

MOUVEMENT
DE L'ESIB
SOLIDAIRE

Résumé Cours

Rédigé par Laura Helayel

Installation Electrique

2^{ème} Courant Fort

Semestre 1

Veuillez respecter l'auteur de ce document.
Droits de reproduction et de diffusion réservés.

Installation électrique

Chap. 1

Basse tension

- Europe et GCC \rightarrow 230/400V
- Liban \rightarrow 220/380V

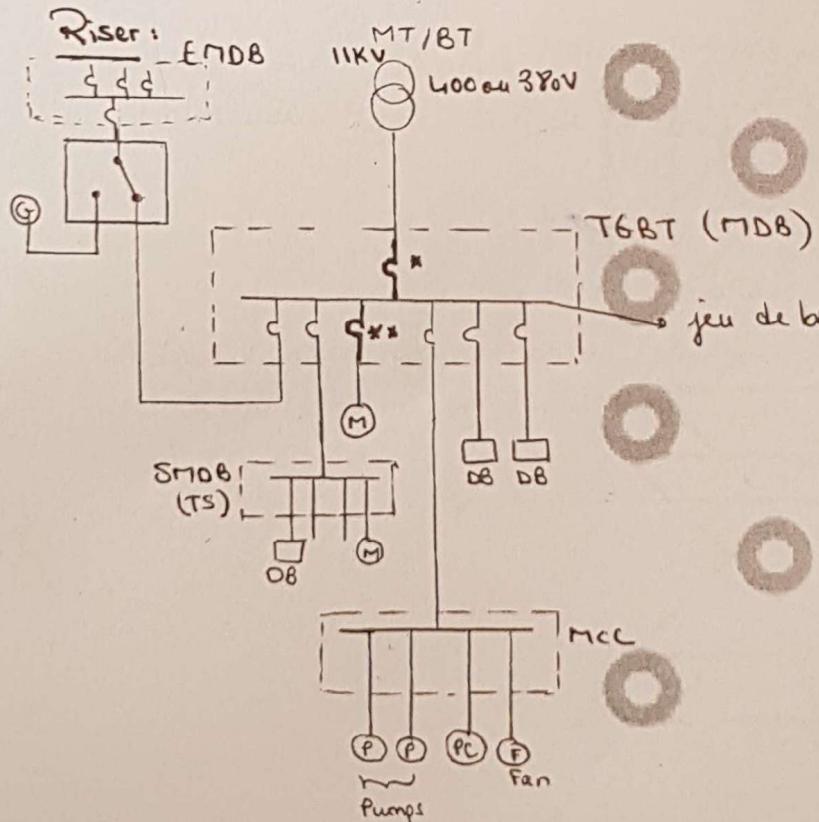
- Réseau à 3 fils \rightarrow pas de neutre

↳ les porteurs de courant sont à 6 (ستة)

↳ il y a un câble au-dessus des 3 \Rightarrow contre les coups de foudre.

- ≤ 50 V \rightarrow TBT class A
- ≤ 500 V \rightarrow BT(A) class B
- ≤ 1000 V \rightarrow BT(B)
- $1 \leq U \leq 50$ KV \rightarrow HTA } MT (Moyenne Tension)
- $U > 50$ KV \rightarrow HTB } HT (haute tension)
- THT (très haute tension)

- IEC \rightarrow International Electrotechnical Commission = CEI



* : disj. principal
incoming breaker
(protège Bus Bar)

** : outgoing breaker
(protège le câble)

TGBT : Tableau général Basse tension
Low voltage switch gear

MDB : Main Distribution Board

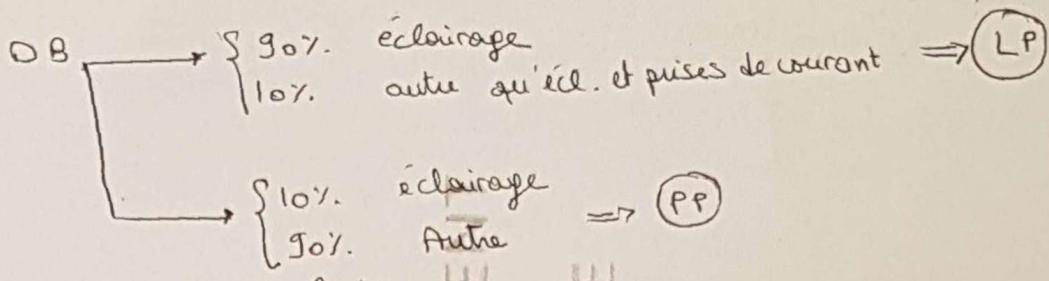
EMDB : Emergency Main Distribution Board (byutte emergency pump
et hydraulique et soft)

TS ou SMDB : Tableau Secondaire
Submain Dist. Board
 \Rightarrow biwazzis lor tableaux de
distribution finale.

DB : Distribution Board
ou TD : Tableau de distribution

Single Line Diagram - schéma unifidèle

- LP → Lighting Panel } les 2 et des DB.
- PP → Power Panel



- MCC → Motor Control Center
→ tableau de contrôle des moteurs

▷ Câble vienne tjs par un disj

MOUVEMENTS
DE L'ESPACE
SOLIDAIRES

Electrical Rooms

- Substation / Transformer Room: (25 m² / transfo)

↑ (Ground floor)
max 15 m

→ lezim tkoun maylit l tariz kermel EDL beje tghayir etc..

- Main Electrical Room ou Main LV Room ou MDB Room

→ MOB, EMDB, ATS → 20m² / transfo.

nb. MOB = nb. transfo (EMDAB et ATS bjet zadaouwoun)

- Secondary Electrical Rooms

→ bi kell tabiz at least wa7de menoun.

→ 1,2m entre les équipements le n7dar nemha hene w bwele tableaux maftoutin. link avec distribution horiz et verticale

Etapes du projet:

- Riser

- Boîtan la talliz kabor l GEN
w kabor l ouada bel architecte

- Détails du projet.

