

# Schémas des liaisons à la terre:

## Partie B: Le schéma TN

**RAPPEL:** Les schémas de liaison à la terre B.T sont repérés par deux lettres :

**La première lettre** indique la nature du raccordement du neutre de la source du distributeur d'énergie par rapport à la terre : **T si le neutre est mis à la terre** ou **I** si le neutre est isolé ou mis à la terre à travers une impédance.

**La deuxième lettre** indique la nature du raccordement des masses des appareils d'utilisation : **T** si les masses sont interconnectées et mises à la terre, **N si les masses sont interconnectées et mises au neutre**.

Le « **schéma TN** » se décline sous trois formes:

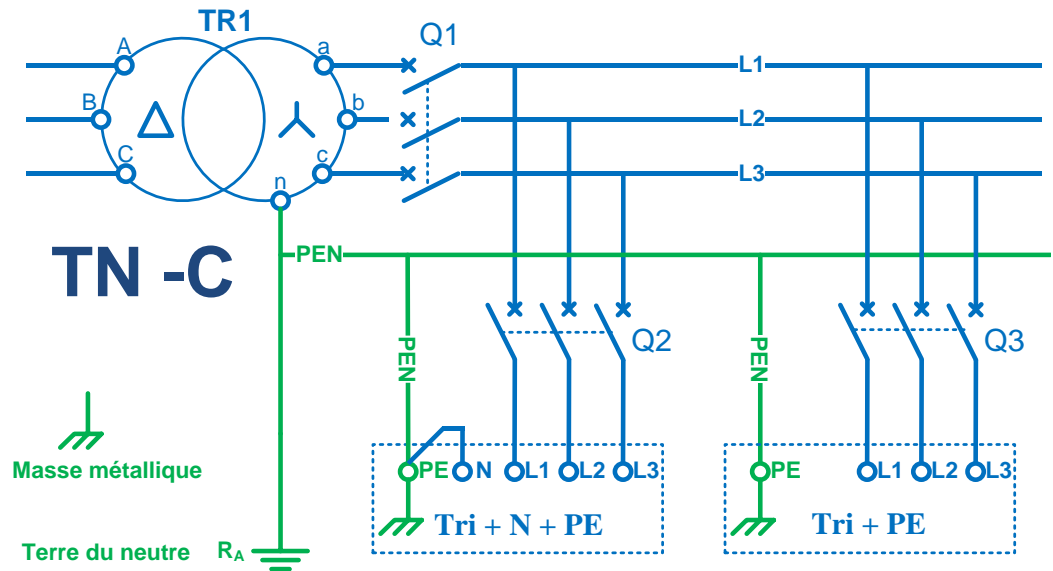
# S.L.T: Schéma TN

## 1) Le S.L.T TN-C

Le **schéma TN – C** : Les conducteurs **Neutre** et le **PE** sont « confondus (C) » pour n'en former qu'un seul repéré **PEN**.

Le **PEN** ne doit **jamais être ni sectionné ni coupé** : En **TN-C**, une section minimale de 10mm<sup>2</sup> (cuivre) ou 16mm<sup>2</sup> (aluminium) en conducteur rigide est obligatoire pour conférer au **PEN** une résistance mécanique importante ainsi qu'une tenue satisfaisante au courant de court-circuit qui apparaît en cas de défaut franc :  $R_d = 0$ .

L'emploi de D.D.R est interdit en TN-C.



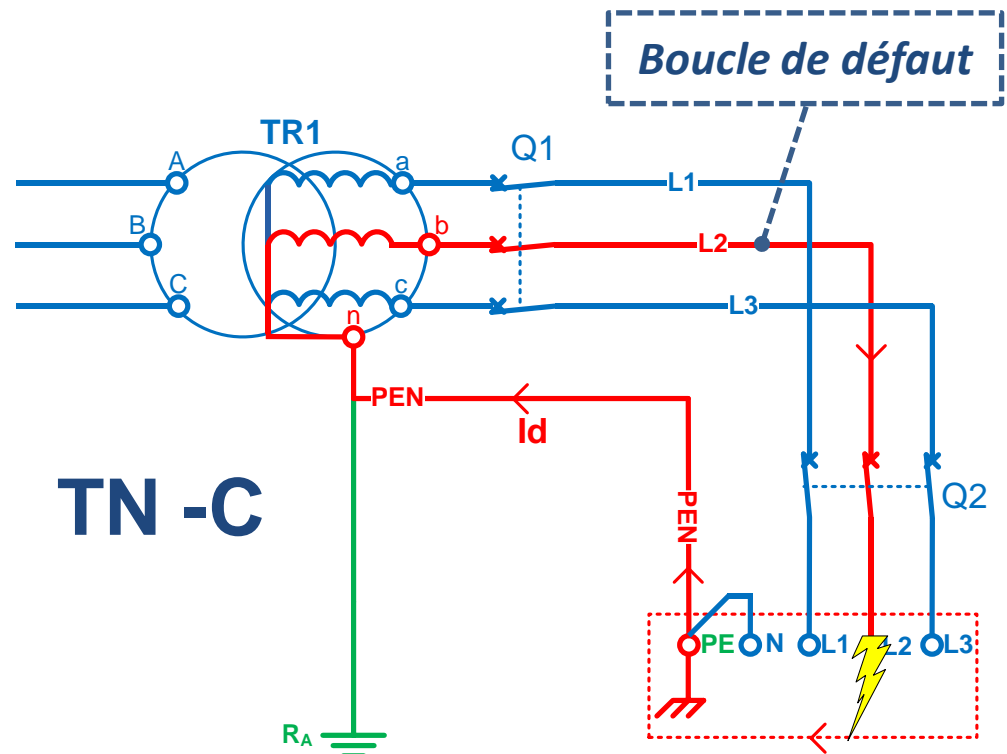
# S.L.T: Schéma TN

## Le défaut d'isolement

Lors d'un défaut de la machine ou de l'installation, ici entre **phase 2 et masse**, le courant  $I_d$  prend une valeur très élevée dans la boucle : TR1 – L2 – PEN – TR1 : **le défaut d'isolement en régime TN se traduit par un court-circuit** car l'impédance de la boucle est faible **car uniquement composée de conducteurs**.

