

Introduction

Pour rester simple, je vais raisonner sur un schéma des liaisons à la terre de type TN. Sur un schéma de type IT le raisonnement serait le même, il faudrait alors prendre en compte le courant de double défaut.

Note 1 :

Dans cette note, il ne sera pas abordé toutes les règles relatives au dimensionnement des canalisations de cette installation. Elles sont sensées être connues et respectées dans le schéma que vous allez découvrir en annexe. J'aborderai donc uniquement un aspect de la protection contre les contacts indirects.

Note 2 :

Dans l'application que je vais traiter, j'ai choisi volontairement des circuits protégés par des fusibles HPC, car je constate dans l'ensemble des documents que lis ici ou là que le corps enseignant n'aborde pratiquement jamais.

Principe du schéma TN

Les masses de l'installation sont réunies par un conducteur de protection au neutre du transformateur. En conséquence, un défaut d'isolement entre phase et masse donne lieu à un court-circuit phase neutre. Le courant de court-circuit qui en résulte est important, il est limité par l'impédance des conducteurs en présence et doit provoquer le fonctionnement de la protection contre les surintensités tel que le temps de coupure reste dans les limites de la courbe de sécurité.

La relation

$$U_c \leq U_{limite} \quad (1)$$

doit être vérifiée

Imaginons un élément d'une installation électrique (Voir folio 1) représentée dans le document annexe. Considérons la masse M2 en défaut d'isolement, au moment où se produit le défaut d'isolement, le dispositif de protection contre les surintensités (F2) est sollicité (c'est le seul qui est pris en compte). Cependant pour fonctionner, le dispositif de protection (F2) met un certain temps pendant lequel la masse en défaut est portée à un potentiel égal U_d par rapport au potentiel 0 (ou à une prise de terre électriquement distincte)

Cette chute de potentiel est égale à la chute de tension produite par le courant de défaut I_d circulant dans le ou les conducteurs de protection.

soit :

$$U_d = V_c - V_d = \Sigma R_{pe} \times I_d \quad (2)$$

U_d = Tension de défaut

avec : ΣR_{pe} = Résistance des conducteurs Pe/LEP

I_d = courant de défaut

Pour que la sécurité des personnes soit assurée, cette tension ne doit pas dépasser la limite imposée par la courbe sécurité.

Par mesure de simplification, à partir de cette courbe, il est possible de déterminer un temps de coupure moyen en fonction de la tension nominale de l'installation. Ce temps de coupure est donné de façon générale (tension limite conventionnelle $U_L = 50$ volts) par le tableau DA ci-après.

PRISE de TERRE et LIAISON EQUIPOTENTIELLE

Il est maintenant admis que le claquage de la peau ait lieu pour environ 100 V. En schéma TN, les tensions de contact sont de l'ordre de grandeur ou excèdent cette valeur. Pour cette tension, la peau est claquée, ce qui fait que les conditions d'humidité sont sans influence et qu'il n'y a pas lieu de tenir compte de l'humidité des locaux. Ainsi, pour des raisons pratiques, la tension limite conventionnelle utilisée dans le présent guide est de 50 V.

En application de la règle générale, les temps de coupure dans les divers schémas des liaisons à la terre ne doivent pas être supérieurs aux valeurs du tableau DA ci-après :

**Tableau DA - Temps de coupure
(NF C 15-100, Tableau 41A)**

| Tension nominale | 50V < U ₀ ≤ 120V | | 120V < U ₀ ≤ 230V | | 230V < U ₀ ≤ 400V | | U ₀ > 400V | |
|----------------------|-----------------------------|---------|------------------------------|---------|------------------------------|---------|-----------------------|---------|
| | Alternatif | continu | Alternatif | continu | Alternatif | continu | Alternatif | continu |
| Temps de coupure (s) | | | | | | | | |
| Schéma TN ou IT | 0,8 | 5 | 0,4 | 5 | 0,2 | 0,4 | 0,1 | 0,1 |
| Schéma TT | 0,3 | 5 | 0,2 | 0,4 | 0,07 | 0,2 | 0,04 | 0,1 |

Toutefois, conformément à la règle du paragraphe 411.3.2.3 de la NF C 15-100, un temps supérieur à la valeur appropriée du tableau DA mais non supérieur à 5 secondes est admis dans les circuits de distribution.