Local	Éclairage	Basse tension	HVAC (heating)	(GCC)
Bureaux	fluos - eco 15VA / m²	40VA / m²	50VA / m²	ou 80VA / m²
Résidentiel	15VA / m² ***	10VA / m² + 3KVA *	50 VA / m²	" "
Services**	8 VA / m²	3VA / m²	-	ou 50VA / m² (GCC)
Techniques	10VA / m²	3VA / m²		

* + 3KVA pr chaque cuisine et chaque appartement

** corridor, parking, escalier

*** 300 lux requis < nb. lux Bureaux (500 lux)
mais on a mis 15 car il y a beaucoup de décor...

N.B.

fi estime le zim n'effile
le load t'as la wate
mette = Bulk load égale

EWH (Electrical water heater)

Lifts

Fire pumps

Smoke management fans

Booster pump (échapp.)

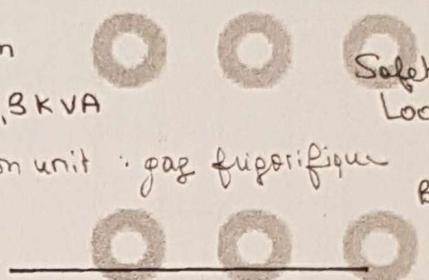
Sumpit pump
(échapp - gp.)

- 1 tonne de réfrigération

$$\leftrightarrow 23m^2 \rightarrow 1,8KVA$$

DXU → Direct expansion unit : gaz frigorifique

Chiller → eau glacée



Moteurs asynchrones

$$\rightarrow \text{triphasé: } I_a = \frac{P_n 10^3}{\sqrt{3} U_n \cos \varphi}$$

en KVA

rendement du moteur

$$\rightarrow \text{monophasé: } I_a = \frac{P_n 10^3}{U_n \cos \varphi}$$

$$U = 380V$$

$$V = 220V$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{---} \\ \text{---} \end{array} \right\} \cos \varphi = 0,8$$

sauf pour
le démarrage
= 0,2

- Pour le calcul de I
 - Lampe fluo → Base inductive $\Rightarrow \cos \varphi \neq 1$
 - Résistives → pas de $\cos \varphi$ ($\cos \varphi = 1$)

$$I_a = \frac{P_{ballast} + P_n}{U \cos \varphi}$$

V (mono con lampe)

→ Ballast : pr démarer la lampe
fluo + régule le courant

1 horse power $\rightarrow 754 \text{ VA}$

$$hp \xrightarrow{x 0,75} \text{KVA}$$

- Lampe incandescente \rightarrow charge résistive $\Rightarrow \cos \varphi = 1$

Facteurs:

Puiss. connectée
ou

Connected Load $\rightarrow = \sum$ puiss des équipements reliés

K_s : facteur de simultanéité $\rightarrow K_s = \frac{6}{8}$ (puiss de courant)

K_u : facteur d'utilisation max $\rightarrow K_u = 95 \left(\frac{100\text{VA}}{200\text{VA}} \right)$

$$\Rightarrow K_d = K_s \times K_u$$

diversity factor

facteur de foisonnement

MOUVEMENT DE L'ESPACE

Sockets $\rightarrow K_d = 0,3$

ASCENS $\rightarrow 0,6$ ou $0,7$

Pumps $\rightarrow 0,5$ (2 pompes $\rightarrow 0,3$)

AC $\rightarrow 0,4$ ou $0,5$ (éb) $\rightarrow 0,9$ (GCI)

$$\boxed{\text{Demand Load} = \text{connected load} \times K_d}$$

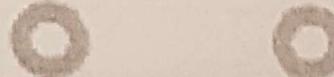
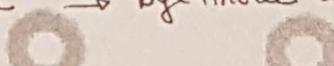
\rightarrow Facteur d'expansion = 20% (ajouté au demand load)

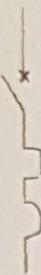
Au Liban: 500-1000-1500 KVA \rightarrow Transfo

Transfo de le local \rightarrow à sec.

C'est Resin transfo

\hookrightarrow hors du local \rightarrow bytemoul aktor.



Basics of LV switchgears (disj.)

- thermique
- magn.

• overload tripping → surcharge thermique

(nécessite du temps)

$$1,5 I_n < I < \frac{2}{3} I_n$$

• Short circuit tripping → c.c. magn.

(instantané)

$$> \frac{2}{3} I_n \rightarrow 5 I_n$$

• I_m → Partie magn.

• I_{cu} → courant max qu'un disj. peut supporter sans s'endommager

$$I_{cu} = PdC \text{ max en KA}$$

* on calcule PdC → diminue en s'éloignant de M.D.B.

$$\begin{array}{c} 6 \text{ KA} \\ 10 \text{ KA} \\ 25 \text{ KA (M.D.B.)} \end{array} \uparrow \begin{array}{l} \text{by 28ar kl} \\ \text{ma ba33id} \\ 3n e M.D.B. \end{array}$$

• MCP = Motor Circuit Protector

Disj. oversized + relais thermique → moteur
(MA)
magn. only.



• on-load making → making capacity

→ Breaker ana w 3m 3elli byujaz billekki izi me kholis l.c.c.

SOLID STATE MOUVEMENT

• Fonctions du disj.:

• on load

• thermal → overload (long-time protection)

• magn. → short circuit (short-time protection)

• Earth Leakage → le courant n'entre pas dans la phase
3m yeqajz 3e terre billekki et neutre

Bilko RCD pr déceler le courant

Residual current → differential current

• A.C.B. = Air C.B. → fibroalbo gaz inert ou vacuum C.B.
(SF₆) (VCB)

MCB

DB

MCCB

EMDB

outgoing MCB

SMDB

MCC

ACB

incoming MCB

Over current = Short circuit + overload.

