q1 (les 4 conducteurs actifs doivent passer à l'intérieur de la pince) :
    - le GR10 affiche une valeur : *le défaut est donc en aval de Q1.*
  - 10 - Placer la pince en aval de Q21 (les 2 conducteurs actifs doivent passer à l'intérieur de la pince) :
    - le GR10 n'affiche rien : *le défaut n'est donc pas en aval de Q21.*
  - 11 - Placer la pince en aval de Q33 :
    - le GR10 affiche une valeur : **le défaut est donc en aval de Q33.**

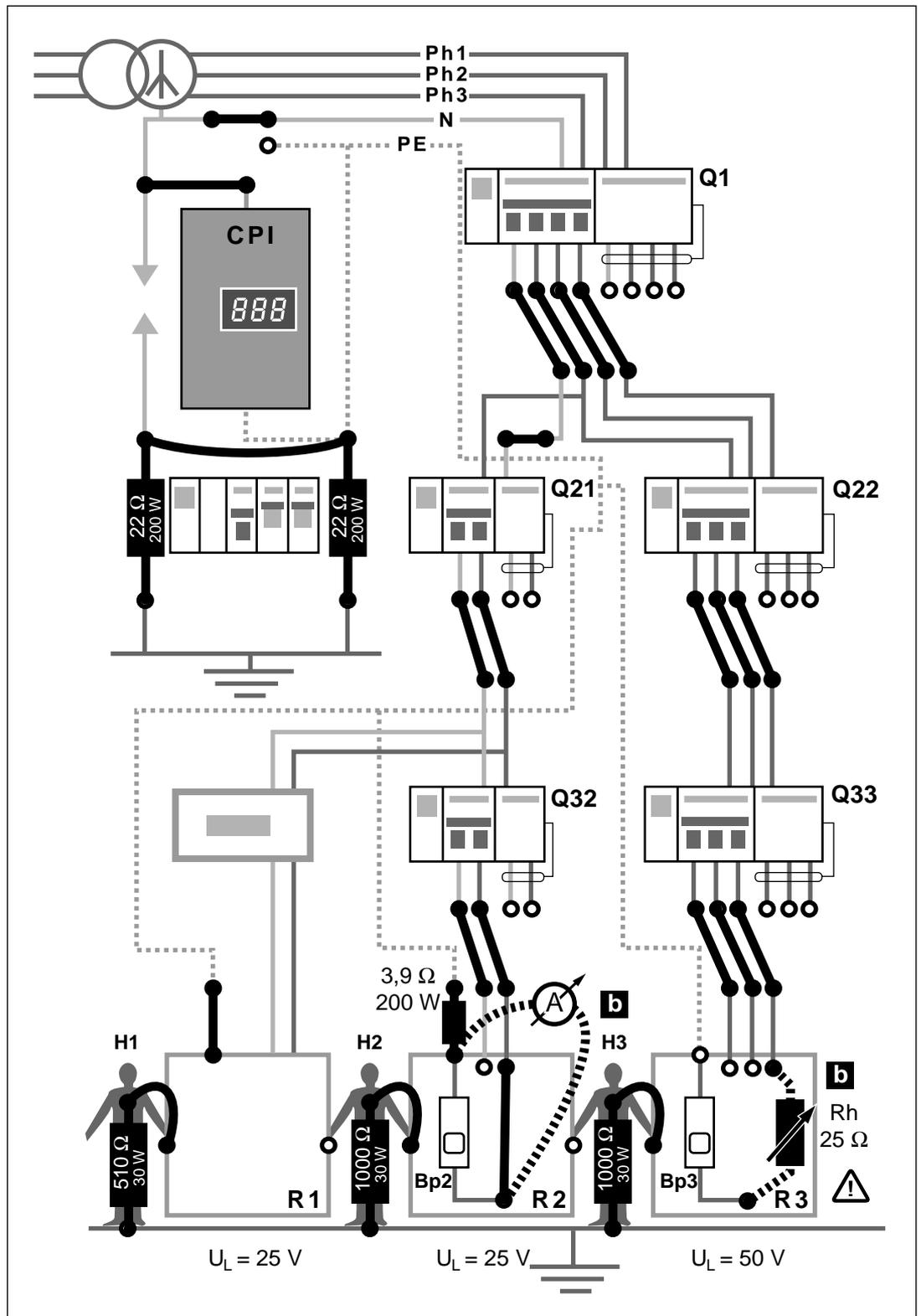
### Conclusion

**L'utilisation d'un générateur de courant alternatif à très basse fréquence (10 Hz) associé à un récepteur sélectif permet de localiser le défaut tout en continuant à exploiter normalement le réseau.**

