

Électrotechnique, Module **E1** – Banc d'étude des **SLT** (MDG99605) Travaux Pratiques **n°1** : les schémas **TT** et **TN** (face A du banc)

Travail demandé [4 heures]

Répondez aux questions sur une feuille à part, en justifiant vos réponses et en détaillant vos calculs.



Consigne de sécurité : toutes les mises sous-tension et hors-tension du banc se feront en présence de l'enseignant (questions repérées par le symbole ). En son absence, le banc sera mis en sécurité par enclenchement du bouton coup-de-poing d'arrêt d'urgence à verrouillage à clé.

I – Étude du schéma **TT** [120 min.]

1. **Questions préliminaires** [10 min.]. Lire attentivement les sections 1 et 5 de la notice didactique :

- Quelle est la valeur de la tension simple V (phase-neutre) distribuée en aval de Q1 ?
- Si le récepteur R2 est situé dans un local sec, que vaut la *tension limite conventionnelle de sécurité* U_L que ne doit dépasser aucune tension de contact selon la norme CEI 60 479 ?

2. **Absence de mise à la terre des masses : étude des conséquences** [60 min.]

- Recopiez le schéma de câblage A1. Que simule le résistor de 22Ω (R_B) ? Que simule l'appui sur le poussoir S2 ? Tracez le schéma électrique équivalent (disjoncteurs et S2 fermés). Un courant circulera-t-il ? Calculez la tension de contact U_{c2} entre la masse de R2 et la terre. Que vaudrait U_{c2} si $V = 230 \text{ V}$?
- Hors tension, câblez le schéma A1, branchez un multimètre pour mesurer U_{c2} .



c) Mettez le banc sous tension, fermez les disjoncteurs et appuyez sur S2 sans le relâcher. Relevez la valeur de U_{c2} et comparez-la avec celle calculée ci-dessus. Un courant circule-t-il ? L'appareillage de protection réagit-il ? La norme CEI 60 479 est-elle respectée ?

d) Hors tension, simulez le contact d'une personne avec la masse de R2 : branchez un ampèremètre entre la main et le cœur (utilisez le calibre « mA ») et un résistor de 1000Ω (R_b) entre le cœur et les pieds. De quel type de contact s'agit-il ? Complétez le schéma électrique équivalent et déterminez la valeur du courant I_b traversant le corps. Que vaudrait ce courant si R2 était alimenté en 230 V ?



e) Sous tension, appuyez sur S2 sans le relâcher, relevez la valeur de I_b et comparez-la avec celle calculée ci-dessus. Quels effets produisent un tel courant corporel durant 2 s ? Comment se comporte l'appareillage ? Quel devrait être le temps de coupure pour minimiser les effets sur la personne ?



f) Reprenez les mesures et observations des questions 2.c) à 2.e) en câblant les bornes d'alimentation de R2 depuis la sortie de Q32 avec DDR. Dans quelle situation Q32 se déclenche-t-il ? Concluez.

3. **Nécessité de la protection par DDR avec mise à la terre des masses** [50 min.]

a) Modifiez le schéma de câblage A1 (sans DDR) pour relier la masse de R2 à la terre, via le conducteur PE conformément au schéma TT, avec un résistor de 22Ω pour simuler la résistance de terre R_A . Utilisez un multimètre pour mesurer le courant de défaut I_d avec le calibre « 10A ». Reprenez alors les questions 2.a) à 2.e) () en les adaptant à ce schéma de câblage (numérotez vos réponses 3.a) à 3.e).

f) Hors tension, modifiez le câblage en ôtant le contact humain et en utilisant le DDR en sortie de Q1. Réglez la sensibilité $I_{\Delta n}$ du relais différentiel à $0,5 \text{ A}$ et la temporisation Δt à 0 ms (voir notice p. 12).



g) Sous tension, par essais successifs en appuyant sur S2, recherchez le seuil de sensibilité à partir duquel la protection différentielle se déclenche. Quel est l'inconvénient de cette solution ? Que se passe-t-il si la boucle de défaut est plus résistive ? Faites un essai en ajoutant un résistor de 200Ω . Concluez.