36.4 Construction du Tableau DC

Voir le document en annexe (folio 2)

36.5 Construction du Tableau DD

(Etabli pour $m = \frac{S_{ph}}{S_{pe}} = 1$)

**Facteurs de correction de la résistance des conducteurs de protection
en fonction de la tension nominale et du temps de coupure**

| SLT | Tension nominale de l'installation (Volts) | Fusibles HPC (type gG ou aM) | | | Disjoncteurs (Types DUG, B, C, D et MA) | |
|-------------|--|------------------------------|-------|------------------|---|-------|
| | | N° Tableau Cu/Alu | k1 | temps de coupure | N° Tableau Cu/Alu | k1 |
| Schéma TN | U ₀ = 127 | | 0,552 | 0,4 | | 0,552 |
| | 230 | Tableau de base | 1 | 0,4 | Tableau de base | 1 |
| | 400 | | 1,462 | 0,2 | | 1,739 |
| | 580 | | 1,783 | 0,1 | | 2,522 |
| Schéma ITSN | U = 220 | | 0,478 | 0,4 | | 0,478 |
| | 400 | | 0,866 | 0,2 | | 0,866 |
| | 690 | | 1,267 | 0,1 | | 1,506 |
| | 1000 | | 1,544 | 0,1 | | 2,184 |
| Schéma ITAN | U ₀ /U = 127/220 | | 0,276 | 0,4 | | 0,276 |
| | 230/400 | | 0,500 | 0,2 | | 0,500 |
| | 400/690 | | 0,731 | 0,1 | | 0,870 |
| | 580/1000 | | 0,892 | 0,1 | | 1,261 |

PRISE de TERRE et LIAISON EQUIPOTENTIELLE

En outre lorsque la section du conducteur de protection (P_e) est inférieure à celle des conducteurs de phase, la valeur de la résistances R_0 du tableau DC sont à multiplier par le facteur k_2 en fonction du rapport m égal à S_{Ph}/S_{pe} (Schéma TN-S et ITSN), S_{ph}/S_{pen} (Schéma TN-C), S_n/S_{pe} (Schéma ITAN)

| | | |
|---------------|--------------|--|
| Si $m = 1,0$ | $k_2 = 1$ | $k_2 = \frac{2 \times m}{(m+1)} \quad (3)$ |
| Si $m = 1,40$ | $k_2 = 1,17$ | |
| Si $m = 1,43$ | $k_2 = 1,18$ | |
| Si $m = 2$ | $k_2 = 1,33$ | |
| Si $m = 2,8$ | $k_2 = 1,47$ | |
| Si $m = 3$ | $k_2 = 1,5$ | |
| Si $m = 3,8$ | $k_2 = 1,58$ | |
| Si $m = 4$ | $k_2 = 1,60$ | |

Dans le cas des fusibles HPC lorsqu'un temps de coupure de 5 secondes est admis (circuits non terminaux), les valeurs des tableaux peuvent être multipliées par le coefficient k_3 :

| | |
|------|------------------------|
| 1,88 | pour les fusibles gG |
| 1,53 | pour les fusibles aM |

La résistance du conducteur de protection par rapport à la LEP la plus proche doit être de :

$$R_{pe(LEP)} = R_{pe(tableauDC)} \times k_1 \times k_2 \times k_3 \quad (4)$$

Note 3 :

La construction des tableaux DC et DD ne sera exposée. Leur démonstration sortirait du cadre de cette note.

Exercice d'application

Après ces quelques éléments théoriques, reprenons notre exemple. Je rappelle que les textes réglementaires (décret et normes) exige la présence d'une LEP dans toutes les installations électriques (Voir aussi le guide pratique UTE C 15-106 qui traite précisément du sujet), il est même recommandé de la généraliser au niveau de tous les tableaux divisionnaires. Dans l'exemple ci-après, je vais mettre en évidence l'importance de la liaison équipotentielle.

Vérification de la protection contre les contacts indirects.