**2.3.5**  
**Régime IT**  
**Manipulation 5**

**Défaut double : défaut franc sur R2 (phase 3) - défaut non franc sur R3 (phase 1) : les protections par disjoncteurs sont insuffisantes pour les départs longs**

**⚠ Avertissement : utiliser impérativement le rhéostat**

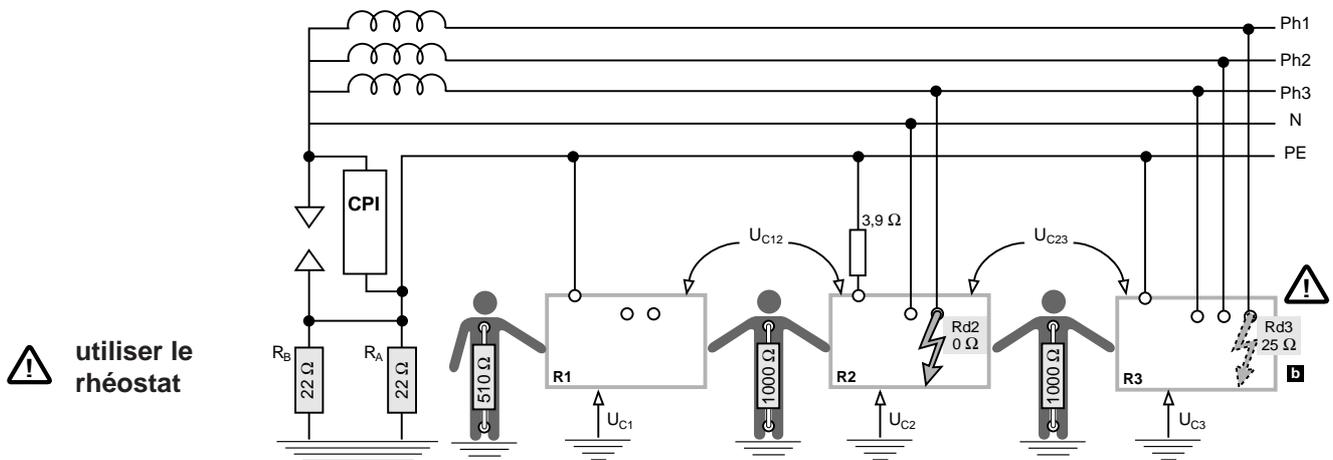


*Régime IT*  
*planche 5*

## IT - 5

**a**

- 1 - Ouvrir tous les organes de coupure (Q1 à Q33).
- 2 - Réaliser le montage correspondant à la planche 5. Schéma équivalent :



- 3 - Mettre sous tension en fermant Q1, Q21, Q22, Q32 et Q33.
  - 4 - Créer un défaut franc dans R2 (phase 3) en fermant Bp2 :
    - les signalisations lumineuse et sonore fonctionnent.
  - 5 - Arrêter la signalisation sonore à l'aide de l'inverseur situé au dessous du CPI.
- b**
- 6 - Créer un défaut franc permanent dans R2 en raccordant un ampèremètre en parallèle avec Bp2, et créer un deuxième défaut dans R3 (**Rd3 = 25 Ω, phase 1, en utilisant le rhéostat**) en fermant Bp3.
  - 7 - Mesurer la tension entre le récepteur R1 et la Terre :

- $U_{C1} = 0$

- 8 - Mesurer les tensions :

- entre le récepteur R2 et la Terre :  $U_{C2} \approx 30 \text{ V}$
- entre les récepteurs R1 et R2 :  $U_{C12} \approx 30 \text{ V}$

- 9 - Mesurer les tensions :

- entre le récepteur R3 et la Terre :  $U_{C3} = 0$
- entre les récepteurs R2 et R3 :  $U_{C23} \approx 30 \text{ V}$

**DANGER** car  $30 \text{ V} > U_L$  du local R2 (25 V), et le déclenchement ne se produit pas.

- 10 - Déterminer le régime obtenu en présence de double défaut. Calculer le courant de défaut  $I_d$ , et interpréter les résultats.