**Problème** : la valeur prise par  $I_d$  dépend de l'impédance ( $Z$ ) de la boucle de défaut, donc de  $R$  et de  $X$  qui sont liés à:

- La longueur des conducteurs.
- La section des conducteurs.
- Réactance des conducteurs, du transformateur et du réseau amont.



## Calcul de la résistance de la boucle de défaut

### Cas N°1: méthode simplifiée

Boucle résistive qui ne prend en compte que les **résistances** des différents conducteurs mis en jeu : le **circuit en défaut est éloigné de la source** (circuits terminaux).

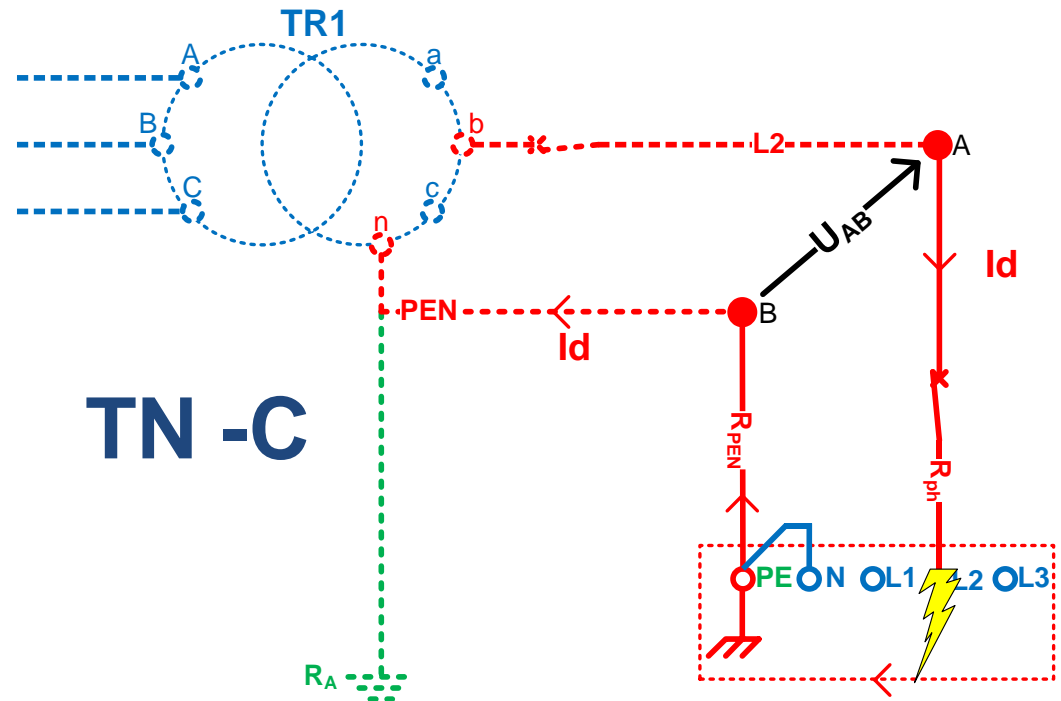
**Méthode** : on vérifie que la longueur  $l_{\max}$  posée est inférieure à celle calculée en appliquant la loi d'ohm aux points de connexions du circuit et en **négligeant la réactance des conducteurs** devant leur résistance :

$$l_{\max} = \frac{0,8 \times V \times S_{Ph}}{(1 + m) \times \rho \times I_{\text{magnét.}}}$$

[Lien1 pour démonstration](#)

[Correction](#)

## S.L.T: Schéma TN



$V$  : tension simple en (V).

$S$  : section des conducteurs en ( $\text{mm}^2$ ).

$m$  : rapport des sections (**sans unité**).

$l_{\max}$  : longueur maximale du PEN ou de la phase en (m).

$\rho$  : résistivité du cuivre =  $22,5 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$

$I_{\text{magnét.}}$  : courant de fonctionnement du déclencheur magnétique du disjoncteur (A).

# S.L.T: Schéma TN

## Calcul de la tension de contact $U_c$

La tension de contact  $U_c$  à laquelle est soumis l'utilisateur apparaît entre masse et terre et par conséquent aux bornes du conducteur PEN. Elle est donnée par la loi d'ohm :

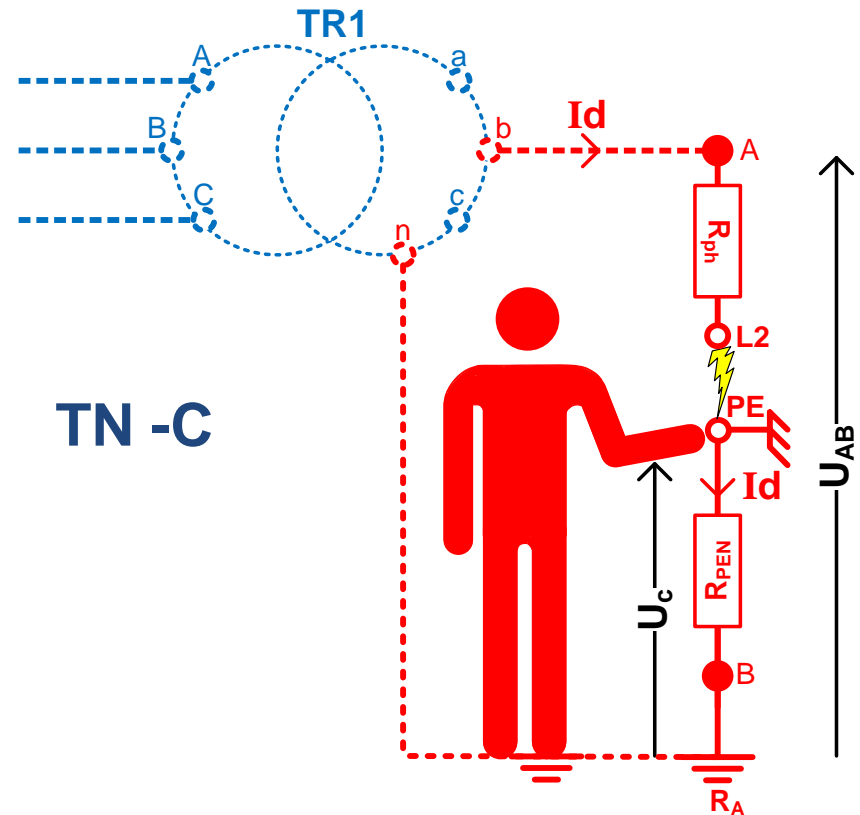
$$U_c = R_{PEN} \times I_d$$

Il est préférable de l'exprimer en fonction de la tension et des sections de conducteurs.