Le tableau DC corrigé par le tableau DD, nous renseigne sur la valeur maximale de la résistance du conducteur de protection depuis la LEP la plus proche.

| | | |
|------------|-----------------------|--------------------|
| Tableau DD | $I_n = 63A$ type aM | $R_0 = 140m\Omega$ |
| Tableau DC | $U_0 = 230V$ | $k_1 = 1$ |
| | $m = 1$ | $k_2 = 1$ |
| | circuit terminal | $k_3 = 1$ |

R₀/LEP

$$R_{pe(LEP)} = R_{pe(\text{tableauDC})} \times k1 \times k2 \times k3$$
$$R_{pe(LEP)} = 140 \times 1 \times 1 \times 1 = 140m\Omega \quad (5)$$

Valeur de Rpe1

$$R_{pe1} = \frac{1250 \times 70}{54 \times 35} = 46,3m\Omega$$

Valeur de Rpe2

$$R_{pe2} = \frac{1250 \times 55}{54 \times 10} = 127,31m\Omega$$

Somme des Rpe

$$\Sigma R_{pe/LEP} = R_{pe1} + R_{pe2}$$
$$\Sigma R_{pe/LEP} = 46,3 + 127,31 = 173,61m\Omega \quad (6)$$

La protection contre les contacts indirects n'est pas satisfaite. En effet la valeur de R₀ est inférieure à la somme des Rpe de puis la LEP la plus proche.

Il existe plusieurs solutions pour résoudre le problème afin de réaliser une installation conforme aux règlements en vigueur :

- 1 Réaliser une LEP au niveau du coffret « B » $\Rightarrow R_{pe1} = 0 \Rightarrow 127,31 < 140m\Omega$. La condition est satisfaite.
- 2 Réaliser une liaison équipotentielle locale au niveau de M2 $\Rightarrow \Sigma R_{pe} = 0 \Rightarrow 0 < 140m\Omega$ la condition est encore satisfaite (attention au choix de la section du conducteur voir la NFC 15-100)
- 3 Augmenter la section des conducteurs Pe jusqu'à obtenir le respect de la condition $\Sigma R_{pe/LEP} < R_0$
Attention cette solution peut aussi vous conduire à augmenter la section des conducteurs de phases. Economiquement ce n'est pas nécessairement la meilleure solution.
- 4 Remplacer le dispositif de protection contre les surintensités en mettant un disjoncteur au lieu de fusibles HPC. Tenir compte des courants d'appel.
- 5 Installer à l'origine du circuit un DDR moyenne sensibilité. A étudier ce n'est peut-être pas non plus la meilleure des solutions.

Il est bien entendu vivement déconseillé de remplacer le fusible HPC de 63 A à l'origine du circuit par un autre calibre (Exemple 50A) ou d'un autre type (gG au lieu de aM). La solution bien qu'alléchante n'est certaine pas la bonne (étudier les contraintes du circuit avant modification).

Conclusion

Ce petit exercice à permis de mettre en évidence le rôle dévolu aux « LIAISONS EQUIPOTENTIELLES » et des conducteurs de protection. Vous remarquerez en outre leur rôle prépondérant par rapport aux prises de terre même si leur rôle est essentiel dans une installation électrique. Je ne cesse de répéter que l'interconnexion des prises de terre et les zones équipotentielles sont un facteur de sécurité.