**Conclusion**

**Les disjoncteurs magnéto-thermiques n'assurent pas sur les départs longs la protection contre les contacts indirects en cas de défaut double. Un disjoncteur magnéto-thermique assure la protection contre le contacts indirects seulement dans la mesure où les câbles d'alimentation des récepteurs ne sont pas trop longs.**

$$L \leq \frac{0,8 \cdot 220 \cdot S_{ph}}{2 \cdot \rho \cdot (1 + m) \cdot I_m} \quad (\text{voir cours})$$

$\rho$  = résistivité (=  $22,5 \cdot 10^{-3} \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$  pour le cuivre)

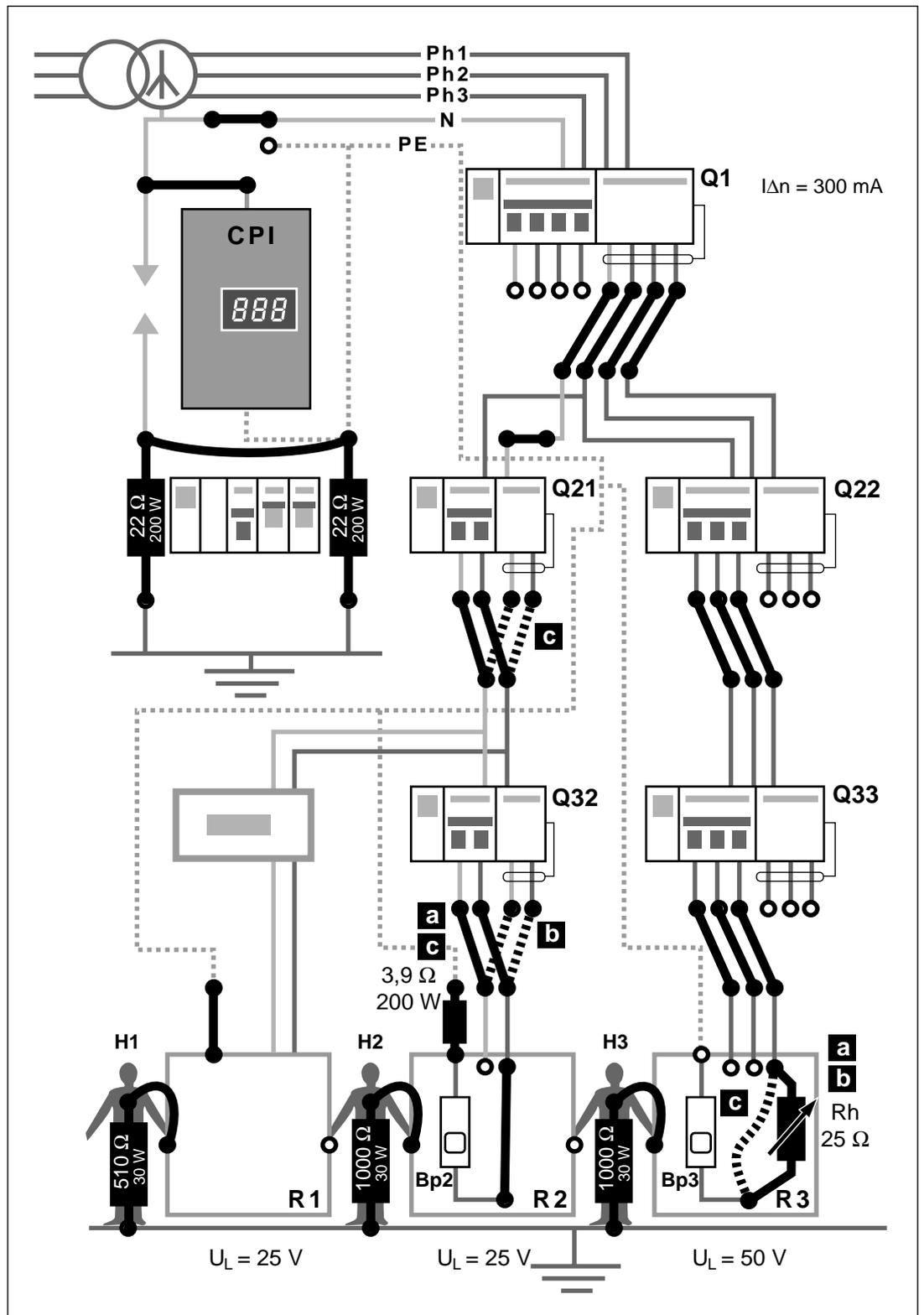
$m$  =  $S_{ph}/S_{pe}$

$I_m$  = courant (A) assurant le fonctionnement du déclencheur magnétique du disjoncteur