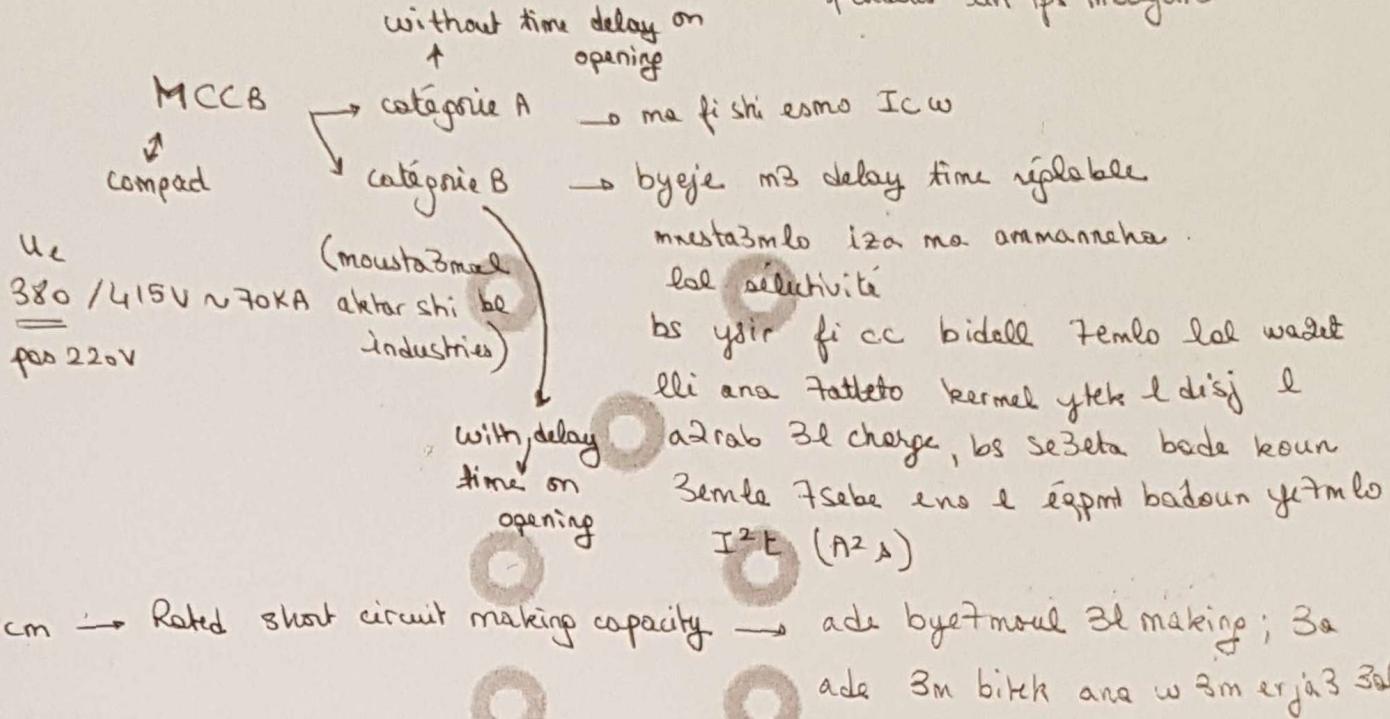
Caractéristiques du disj:

- frame size
- I_n → courant nominal
- I_e → Rated operational current \rightarrow lequel il est byen rdo fi.
- U_e → nominal operating voltage
- U_{imp} → max impulse voltage \rightarrow ade byet tamal impulsion de tension max
- U_i → insulation voltage \rightarrow ade byet tamal tension permanente max
le voltage au-dessus duquel byet doud l prop. tb30.
- I_{th} → rated "thermal" current \rightarrow byet tamal $T^\circ C$ ($35^\circ C$) 3a 8 hrs.
L'appellation technique du seuil thermique
- I_r → thermal trip rating $\rightarrow 0,9 I_n$ (par ex) \rightarrow on est en train de régler le
réglable (si réglage de I_{th} est poss.) \rightarrow barke I_{th} tkoun azghar
- I_m → magn. trip rating \rightarrow facteur de I_n selon la courbe.
- Tripping curve \rightarrow

les ap. éléct. tels sensibles (routers w. enya networking)	courbe B \rightarrow	$3I_n < I_m < 5I_n$
	courbe C \rightarrow	$5I_n < I_m < \frac{10}{8}I_n$
	courbe D \rightarrow	$\frac{10}{8}I_n < I_m < \frac{14}{12}I_n$

bidakhiel magn.
- I_{cu} → Ultimate breaking capacity
- I_{cs} → Service breaking capacity \rightarrow le cc bidakir mn hayet il disj
 \Rightarrow ade fi yetmoul c.c. ba3d marken takle.
y3ne ade byetmoul klit marru mn ba3d me ykoun takle 9 fois
(msh le doroura wara ba3d)

Icw → Rated short time withstand current → edit l disj la yetmoul c.c (2) pendant un temps moyen



I_s → Disconnection current limit

- nb. of poles
- Limitation class



- sectionneur : disconnect switch
- interrupteur
- protection magn + thermique
- arc électrique $\Leftrightarrow R < 0$ appel de courant ∞
- 30V - 30mA → Milieu sec \Rightarrow Danger !
- 10mA → Biballish yeknib

Main switch gear functions:

- isolation - disconnector
- control - contactor
- protection - circuit breaker

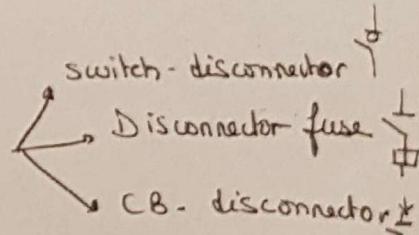
MOUVEMENT
SOLIDAIRES

} Motorized CB → fait les 3.

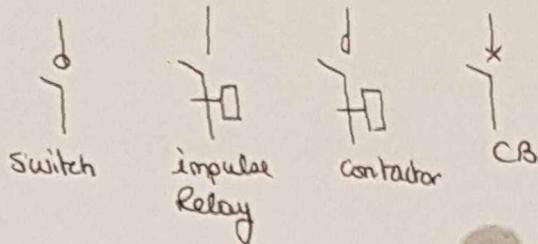
a - isolation

→ separate and isolate (disconnector)

→ devices that can be combined with disconnectors



b. Control:

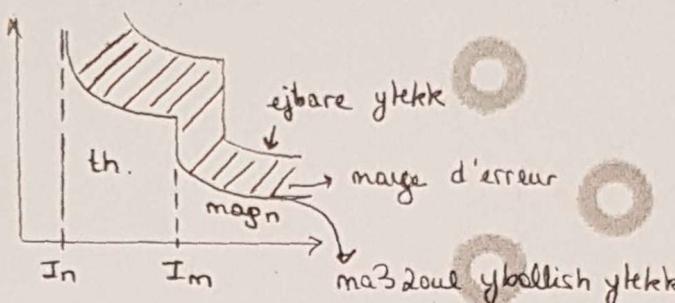


iza 3nde eshya me bade jawera
3l moteur badel me enzal tuffe
ke marras → BMS + motorized CB

c. Protection

of people
of property

Tripping curve



IEC 60898 → Domestique
IEC 60947 → Qualified personnel

$$a \rightarrow I_{cu} < 3 \text{ KA}$$

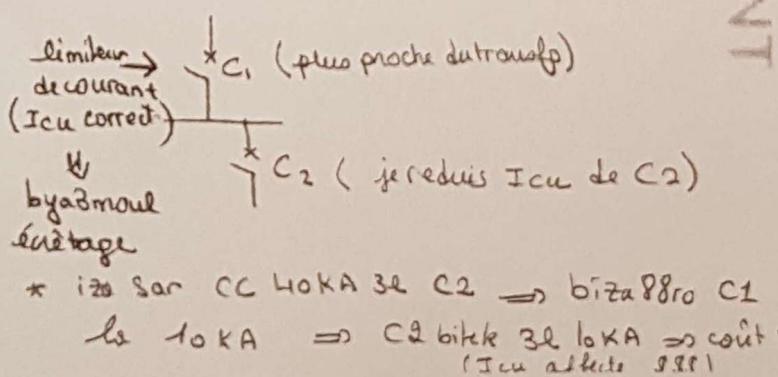
C60N → $3 < I_{cu} < 10 \text{ KA}$

3imbidorib mn transf. → H → $15 < I_{cu} < 25 \text{ KA}$

transfo kteir kebir → $I_{cu} > 50 \text{ KA}$ (MDB) → 44 KA demandé à Qatar
bimaZeno ma fi 44 → 50 KA

Cascading technique: (Filiation)

- réduire le PDC des disj en utilisant f° limiteur de I.
- Cascading is the use of the current limiting capacity of CB at a given point to permit installation of lower rated and therefore lower cost CB downstream



Objectifs:

- Réduire le coût
- risque d'incendie

Rq: Ps moustashabla bi matall fi fada qualifiée lazano ita bayyayoule l disj limiteur de courant w fello nisto wa7ad bade ⇒ sarro illi ta7lo undersi;

Dissemination ou Sélectivité (PDC magn)

I_s → seuil de sélectivité de 2 disj. (pt d'1^o des 2 courbes)

(I_s)

cas 1: 1^o de la partie thermique

⇒ pas de sélectivité

en cas d'un CC → C1 peut se déclencher

ou en C2, je ne peux pas savoir

cas 2: I_s de la partie magn. ⇒ Sélectivité partielle.

(Disj. illi akile a7an yekun double illi b3do). parenthèse

le shi < I_s ⇒ ana akile aye 7a yekke akel

le shi > I_s ⇒ mene akile aye 7a yekke akel

cas 3: Pas d'1^o ⇒ Sélectivité totale

ana deman akile aye bikkak akel

• NSX → 3em lourwa Schneider → fibus ben les disj. no3 met le interlock byennas illi fo2 yekke akel illi tafet

• Energie décaissée lors d'un CC = $I^2 t$ → temps du CC
tb3 lecc avant que le disj. ne déclenche

• Courbe tb3 le câble lezin heoun a3la mn tabaq3 le disj.
→ kernel yek le disj. abli ma yetken3 le câble.

$$I^2 t \text{ câble} \rightarrow I^2 t \text{ disj}$$

MCCB range:

- 4 volumes from 100 to 3200 A
- 4 sizes from 25 to 150 kA

→ NS 80H-MA

→ NS 100 to 250

→ NS 400 to 630

→ NS 630b to 1600

→ NS 1600b to 3200

* Physical frame sizes:

* 100, 160 and 250 A (Size 1)

* 400 and 600 A (Size 2)

* Five ratings - "breaking units"

100A - 160A - 250A - 400A - 630A

* Each rating:

- 3 breaking capacities
- N (normal) 25, 36, 45 kA
- H (high) 70 kA
- L (limiting) 150 kA

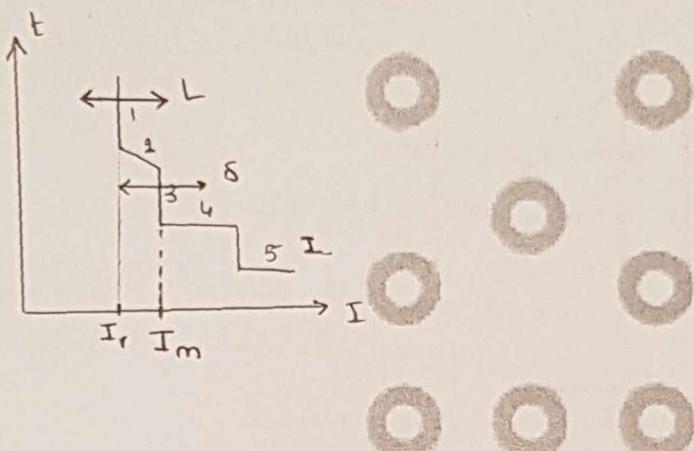
$$I_{CS} = 100\% \cdot I_{CA}$$

• C.g. électronique \rightarrow MCB \rightarrow thermostatique ou électromagnétique
ACB \rightarrow seulement électrique

L S I = Long time / Short time / Instantaneous
 \downarrow
over load \downarrow c.c.