- h) Hors tension, câblez le schéma A2 utilisant les DDR à chaque étage d'appareils de protection. Réglez la sensibilité de Q1 en respectant la règle générale de sélectivité $I_{\Delta n \text{ amont}} > I_{\Delta n \text{ aval}} \times 2$
- i) Sous tension, vérifiez que l'installation est protégée et sélective (c'est-à-dire que seul Q32 se déclenche en cas de défaut localisé sur R2), même si R_A et R_B valent chacune 1000 Ω . Que se passerait-il en cas de contact direct ? À quoi servent alors les protections différentielles associées à Q21 et Q1 ?

II – Étude du schéma TN [100 min.]

On étudie uniquement le schéma TN-S (la variante TN-C met en œuvre les mêmes principes de protections).

4. Questions préliminaires [10 min.]. D'après la section 5 de la notice didactique :

- a) Quelles sont les deux principales différences du schéma TN par rapport au schéma TT en termes d'infrastructure et d'appareillage ?
- b) En schéma TN, si les masses des récepteurs ne sont pas reliées au neutre (si le conducteur PE est coupé, par exemple), dans quelle situation dégradée comparable du schéma TT se trouve-t-on ?

5. Principe de protection contre un défaut d'isolement franc [30 min.]

- a) Recopiez le schéma A3 et représentez le circuit électrique équivalent (disjoncteurs et S2 fermés). Que simule un appui sur S2 ? Calculez alors la valeur du courant de défaut I_d en considérant que la boucle de défaut a une résistance de 0,5 Ω . Que vaut la tension de contact U_{c2} ? Que va-t-il se passer ?
- b) Hors tension, câblez le schéma A3. Appelez l'enseignant.
- c) Mettez le banc sous tension, fermez tous les disjoncteurs et appuyez sur S2. Reportez vos observations sur le comportement de l'appareillage. La sécurité des personnes est-elle assurée ?

6. Cas limites de protection [60 min.]

- a) Supposons maintenant que le défaut d'isolement sur R2 soit résistif (24 Ω) par faible contact phase-masse. Modifiez alors le schéma équivalent, puis calculez le courant de défaut I_d et la tension de contact U_{c2} entre la terre et la masse de R2. À quel courant corporel I_b une personne en contact de résistance 1000 Ω (R_b) serait-elle soumise ? Comment l'appareillage va-t-il réagir ? Quand et comment ce défaut sera-t-il détecté ? À quel(s) risque(s) ce défaut expose-t-il l'installation et ses usagers ?
- b) Hors tension, modifiez le câblage du schéma A3 pour vérifier les calculs précédents : utilisez le rhéostat et branchez deux multimètres pour mesurer respectivement I_d (avec le calibre « 10A ») et U_{c2} .
- c) Procédez aux mesures de I_d et U_{c2} puis simulez un contact par une personne avec la masse de R2 et mesurez la valeur du courant I_b la parcourant. Ces résultats sont-ils conformes à vos calculs ?
- d) Supposons maintenant que le conducteur PE soit résistif (24 Ω) – à cause d'une grande longueur de ligne, de mauvaises connexions, etc. – et qu'un défaut d'isolement franc se produise sur R2. Modifiez le câblage du schéma A3 pour simuler ce problème et reprenez les questions 6.a) à c) (⚡).
- e) Considérons maintenant, toujours dans le cadre du schéma A3, le cas d'un contact direct d'une personne avec la phase d'alimentation de R2. La liaison de la masse de R2 au conducteur PE joue-t-elle un rôle protecteur ? Reprenez les questions 6.a) à c) (⚡) avec ces modifications, en câblant le bouton-poussoir S2 entre la personne et la terre pour ne pas créer un défaut permanent. Par comparaison, que se passerait-il en cas de contact direct avec le schéma TT ?
- f) Déduisez-en une solution pour résoudre les problèmes de sécurité évoqués ci-dessus. Hors tension, modifiez le câblage du schéma A3 en conséquence.
- g) Sous tension, testez cette solution en reprenant les configurations de défaut des questions 6.a), d) et e).
- h) Après accord de l'enseignant, mettez la face de travail hors tension puis rangez le matériel (triez les câbles, éteignez et débranchez les multimètres).