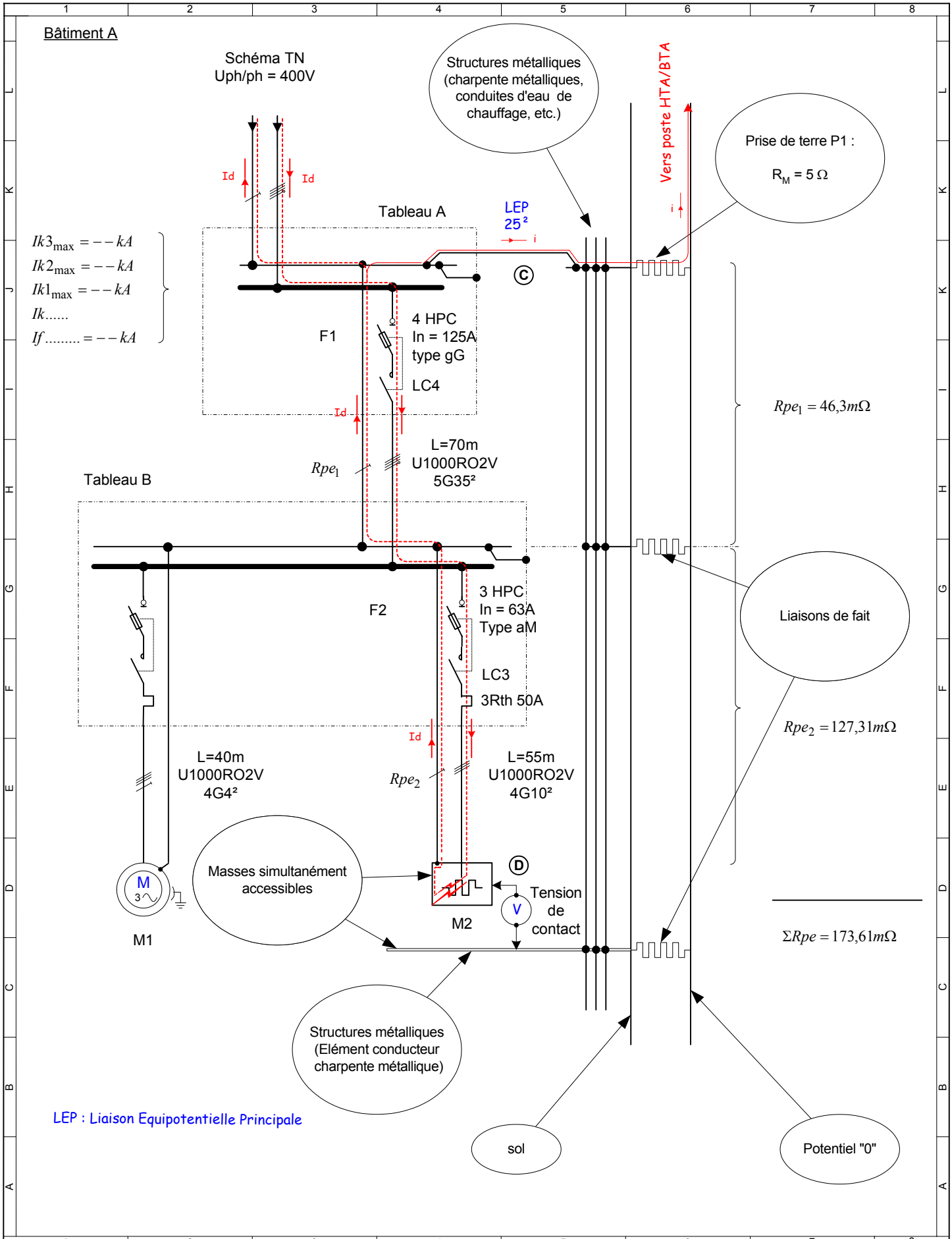



TABLEAU DC
NFC 15-100 (Edition Juillet 2003)