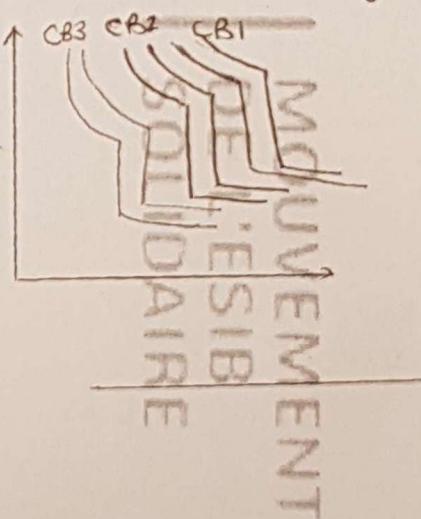
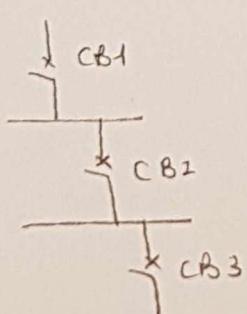
On a 2 catégories de RCCB:

- cat. A (100 - 160 - 250 - 400 - 630)
- cat B (630b - 800 - 1000 - 1250 - 1600 - 1600b - 2000 - 2500 - 3200)



Why limit current?

- Smaller devices
- Minimise fault effects downstream.
- Extend life of cables longer installation life due to reduced stresses.
- Improves network coordination and continuity of supply.



Current hazards

0,5 mA \rightarrow very weak sensation

10 mA \rightarrow muscle contraction

30 mA \rightarrow respiratory paralysis threshold

75 mA \rightarrow irreversible cardiac fibrillation threshold

1A \rightarrow cardiac arrest

Electrical shock

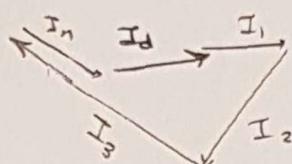
$$\begin{aligned} 50V - 2000\Omega - 30mA &\rightarrow \text{Sec} \\ \xrightarrow{\div 2} 25V - 1000\Omega - 15mA &\rightarrow \text{Humide} \end{aligned}$$

→ Disj. diff: $\begin{cases} 30mA (\text{sec}) \\ 10mA \text{ ou } 5mA (\text{humide}) \end{cases}$ } → protection de humains
 • 300mA → protection des biens

Residual current protection

$$I_1 + I_2 + I_3 + I_n = 0 \quad \text{syst. tri éq.}$$

cas de défaut → I_d .



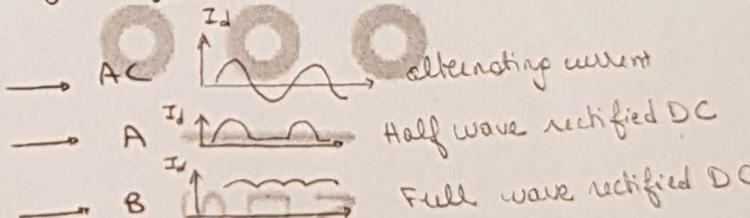
Méthodes de protection contre le choc électrique:

1. mise à la terre du neutre

2. Disj. diff

• RCD: 3 types

↓
Residual Current Device



Fault leakage protection:

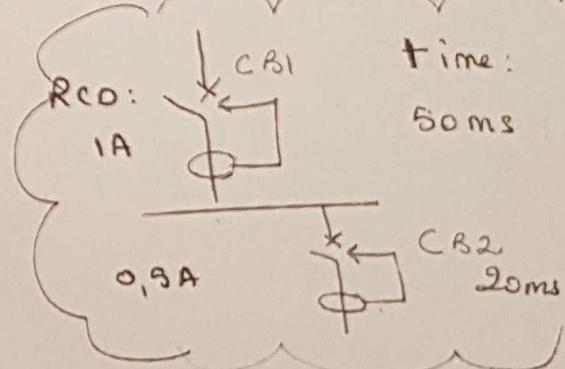
→ RCBO: earth leakage module

→ RCCB = Residual current CB

→ ELCB: earth leakage CB

MOUVEMENT SOLIDAIRE

$$\frac{\text{upstream RCD}}{\text{downstream RCD}} = 2$$



Choosing Residual current protection:

1. protection of people (30mA)

2. .. against the risk of fire (300mA)

3. prevent destructive effects of a high earth fault current

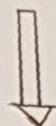
4. monitoring of insulation faults, without interrupting of power for

Chapitre 3: La Protection des circuits

Méthodologie:

Besoin d'énergie :

- puiss. consommé
- courant max d'emploi I_B



Dimensionnement des conducteurs :

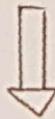
- choix de la nature des cond. et de son isolant
- choix de la méthode de référence (installation)
- tenir compte des facteurs de correction liés aux conditions de l'installation
- choix de la section en utilisant les tableaux des courants admissibles



Vérification de la chute de tension max :

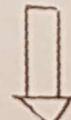
- conditions normales

- de démarrage de moteurs



Calcul des courants de c.c :

- puiss. de cc du réseau amont
- valeurs max et min.
- valeur max à l'extrémité du circuit



SOLIDAIRE
DU MOUVEMENT

Choix des dispositifs de protection :

- courant nominal
- pouvoir de ce.
- mise en œuvre de la filiation
- vérification de la sélectivité

$$R = \frac{e_x l}{s}$$

$$\left. \begin{array}{l} CC \rightarrow qd R \uparrow \\ \text{chute de tension} \rightarrow qd R \uparrow \end{array} \right\}$$

$$I^2 t = k^2 S^2$$

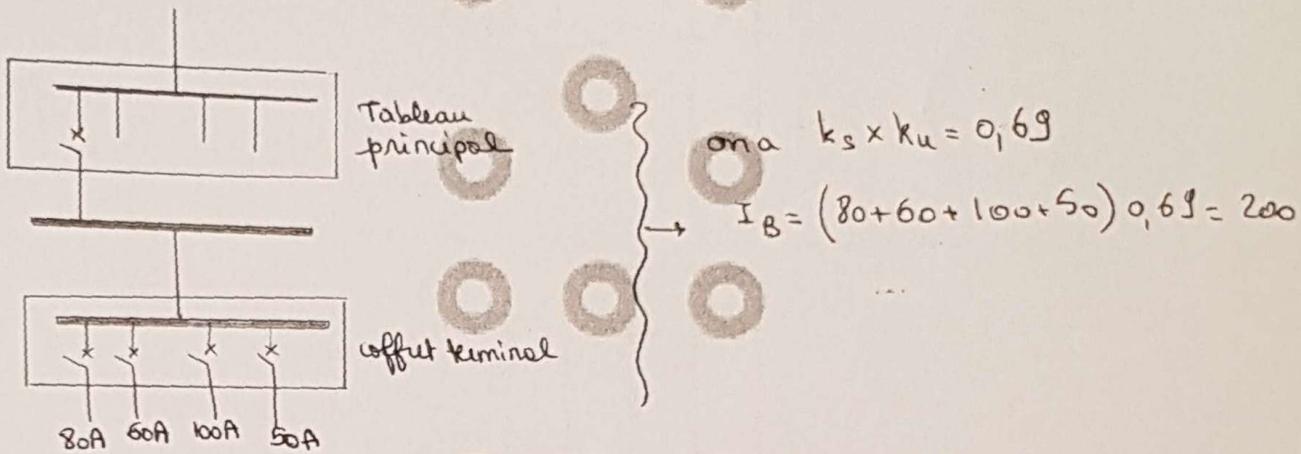
I_B : courant réel (demandé) par le disj.