$$U_c = \frac{0,8 \times V \times m}{1 + m}$$

[Lien2 pour démonstration](#)

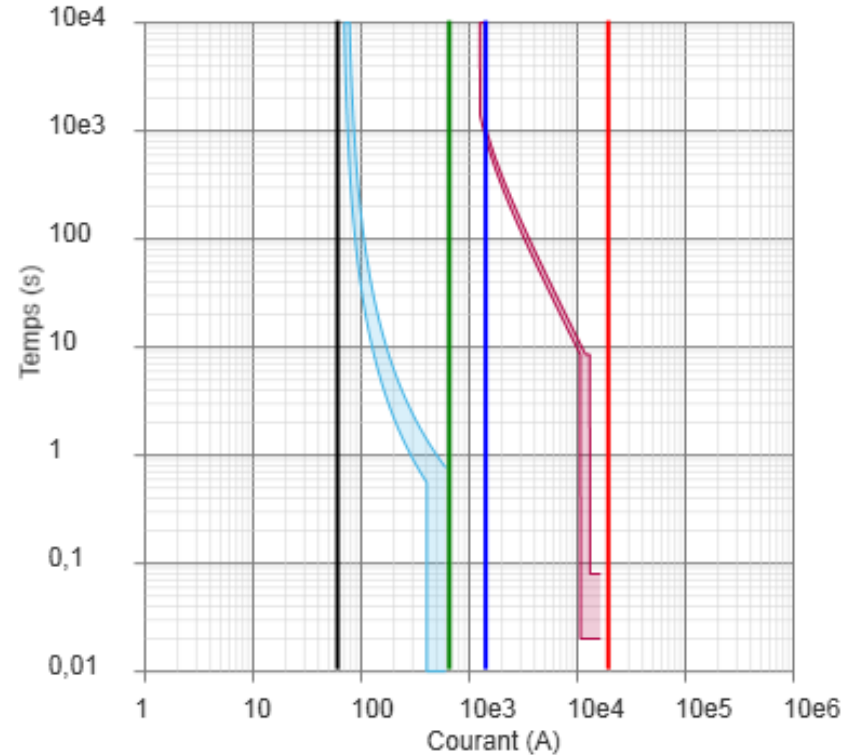
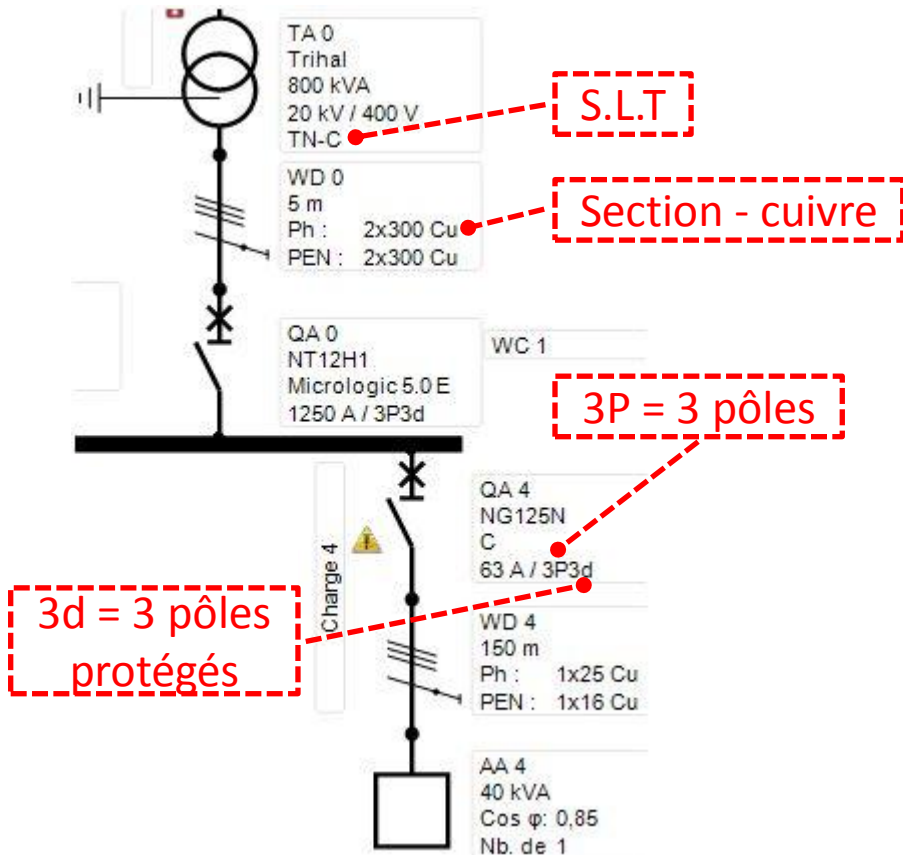
[Correction](#)



# S.L.T: Schéma TN

## Application numérique

Vérifier que la longueur maximale du conducteur WD4 correspond à la valeur préconisée par le progiciel ECODIAL:  $\rho = 23,7 \text{ m}\Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$



<input checked="" type="checkbox"/> Ib	<input checked="" type="checkbox"/> Ik3Max	<input checked="" type="checkbox"/> Ik2min	<input checked="" type="checkbox"/> Ief
QA 4 NG125N C - 63 A		QA 0 NT12H1 Micrologic 5.0 E - 1250 A	
Ir (A)	63	Ir (A)	1188
I <sub>sd</sub> (A)	504	tr (s)	24
		I <sub>sd</sub> (A)	11875