**2.3.6**  
**Régime IT**  
**Manipulation 6**

**Défaut double : défaut franc sur R2 (phase 3) - défaut non franc sur R3 (phase 1) : nécessité de prévoir des DDR sur les départs longs.**

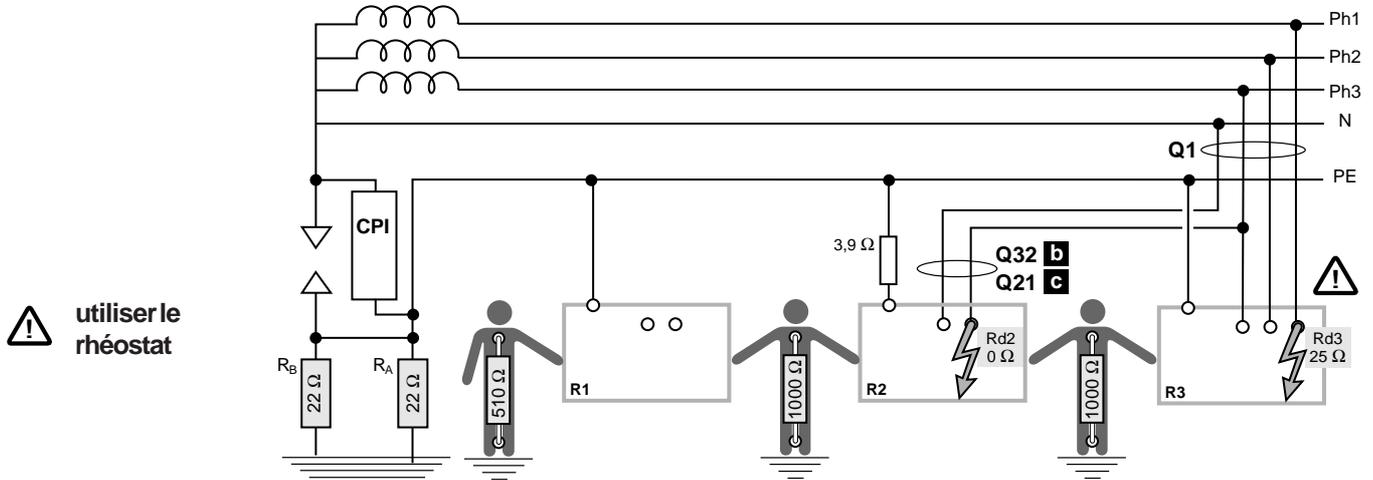
**⚠ Avertissement : utiliser impérativement le rhéostat**



## IT - 6

- a**
- 1 - Ouvrir tous les organes de coupure (Q1 à Q33).
  - 2 - Réaliser le montage correspondant à la planche 6.

Schéma équivalent :



- 3 - Utiliser le seuil du différentiel de Q1 :  $I_{\Delta n} = 300 \text{ mA}$
- 4 - Mettre sous tension en fermant Q1, Q21, Q22, Q32 et Q33.
- 5 - Créer un défaut franc dans le récepteur R2 en court-circuitant le bouton poussoir Bp2 :
  - les signalisations lumineuse et sonore fonctionnent.
- 6 - Arrêter la signalisation sonore.
- 7 - Créer un deuxième défaut dans R3 ( $R_{d3} = 25 \Omega$ , phase 1, **en utilisant le rhéostat**) en fermant Bp3 :
  - **les deux défauts se maintiennent.** (Courant de défaut  $I_d$  identique à celui de la manipulation 5)
  - Le DDR de Q1 ne déclenche pas. Pourquoi ?

- b**
- 8 - Ouvrir Q32.
  - 9 - Alimenter le départ Q32 à travers le DDR correspondant.
  - 10 - Fermer Q32.
  - 11 - Créer un défaut franc dans le récepteur R2 :
    - les signalisations lumineuse et sonore fonctionnent.
  - 12 - Arrêter la signalisation sonore.
  - 13 - Créer le deuxième défaut dans R3 ( $R_{d3} = 25 \Omega$ , phase 1, **en utilisant le rhéostat**) en fermant Bp3 :
    - **le défaut double est immédiatement éliminé** par déclenchement de Q32.

**b** 14 - Câbler Q32 comme en **a** (disjoncteur), le DDR de Q21 et le DDR de Q1.

Garder le réglage initial du DDR de Q1 ( $I\Delta n = 300 \text{ mA}$ ).

15 - Créer un double défaut franc dans R2 et R3 en appuyant simultanément sur les boutons-poussoirs Bp2 et Bp3 :

- Seul Q21 déclenche. Pourquoi ?