I_B' : courant fictif pour les câbles $I_B' > I_B$.
 ↳ (courant max permisable)

* I_B facteurs ambients $I_B' > I_B \rightarrow$ choix de la section chute de tension \rightarrow section \geq c.c section

disj $\rightarrow \left\{ \begin{array}{l} I_n > I_b \text{ et } I_n < I_{z \text{ câble}} \\ I_{cu} > I_{ccmax} \\ \text{filiation} \\ \text{sélectivité} \end{array} \right.$

Ex:



On a 2 approches:

→ Approche directe: suivant $I_B \rightarrow$ les câbles et sections sont calculés.

→ Approche inverse de protection: dimensionnement du disj suivant I_B et les câbles suivent le disj.

I. Dimensionnement des câbles

1. Mode de pose (E ou G → les cas les plus fréq)
 (voir E16)

Rg: sion a lieu moins
 de pose pr le câble
 on prend le cas le
 plus coûteux

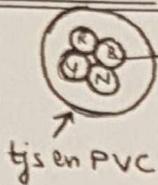
• le mode de pose n'est pas un facteur; il n'a pas été pris en considération durant les calculs.

eff qu'on doit

* D → Sol

2^{ème} facteur: Température

* $k_1 \rightarrow$ air



- PVC → le conducteur supporte max 70°C
- XLPE → " "
- minéral → très résistant au feu.

Rq: Si $T < 30^\circ\text{C}$ → le câble supporte plus ($k_1 > 1$)

Si $T > 30^\circ\text{C}$ → " " moins ($k_1 < 1$)

(pour $T = 50^\circ\text{C} \rightarrow k_1 = 0,71 \Rightarrow -29\%$)

* $k_2 \rightarrow$ Dans le sol

→ la température sera celle du sol.

* $k_3 \rightarrow$ Résistivité du sol

(Résistivité thermique du sol) → aide le sol à dissiper le chaleur

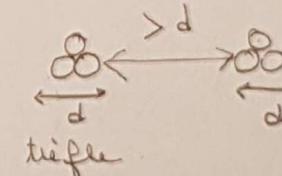
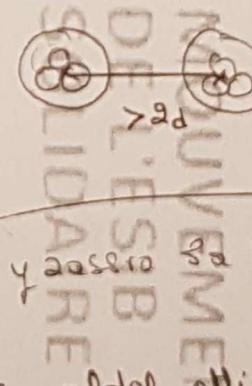
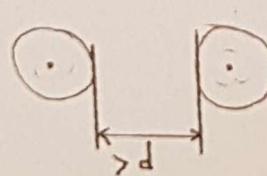
+ terre minérale près de l'eau → dissipation ↗↗↗

+ sol sec → - - - - -

3^{ème} facteur: Facteur de groupement - nb. de circuits adjacents k_4

→ pour les cas de l'air: k_4 d'un tableau (fig G16-G17)

→ pour les cas enterré: k_4 d'un autre (fig G18)



⇒ kernel yattlo yassiro 3a ba3d thermiquement

* Dans un conducteur, afdel atti3 une phase

→ fixe kaza circuit los', nafs la phase

at san ennu et tessa lecc entre 2 phases ou triphasé

adrabshi
biwaseil el ces
extreme mn le calcul
tlose.

(on parle des harmoniques d'ordre 3)

- * $0 < \text{THD} < 15\%$. du courant de la phase $\Rightarrow k_5 = 1$
(de la neutre il y a 0,45 i) aucune influence
section du câble reste la m^e

- * $15\% < \text{THD} < 33\%$ $\rightarrow k_5 = 9$ 86 on change la section de tout le
câble (phase + neutre)

Le neutre t'édifie dans tous les sens !

- * $\text{THD} > 33\%$ (harmoniques de chaque ph $> 33\%$)
 $33 + 33 + 33 = 99\%$ sur f_1 100% courant bl neutre
sur tout chargé
(harm d'ordre 3
j'amma3 bl neutre) le câble essayez b shakel yémoal 3I
or $3I + I \rightarrow 4I$!!
il faut surdimensionner le neutre
puisque je ne peux pas agrandir
le neutre seul \rightarrow j'agrandis tout le
câble.

- * $\text{THD} > 45\%$ je double le neutre
câble triphasé + un autre neutre

► Rq: UPS \rightarrow s'il ne contient pas un filtre d'harm.
je mets 2 neutres. car UPS c'est pas
les égouts d'info (qui génèrent des harm.)!

* Comment Savoir THD?

- Ballast \rightarrow 15% et 33%
- Les autres cas sont donnés

En fin de compte on divise par ses facteurs

(
=

① Par contre, si on a la section du câble et on veut savoir le ut qui

Dimensionne passe:

disjoncteur 1. Mode de pose?