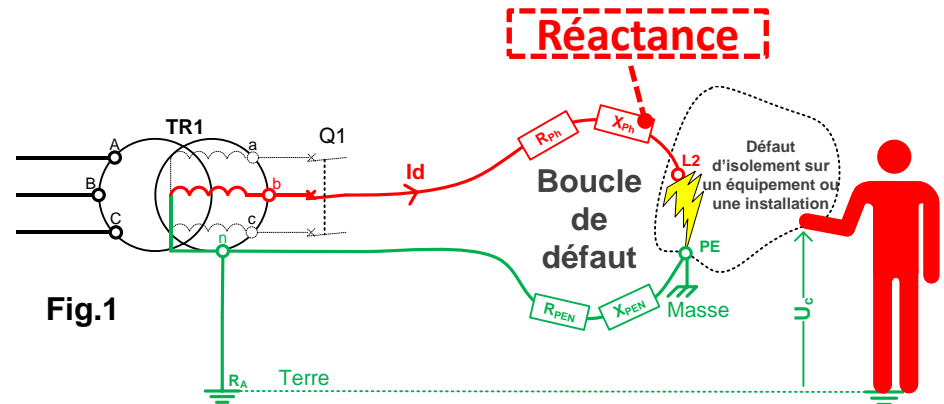
# S.L.T: Schéma TN

## Cas N°2 : Méthode des impédances

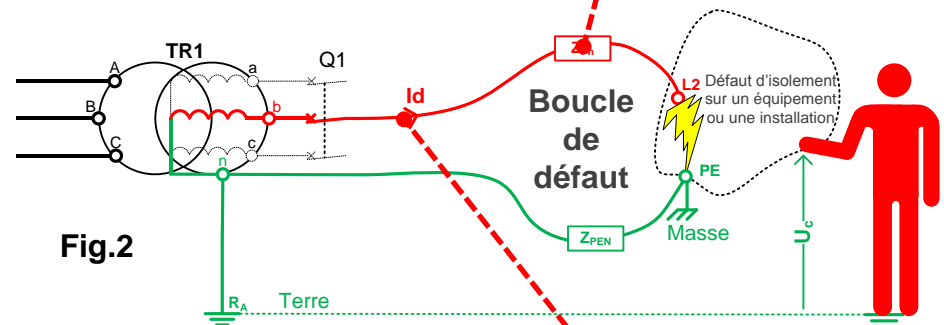
Méthode qui prend en compte toutes les **impédances** (réseau, conducteurs...etc.) de la boucle de défaut : on utilise cette méthode lorsque l'on désire une bonne précision du courant de défaut et/ou lorsque le défaut se trouve proche de la source. Les progiciels de calcul d'installation (ECODIAL) utilisent cette méthode de calcul en appliquant les relations d'électrotechnique contenues dans l'UTE C 15-500.

### L'impédance des conducteurs

**Rappel :** Les **conducteurs** ont une composante « **résistive R** » à laquelle vient s'ajouter une « **réactance inductive  $X = L \omega$**  » lorsqu'ils sont alimentés en alternatif ( $\omega = 2\pi f$ ): la somme **vectorielle  $R+X$**  forme l'**impédance Z** qui règle la valeur du courant et du déphasage.



$$\text{Impédance: } \bar{Z} = \bar{R} + \bar{X}$$



$$I_d \approx \frac{V}{Z_{\text{Boucle}}}$$

Loi d'ohm applicable à tous les circuits:  $U = ZI$

- S.L.T: Schéma TN

## Méthode des impédances : Application [corrigé](#)

Données du problème: [CT 158](#)

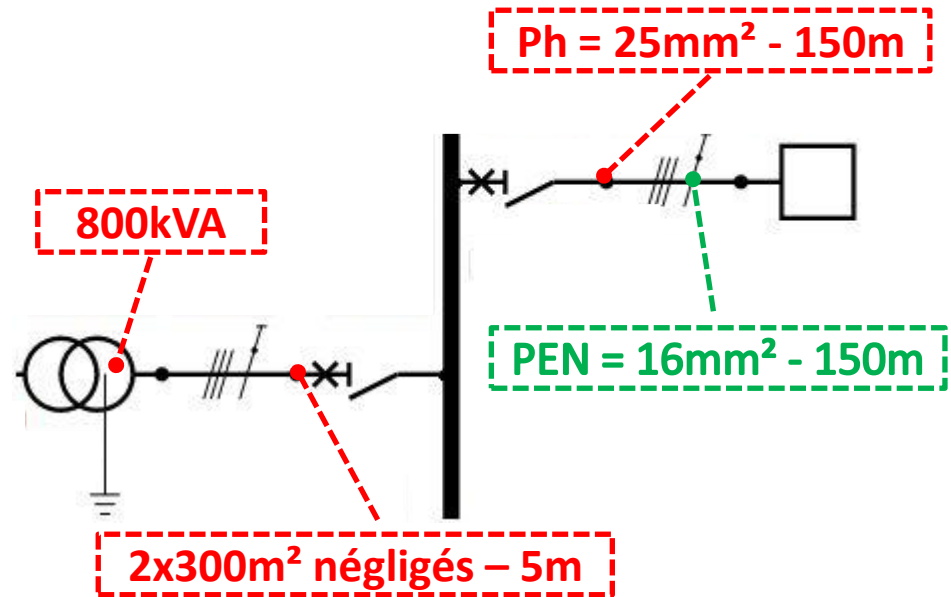
- résistivité :  $\rho = 23 \text{ m}\Omega\cdot\text{mm}^2/\text{m}$
- Réactance linéique:  $X = 0,08 \text{ m}\Omega/\text{m}$
- On négligera l'impédance du réseau HTA et celle des 5 mètres de  $300\text{mm}^2$ .