| TABLEAU ETABLI POUR : Schéma TN k = 1 U ₀ = 230 Volts UI = 50 Volts t = 0,4 s | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------|--------------------|----------|--------------------|------------|--------------------|-----------|--------------------|-------------|--------------------|--|--------------------|--------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|--|
| In (A) | gG | | aM | | DUG μ = 10 | | DUG μ = 5 | | TypeB μ = 5 | | TypeC μ = 10 | | TypeD μ = 20 | | TypeMA μ = 12 | | | |
| | If(0,4s) | R ₀ (Ω) | If(0,4s) | R ₀ (Ω) | kxIn | R ₀ (Ω) | kxIn | R ₀ (Ω) | kxIn | R ₀ (Ω) | kxIn | R ₀ (Ω) | kxIn | R ₀ (Ω) | kxIn | R ₀ (Ω) | | |
| 2 | 16,347 | 7,04 | 26 | 4,42 | 20 | 5,75 | 10 | 11,5 | 10 | 11,5 | 20 | 5,75 | 40 | 2,875 | 24 | 4,7917 | | |
| 4 | 32,693 | 3,52 | 52 | 2,21 | 40 | 2,88 | 20 | 5,75 | 20 | 5,75 | 40 | 2,875 | 80 | 1,438 | 48 | 2,3958 | | |
| 6 | 47,782 | 2,41 | 78 | 1,47 | 60 | 1,92 | 30 | 3,8333 | 30 | 3,8333 | 60 | 1,917 | 120 | 0,958 | 72 | 1,5972 | | |
| 8 | 66,644 | 1,73 | 104 | 1,11 | 80 | 1,44 | 40 | 2,875 | 40 | 2,875 | 80 | 1,438 | 160 | 0,719 | 96 | 1,1979 | | |
| 10 | 84,248 | 1,37 | 130 | 0,88 | 100 | 1,15 | 50 | 2,3 | 50 | 2,3 | 100 | 1,15 | 200 | 0,575 | 120 | 0,9583 | | |
| 12 | 120,71 | 0,95 | 156 | 0,74 | 120 | 0,96 | 60 | 1,9167 | 60 | 1,9167 | 120 | 0,958 | 240 | 0,479 | 144 | 0,7986 | | |
| 16 | 113,17 | 1,02 | 208 | 0,55 | 160 | 0,72 | 80 | 1,4375 | 80 | 1,4375 | 160 | 0,719 | 320 | 0,359 | 192 | 0,599 | | |
| 20 | 150,89 | 0,76 | 260 | 0,44 | 200 | 0,58 | 100 | 1,15 | 100 | 1,15 | 200 | 0,575 | 400 | 0,288 | 240 | 0,4792 | | |
| 25 | 188,62 | 0,61 | 325 | 0,35 | 250 | 0,46 | 125 | 0,92 | 125 | 0,92 | 250 | 0,46 | 500 | 0,23 | 300 | 0,3833 | | |
| 32 | 276,64 | 0,42 | 416 | 0,28 | 320 | 0,36 | 160 | 0,7188 | 160 | 0,7188 | 320 | 0,359 | 640 | 0,18 | 384 | 0,2995 | | |
| 40 | 326,93 | 0,35 | 520 | 0,22 | 400 | 0,29 | 200 | 0,575 | 200 | 0,575 | 400 | 0,288 | 800 | 0,144 | 480 | 0,2396 | | |
| 50 | 477,82 | 0,24 | 650 | 0,18 | 500 | 0,23 | 250 | 0,46 | 250 | 0,46 | 500 | 0,23 | 1000 | 0,115 | 600 | 0,1917 | | |
| 63 | 553,27 | 0,21 | 819 | 0,14 | 630 | 0,1825 | 315 | 0,3651 | 315 | 0,3651 | 630 | 0,183 | 1260 | 0,091 | 756 | 0,1521 | | |
| 80 | 829,91 | 0,14 | 1040 | 0,11 | 800 | 0,1438 | 400 | 0,2875 | 400 | 0,2875 | 800 | 0,144 | 1600 | 0,072 | 960 | 0,1198 | | |
| 100 | 1081,4 | 0,11 | 1300 | 0,088 | 1000 | 0,1150 | 500 | 0,23 | 500 | 0,23 | 1000 | 0,115 | 2000 | 0,058 | 1200 | 0,0958 | | |
| 125 | 1483,8 | 0,078 | 1625 | 0,071 | 1250 | 0,0920 | 625 | 0,184 | 625 | 0,184 | 1250 | 0,092 | 2500 | 0,046 | 1500 | 0,0767 | | |
| 160 | 1760,4 | 0,065 | 2080 | 0,055 | 1600 | 0,0719 | 800 | 0,1438 | | | | | | | | | | |
| 200 | 2514,9 | 0,046 | 2600 | 0,044 | 2000 | 0,0575 | 1000 | 0,115 | | | | | | | | | | |
| 250 | 2892,1 | 0,040 | 3250 | 0,035 | 2500 | 0,0460 | 1250 | 0,092 | | | | | | | | | | |
| 315 | 4149,5 | 0,028 | 4095 | 0,028 | 3150 | 0,0365 | 1575 | 0,073 | | | | | | | | | | |
| 400 | 5407 | 0,021 | 5200 | 0,022 | 4000 | 0,0288 | 2000 | 0,0575 | | | | | | | | | | |
| 500 | 7167,4 | 0,016 | 6500 | 0,018 | 5000 | 0,0230 | 2500 | 0,046 | | | | | | | | | | |
| 630 | 9305 | 0,012 | 8190 | 0,014 | 6300 | 0,0183 | 3150 | 0,0365 | | | | | | | | | | |
| 800 | 12952 | 0,009 | 10400 | 0,011 | 8000 | 0,0144 | 4000 | 0,0288 | | | | | | | | | | |
| 1000 | 16347 | 0,007 | 13000 | 0,009 | 10000 | 0,0115 | 5000 | 0,023 | | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | PROTECTION contre les CONTACTS INDIRECTS R _{pmax} depuis la LEP la plus proche | | | | Conducteurs | | N° du tableau | |
| | | | | | | | | | | | | | TN 230 | | | | | |