### Conclusion

---

**Un DDR placé en tête du réseau ne protège pas en cas de défaut double. Lorsqu'un départ long n'est pas efficacement protégé par les magnétiques de son disjoncteur, il convient :**

<b>d'augmenter la section du PE,</b>	<b>ou</b>	•
<b>d'utiliser un disjoncteur de type B,</b>	<b>ou</b>	•
<b>d'installer un DDR.</b>		

---

### Note :

Un DDR de seuil inférieur à 500 mA sera nécessaire sur les départs alimentant des locaux à risque d'incendie.

### Remarque

#### Autre manipulation possible :

- Câbler les DDR de Q22 et Q33.
- En présence de double défaut (dans R2 et R3), seuls Q22 et Q33 déclenchent (et non Q1).

Dans ce cas, il n'y a pas de sélectivité différentielle.

## Régime IT : Autres exemples de manipulations possibles

- parasurtenseur en court-circuit,
- défaut sur le conducteur neutre,
- simuler une installation réelle en plaçant en parallèle au CPI une impédance de réseau (l'impédance équivalant à un réseau triphasé 50 Hz de 1 km de long est de  $3540 \Omega$ ),
- cas des masses éloignées non interconnectées avec les autres masses,
- sélectivités ampèremétriques,
- avec un oscilloscope numérique enregistrer la valeur de  $U_c$  et le temps de coupure lors d'un défaut et vérifier que ce temps reste bien inférieur à la valeur fixée par les normes pour la tension du réseau (230 V) et les conditions d'exploitation.

Pour mémoire, la norme en vigueur **NFC 15-100** donne les valeurs des durées **maximales** de maintien de la tension de contact :

Régime IT pour  $U_L = 50V$  :

Tension nominale $U_0$ (volts) / U (volts)	Temps de coupure (secondes)	
	neutre non distribué	neutre distribué
120 - 240 - 127/220	0,8	5
220/380 - 230/400	0,4	0,8
400/690	0,2	0,4
580/1000	0,1	0,2

Tableau 41B § 413.1.3.6

Régime IT pour  $U_L = 25V$  :

Tension nominale $U_0$ (volts) / U (volts)	Temps de coupure (secondes)	
	neutre non distribué	neutre distribué
127/220	0,4	1
220/380 - 230/400	0,2	0,5
400/690	0,06	0,2
580/1000	0,02	0,08