Calculer les éléments du modèle:

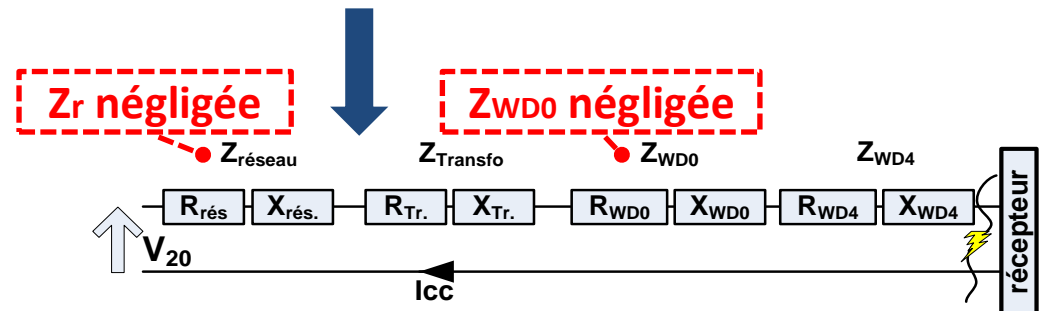
- RT du transformateur:
- ZT du transformateur:
- XT du transformateur:
- R<sub>Ph</sub> =
- R<sub>PEN</sub> =
- X<sub>Ph</sub> =
- X<sub>PEN</sub> =
- I<sub>ef</sub> =

$$Z_{\text{Boucle}} = \sqrt{\sum R^2 + \sum X^2} \xrightarrow{\text{et}} I_{\text{ef}} \approx \frac{V_{20}}{Z_{\text{boucle}}}$$

$$R = R_{\text{PH}} + R_{\text{PEN}} \xrightarrow{\text{et}} X = X_{\text{PH}} + X_{\text{PEN}}$$



Lors d'un défaut d'isolement ou d'un court-circuit 1~ le schéma équivalent est le suivant :





# Détermination de la section du conducteur WD4

Le progiciel **Ecodial** (et les autres) utilisent un repérage universel des grandeurs électriques qui entrent en jeu lors du dimensionnement du matériel: disjoncteur, canalisation...etc.

**Vérifier**, en suivant la procédure de choix préconisée par **Schneider Electric**, que vous obtenez un conducteur **WD4** de section identique à l'exemple ci-contre.

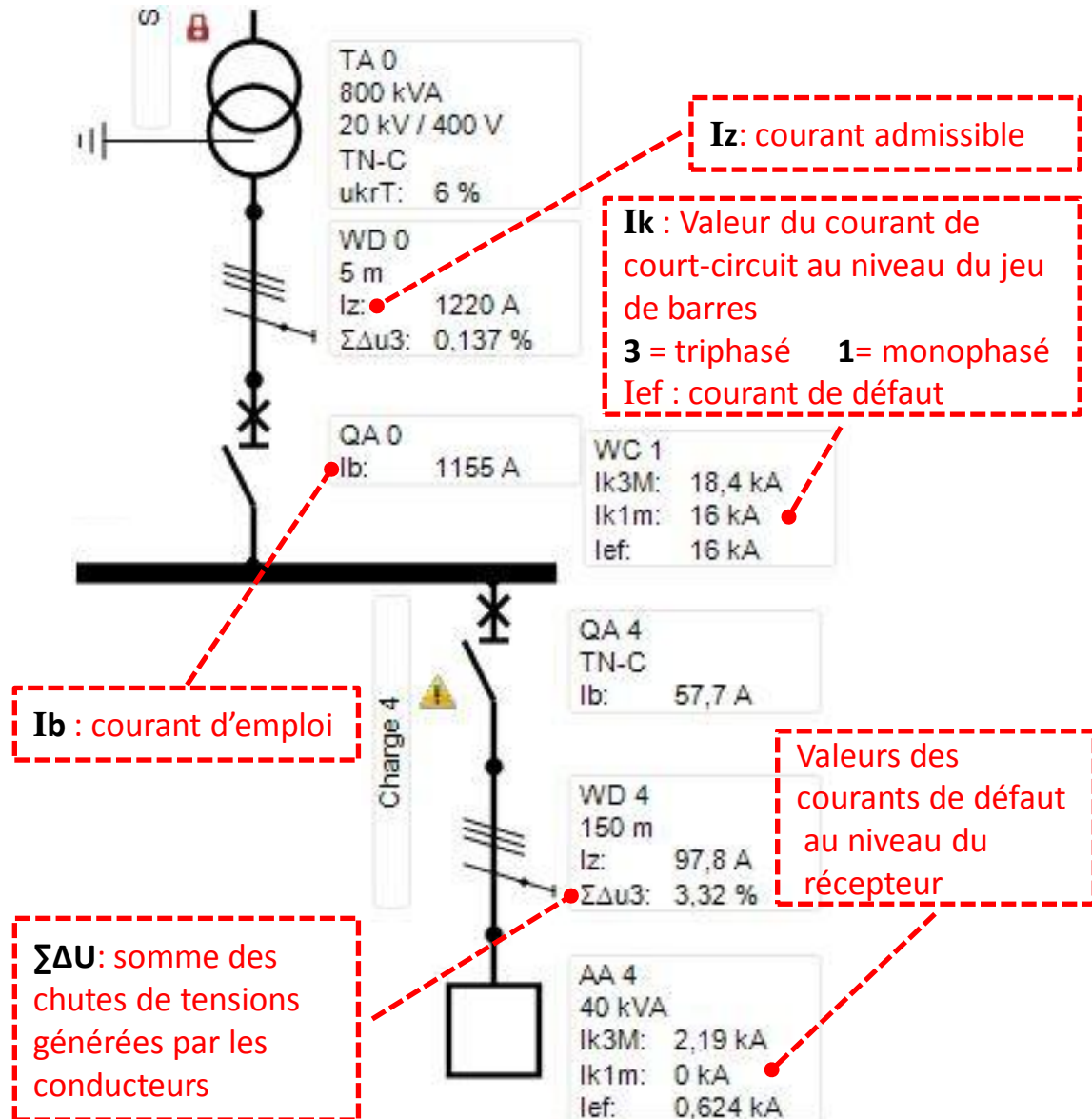
### Données du problème:

WD4 est un câble multiconducteurs PR posé sur un chemin de câbles perforé avec 3 autres circuits qui forment une seule couche sous une température ambiante de 30°C max. Le neutre n'est pas chargé et la chute de tension admissible aux bornes du câble est de 5%.