I_B 2. Associer le ut du tableau. = I'

3. $I' = I \times k_1 \times k_n \times \dots$

② Dim. les câbles sur I_{nd} du disj.
→ Si on a un disj. de capacité I_{cu}

$$1 - I_B' = \frac{I_B}{K}$$

2 - choix du mode de pose

3 - Déduire la section

→ Una des tables simplifiées (Gata, Gaxx)

- Récap: 1- choix du mode de pose
2- On calcule les 5 facteurs: k_1, \dots, k_5

ou ($k_1 \rightarrow$ temp. max de f_{st} de l'air
 $k_2 \rightarrow$ temp. du sol)

$k_3 \rightarrow$ Résistivité therm. du sol

$k_4 \rightarrow$ facteur de grpmt (3 tableaux)

$k_5 \rightarrow$ harmonique

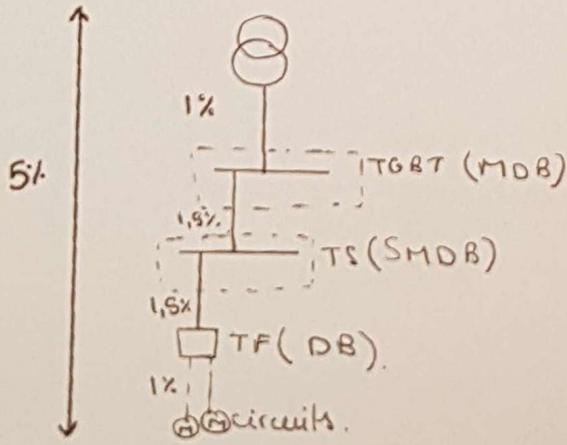
single air
multi
sol
(single + multi)

- Démarche: 1- calcul du Load
2- $\times K_s \times K_d \dots \Rightarrow I_B = 12A$
3- choix du disj $\rightarrow 15A = I_n$
4- Size du câble:
 - on divise par les facteurs $\rightarrow I_n'$
 - choix de la section / mode de pose

Remarques: section neutre = section phase

- câbles préfabriqués: dimensionnement côte les câbles de l'air
- Jamais! mettre des câbles en // de section \neq te (résistances \neq tes)
- Quand je mets 2 câbles en // \rightarrow c'est ce si j'ai doublé la section

II. Chute de tension - Voltage drop (G 25)



Type d'installations	Eclairage	Autres usages (force motrice)
Alimentation par le réseau BT de distribution publique	3%	5%
Alimentation par post privé MT / BT	6%	8%

Si $L > 100m \rightarrow \Delta U + 0,005\%$.

(G27) Calcul de la chute de tension

- monophasé: $\Delta U = 2 I_b (R \cos \varphi + X \sin \varphi) L$ en % $\frac{100 \Delta U}{U_n}$
 $\left(\times \frac{\sqrt{3}}{2} = 0,85 \rightarrow 15\% \right)$
- diphase: $\Delta U = \sqrt{3} I_b (R \cos \varphi + X \sin \varphi) L$ $\frac{100 \Delta U}{U_n}$
 donnée par le constructeur (au lieu de R et X)
- $U = V_d \times I_b \times L \div 1000 = V$

V_d (mV/A/m) ou ($V/A/Km$)
 I_b réel de la charge non In tant que câble, je prends I_n

$V_d \rightarrow$ monophasé -15% \rightarrow triphasé

Pour compenser les chutes de tension on augmente la section.

Comment faire pour les chutes de tension?

→ Démarches:

1. tableau G28 : j'ai $\cos \varphi$ et S (mm^2)
 \rightarrow je trouve V_d .

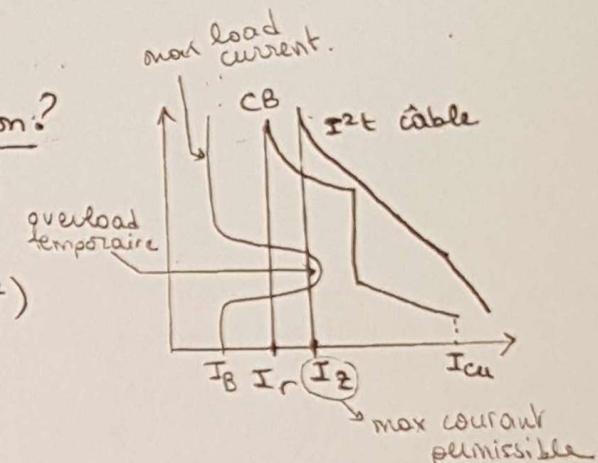
2. Je calcule de U en %.

3. Je fais le soc pour chaque partie seule $\rightarrow \sum \% \leq 5\%$.

Si $\geq 5\%$. \rightarrow j'augmente la section des câbles.

(iza kobbaret entre Transfo et TGBT \rightarrow kl illitatet byeteto)

\rightarrow ou bien j'augmente le câble qui a la plus petite section
 \Rightarrow la waffir — \$



III. Courants de court-circuit

On a deux méthodes:

1. Méthode des impédances (méthode exacte)

2. Méthode des tableaux (estimation mais plus rapide)

III.1. Méthode des impédances (636)

(4)

On doit calculer R et X de chaque partie du circuit

R et X des disj et jauge → négligés !

① Sec amont (Réseau moyenne tension)



$$② U_{cc} (\text{V.}) \begin{cases} 4\% & \text{si } 50-750 \text{ kVA} \\ 6\% & \text{si } > 800 \text{ kVA} \end{cases}$$

I_{cc}
limiteur

à sec
ou à huile → f_a diffère

③ I_{cc} (2^{ndaire} du transfo)
(en f^o de U_{cc} et la puiss apparente du transfo)



I_{cc} (éppmt final)

Avant
transf

① $\rightarrow S_{cc} = 500 \text{ MVA}$ (sauf indication contraire)

$\rightarrow R_a$ et X_a avec U_{20} : tension à vide

$$\begin{cases} R_a = 0,1 X_a \\ X_a = 0,995 Z_a \quad Z_a = \frac{U_{20}^2}{P_{sc}} \end{cases}$$

$$\begin{cases} U_{20} \\ = 400 \quad \text{si } U = 380 \text{ V} \\ = 420 \quad \text{si } U = 400 \text{ V} \end{cases}$$

transf

② $\rightarrow U_{cc} = 6\%$

$\rightarrow R_{tr}$ X_{tr} Z_{tr} (d'après le tableau). G 36.

câbles

③ $\rightarrow R$ et X $\begin{cases} R = \ell \frac{L}{S} \quad \ell = 22,5 \text{ m} \cdot \text{mm}^2/\text{m} \text{ (cu)} \\ X = 0 \quad \text{pu } S < 50 \text{ mm}^2 \quad \text{et } X = 0,08 \times L \quad \text{si } S > 50 \text{ mm}^2 \end{cases}$