Tableau 48A § 481.3

$U_0$  : tension entre phase et neutre

U : tension entre phases



# 3

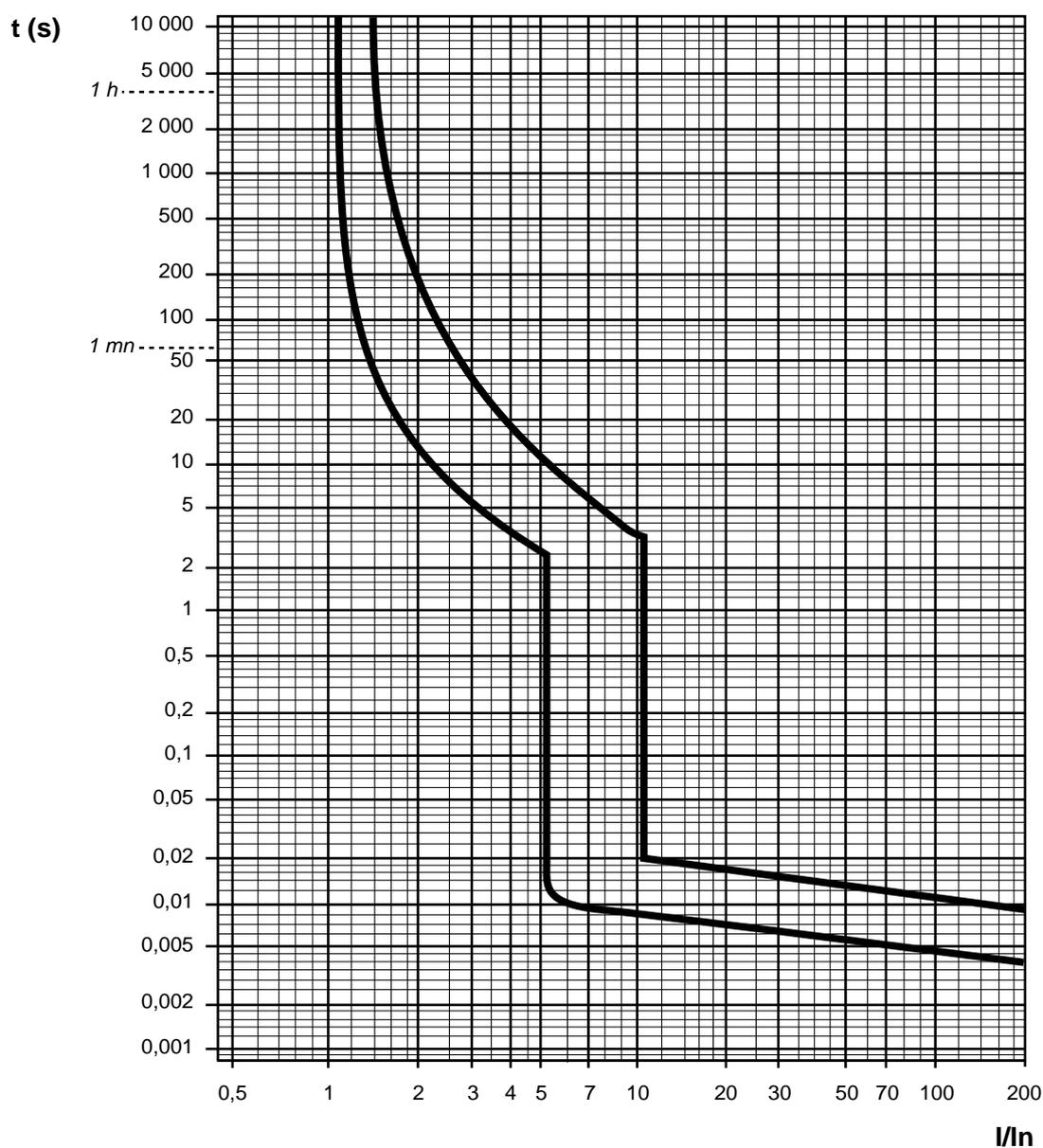
## Chapitre

# Annexe

<b>Sommaire</b>	<b>Page</b>
<b>3.1 Courbe de déclenchement des disjoncteurs</b>	<b>60</b>
<b>3.2 Rappel de la norme NF C15-100 (temps de coupure)</b>	<b>61</b>

### 3.1 - Courbes de déclenchement des disjoncteurs

**C60 N - courbe C**



### 3.2 - Rappel de la norme NF C15-100 (temps de coupure)

En fonction du régime du neutre (TT, TN ou IT), de la tension nominale du réseau et de la tension limite conventionnelle du local ( $U_L = 25 \text{ V}$  ou  $50 \text{ V}$ ), la norme NF C15-100 fixe des valeurs limites, pour les temps de coupure, à ne pas dépasser.

**REGIME TT** : L'UTE (Union Technique de l'Electricité) considère que les DDR non temporisés assurent, dans un temps satisfaisant, la protection des personnes contre les contacts indirects à condition que leur seuil soit :

$$I\Delta n \leq \frac{U_L}{R_A}$$

**REGIMES TN et IT** : Les tableaux 48A - 41A et 41B de la norme NFC 15-100 fixent les temps de coupure (en secondes) à ne pas dépasser

Tensions nominales $U_0 / U$	$U_L = 25 \text{ V}$			$U_L = 50 \text{ V}$		
	Rég. TN <small>tableau 48A</small>	Rég. IT <small>tableau 48A</small>		Rég. TN <small>tableau 41A</small>	Rég. IT <small>tableau 41B</small>	
		sans neutre	avec neutre		sans neutre	avec neutre
<b>127 / 220</b>	<b>0,35</b>	<b>0,4</b>	<b>1</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>5</b>
<b>230 / 400</b>	<b>0,2</b>	<b>0,2</b>	<b>0,5</b>	<b>0,4</b>	<b>0,4</b>	<b>0,8</b>
<b>400 / 690</b>	<b>0,05</b>	<b>0,06</b>	<b>0,2</b>	<b>0,2</b>	<b>0,2</b>	<b>0,4</b>
<b>580 / 100</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,08</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>

$U_0$  = tension du réseau entre phase et neutre

$U$  = tension du réseau entre phase

$U_L$  = tension limite conventionnelle







Institut Schneider Formation  
CITEF S.A.  
4, rue Henri Sainte Claire Deville  
92500 Rueil Malmaison - France

Ce document est la propriété de l'Institut  
Schneider Formation. Il ne peut être reproduit,  
même partiellement et par quelque procédé que  
ce soit, sans son autorisation expresse.