Ressources: [cliquez sur le lien](#)

Pages: K38, K39, K44

# S.L.T: Schéma TN



## Fiche de guidance: choix de la section du conducteur WD4

# S.L.T: Schéma TN

1) Le point de départ est  $I_B$  qui est le courant réel de circulation.

$$I_B = \frac{S}{\sqrt{3} \times U} = \frac{40000}{\sqrt{3} \times 400} = 57,7A$$

2) On choisit ensuite  $I_n$  qui correspond au calibre de l'appareil de protection du circuit, et par conséquent, au courant admissible dans ce circuit.

**ATTENTION:** si le disjoncteur est réglable, il faut considérer  $I_n = I_r$  (réglage long retard).

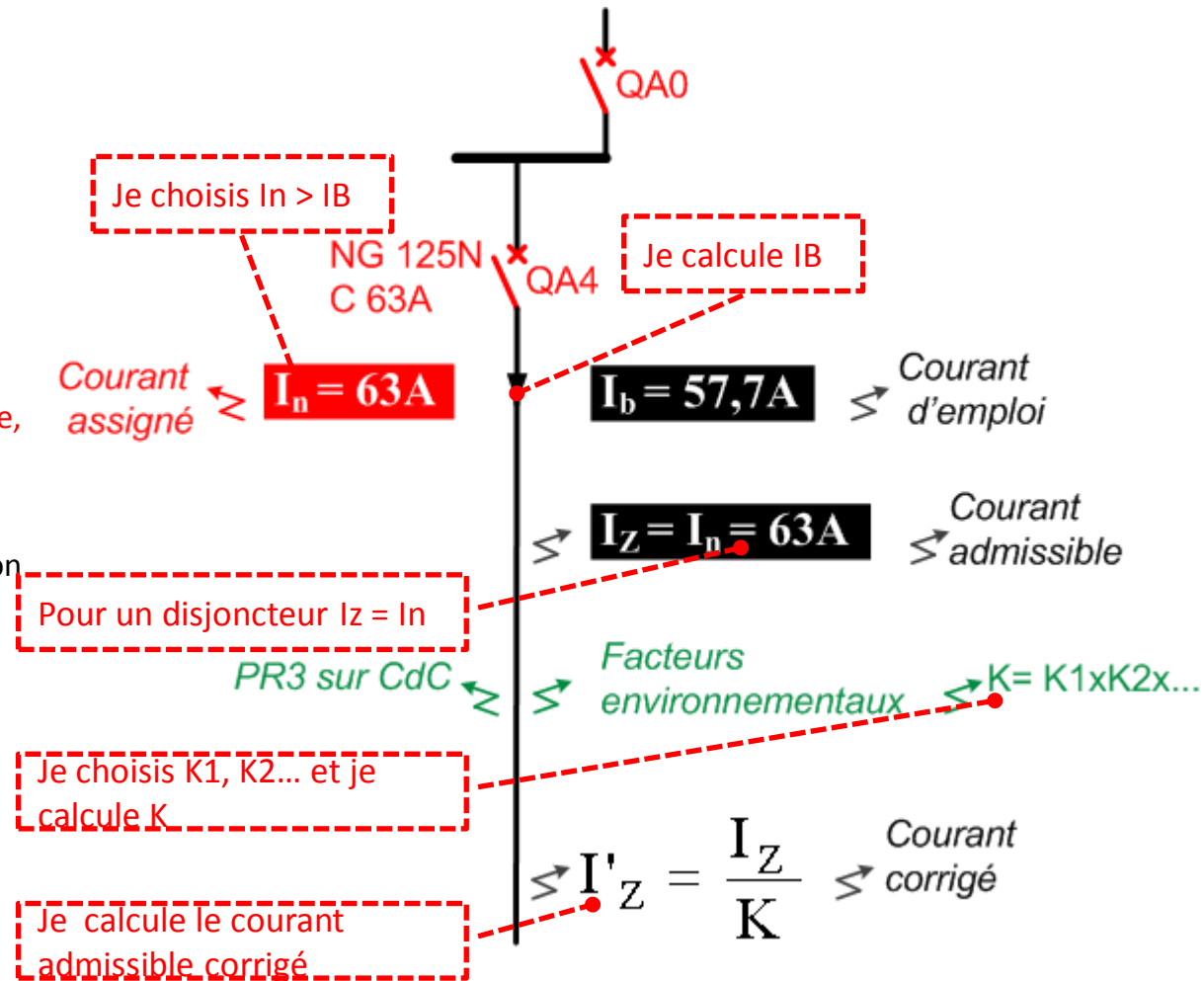
3) On détermine les coefficients  $K_1$ ..et on calcule  $K$ .

4) On calcule le courant  $I'_z$ .

5) On choisit la section du conducteur.

6) On vérifie la valeur de la chute de tension en ligne.

7) On adapte la valeur de la section si  $\sum \Delta U > 5\%$



# Choix effectué par le progiciel ECODIAL

La fiche ci-contre montre les choix effectués par ECODIAL à partir des données contenues dans la diapo N°8.

Seul K2 est ≠ de 1: **K2 = 0,77**.

Avec **k = K1xK2xK3xKnxCs = 0,77**

Et **I'z = Iz/K = 63/0,77 = 81,8 A**

La section du conducteur liée au courant **I'z' = 81,8 A** est **S = 16mm²**.

**$\Delta U_{WD4} = 3,2\%$  (L=100m) et  $4,8\%$  (L=150m).**  **$\sum \Delta U3 = \Delta U_{WD0} + \Delta U_{WD4} > 5\%$  tolérés, par conséquent, il faut choisir la section supérieure: **S = 25mm²**.**

la réduction à **S = 16 mm²** du PEN respecte la partie 424 de la NF C 15-100: la charge est équilibrée et THDI<15%.

**Note:** La section du PEN n'est pas en général inférieure à la moitié des conducteur phase.

# S.L.T: Schéma TN

Câble		WD 4
<b>Paramètres</b>		
Longueur		150 m
Mode de pose		13
		E
		Câbles multiconducteurs sur des chemins de câbles ou tablettes perforés, en parcours horizontal
Type de câble		Multiconducteur
Nb de circuits jointifs supplémentaires		3
Isolant		PR
Température ambiante		30 °C
THDI de rang 3 dans le neutre		15 %
I <sub>b</sub>		58 A
Contrainte de dimensionnement		Chute de tension
<b>Information de dimensionnement</b>		
		La section du câble [WD 4] a été augmentée de 16 à 25 afin de respecter la chute de tension du circuit. Phase dimensionnante
<b>Facteurs de correction</b>		
Facteur de mode de pose		1
Tableau de référence normatif		52G
Facteur de température		1
Tableau de référence normatif		52K
Facteur de résistivité thermique du sol		1
Tableau de référence normatif		52M
Facteur de neutre chargé		1
Tableau de référence normatif		D-52-1
Facteur de groupement		0,77
Tableau de référence normatif		52N4
Facteur de coefficient fusible		1
Facteur de correction		1
Facteur global		0,77
<b>Phase choisie</b>		
Section		1x25 mm²
Ame		Cuivre
I <sub>z</sub>		97,8 A
<b>PEN choisi</b>		
Section		1x16 mm²
Ame		Cuivre

Lettre de sélection

Fixe Kn

$\sum \Delta U3 > 5\%$

K1

Conducteurs enterrés

K2

K

S<sub>ph</sub>

S<sub>PEN</sub>

K3

Kn

## Contrainte thermique maximale des conducteurs

Les conducteurs en cuivre ou en aluminium peuvent supporter une contrainte thermique maximale  $i^2t$  que l'on peut superposer aux courbes de déclenchement des disjoncteurs.

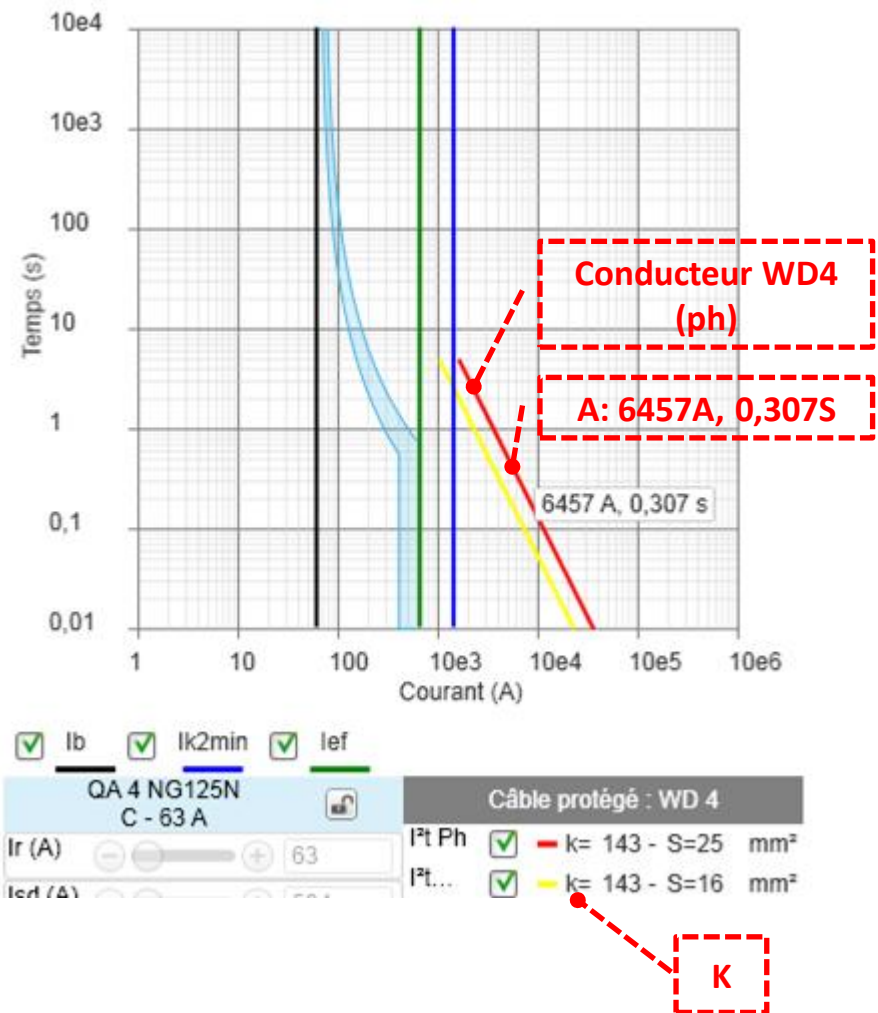
On observe dans le cas présent que **QA4** qui assure la protection du conducteur **WD4** coupera bien avant la contrainte thermique admissible. En aucun cas la caractéristique de l'appareil de protection ne coupe celle des conducteurs qu'il protège.

Un point quelconque pris sur la courbe d'un conducteur, représente la valeur  $i^2t$  maximale admissible par le conducteur et satisfait à la loi suivante:

$$S = \frac{\sqrt{i^2t}}{k} = \frac{\sqrt{6457^2 \times 0,307}}{143} = 25\text{mm}^2$$

*La relation fonctionne pour  $t < 5s$*

## S.L.T: Schéma TN



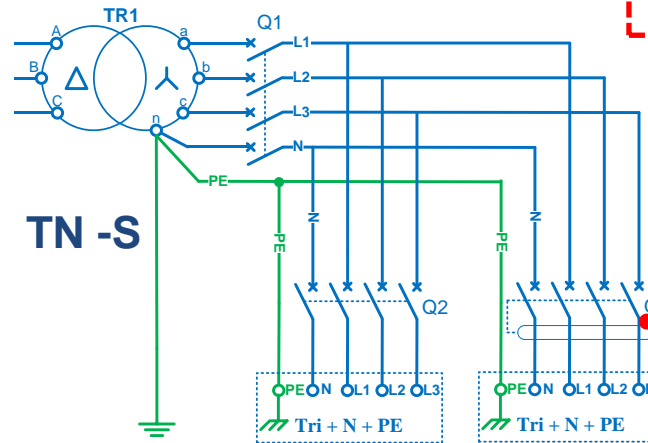
# S.L.T: Schéma TN

## 2) Le S.L.T TN-S

En schéma **TN-S** : deux conducteurs distincts **PE** et **N** partent du transformateur vers l'installation suivant le schéma ci-dessous.

Ce schéma est utilisé lorsque la section des conducteurs est  $< 10\text{mm}^2$ .

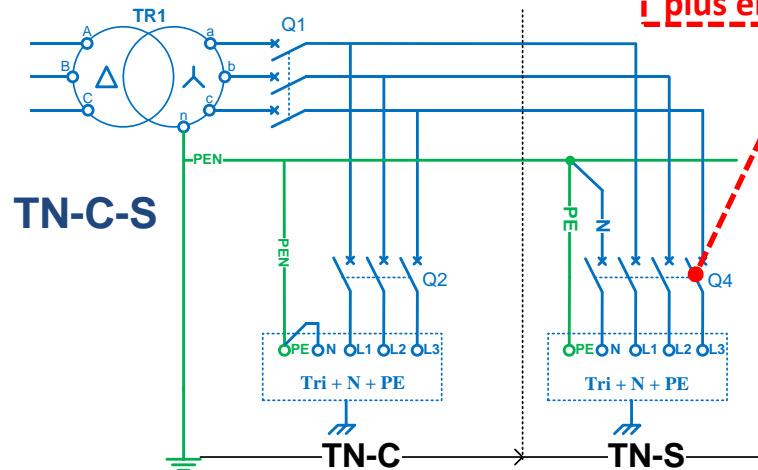
Lors de l'apparition d'un défaut d'isolement, la boucle est là aussi parcourue par un **courant de court-circuit**.



D.D.R ou courbe B utilisés pour les lignes de grande longueur

## 3) Le S.L.T TN-C-S

En schéma **TN-C-S** : Les deux schémas précédents se trouvent réunis dans une même installation à la condition que le schéma **TN-C** précède le **TN-S**.



Tetrapolaire = coût plus élevé

# Choix du disjoncteur de distribution QA0 (Voir lien NT12H1)

Le courant **I<sub>b</sub>** vaut:

$$I_B = \frac{S}{\sqrt{3} \times U} = \frac{800 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400} = 1155 \text{ A}$$

QA0 doit posséder un **PdC > ICC (Ik)** généré par le transformateur: [IK transfo 3~](#)

Le tableau donne I<sub>cc</sub> = I<sub>k</sub> = 18,29kA et la valeur I<sub>k3M</sub> sur le jeu de barres donnée par Ecodial: 18,4kA: dans un premier temps, *on néglige l'impédance des 5 m de conducteurs entre le TR3~ et le jeu de barres.*

**I<sub>n</sub> = 1250A** (courant assigné)

•Le déclencheur long retard (thermique) est réglé à la valeur **I<sub>r</sub>** telle que:

$$I_b = 1155 \text{ A} < I_r = 1188 \text{ A} < I_z = 1220 \text{ A}$$

•**tr(s)** : temporisation du LR

•**I<sub>sd</sub>**: Le déclencheur court retard ( magnétique) est réglé à: **10xI<sub>r</sub> = 11875A**

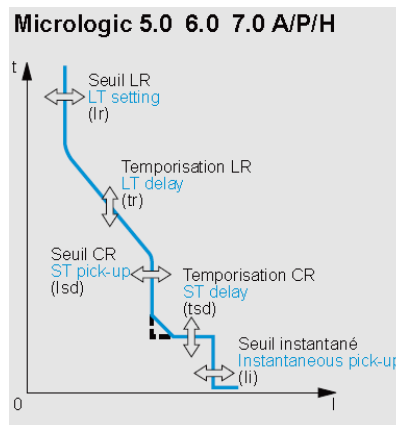
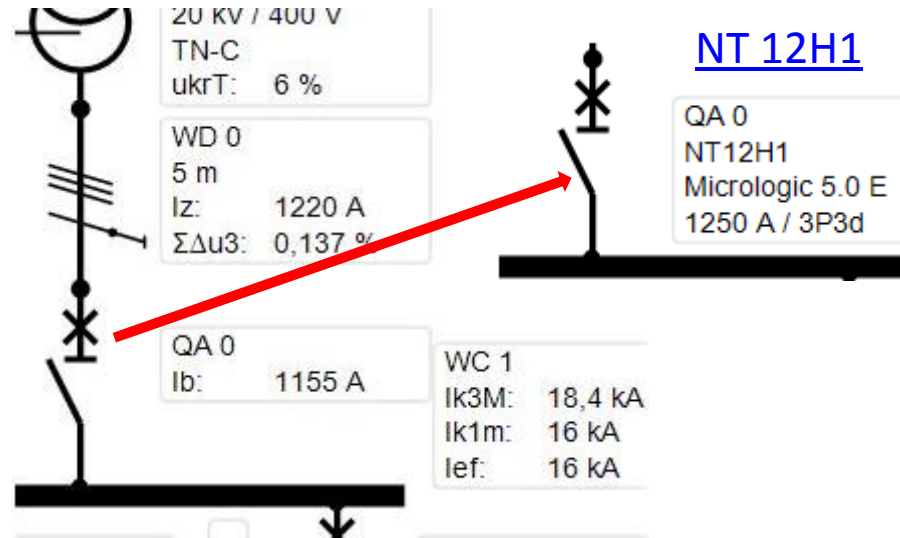
•**I<sub>sd</sub> < I<sub>km</sub>** et l'*i<sup>2</sup>t* de WD0 ne coupe pas le graphe de QA0.

•**tsd(s)**: temporisation du **CR** qui est utile pour assurer une sélectivité chronométrique avec un appareil aval.

**I<sub>i</sub>**: déclencheur instantané réglé à **15000A**

**t<sub>i</sub>(s)**: temporisation instantané

# S.L.T: Schéma TN



QA 0 NT12H1  
Micrologic 5.0 E - 1250 A

I<sub>r</sub> (A) 1188 **0,95x I<sub>n</sub>**

tr (s) 24

I<sub>sd</sub> (A) 11875 **10x I<sub>r</sub>**

I<sup>2</sup>t

tsd (s) 0,08

I<sub>i</sub> Désactivé

I<sub>i</sub> (A) 15000 **instantané**

t<sub>i</sub> (s) 0,05