* Moteurs → négligeable sauf si ts les éppmts → Moteurs.

et sauf si Puiss >>

$$I_{cc} = \frac{U_{20}}{\sqrt{3} \sqrt{R_T^2 + X_T^2}}$$

$R_T: R_{total}$ (lli abl l pr lli 3m
 $X_T: X_{total}$ jib figo I_{cc})

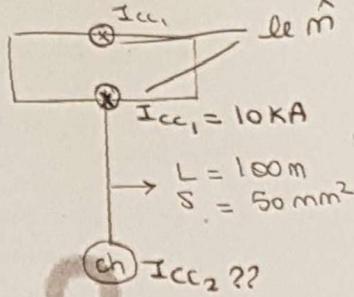
▷ * Si on tient câbles en // $\rightarrow R = \frac{R_{1\text{seul}}}{nb.} \quad X = \hat{m}$

III.2. Méthode de composition (méthode simple)

$I_{cc2}??$

On a besoin de 3 hypothèses:

1. I_{cc1} au bout du câble
2. L
3. S du câble



* Il suffit donc de connaître I_{cc} au 2ndaire du transfo.

$$I_{cc} = \frac{I_n}{U_{cc}} \times 100$$

$\div u_{cc} = 6\%$. car $> 800 \text{ kVA}$

Ex: Si $1000 \text{ kVA} \rightarrow 1519 \text{ A} \rightarrow 25 \text{ kA}$

$$S = \sqrt{3} UI \Rightarrow I = \frac{1000 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380}$$

(mm²) Section	L
47,5	82 115
15	$I_{cc \text{ en amont}}$
10	$I_{cc \text{ en aval}}$ (KA)
7	I_{cc2}

Voir tableau G 47

\rightarrow Long max!

$$I^2 t \rightarrow G 53 \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{ex: } S = 50 \text{ mm}^2 \\ \rightarrow 29839 \text{ A}^2 \cdot 10^6 \\ \approx 30000 \end{array} \right.$$

$$I^2 t = k^2 S^2$$

$$t = \frac{k^2 S^2}{I_{cc \text{ max}}^2}$$

* 1ère vérification: $I_{cc \text{ max}}$

* J'avais la section $\rightarrow I_{cc}$.

Maintenant, bade shayyik izo le câble mache 700 m3 il disj.

$$I^2 t = k^2 S^2 \rightarrow \text{épt varant du câble}$$

$I_{cc \text{ min}}$

tp pendant lequel le disj laisse passer le cc = 0,5 sec si non donné

du métal

G 52
MOUVEMENT
D'ISOBIAIRE

Il faut que $I^2 t < k^2 S^2$

Si non: on augmente la section du câble

* 2ème vérification: $I_{cc \text{ min}}$

\rightarrow méthode conventionnelle

$$\text{Lors du cc} \rightarrow U = 80\% \cdot U_n = U_n \times 0,8$$

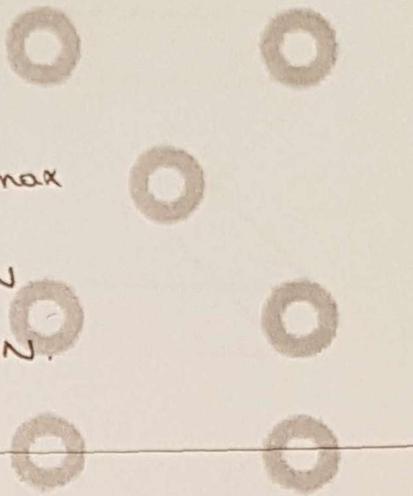
Il faut calculer $I_{cc \text{ min}}$ car le disj. protège le câble

Si $I_{cc \text{ min}} < I_m \rightarrow$ disj. bishufa overload w bi zetteza la

⇒ il faut vérifier $L < L_{max}$ (fixée par I_{cmin})

→ Je peux de soit changer I_m du disj

ou j'augmente la se pr I_{cmin} pr qu'il soit $> I_m$



• Long max → G 47

Set $I_m \rightarrow L_{max}$

{ • $I_{cmin} \rightarrow cc\ ph+N$

• $I_{cmax} \rightarrow cc\ tri+N$.

Section du PE

* méthode adiabatique (vaut qd I_{cc} change)

$$S_{PE} = \frac{\sqrt{I^2 E}}{G 59} \quad | \quad \begin{aligned} I &= I_{cmax} \\ t &= \text{tps de coupure des} \\ &\text{disj. de protection} \end{aligned}$$

* méthode simple: ($\forall I_{cc}$)

$$\rightarrow \text{Si } S_{ph} < 16 \text{ mm}^2 \Rightarrow S_{PE} = S_{ph}$$

$$\rightarrow 16 < S_{ph} < 35 \text{ mm}^2 \Rightarrow S_{PE} = 16 \text{ mm}^2$$

$$\rightarrow S_{ph} > 50 \text{ mm}^2 \Rightarrow S_{PE} = \frac{S_{ph}}{2}$$

* * * * *

MOUVEMENT
DE
L'ESIB
SOLIDAIRES

Chapitre 3: Les schémas de liaison à la terre (SLT)

Rôle du conducteur de terre:

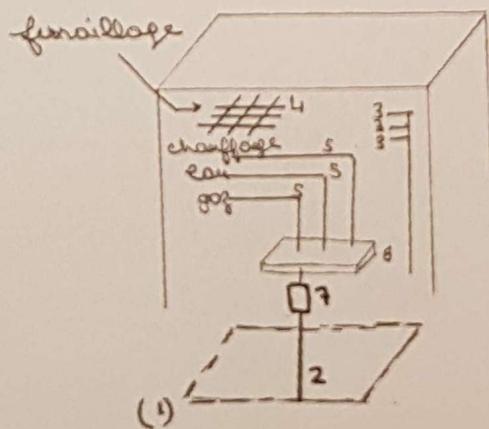
1. Équipotentialiser toutes les masses
2. Offrir au courant de défaut un chemin de $R < R_{autres}$ et éviter le électrocute
3. Réduire le taux de défaut et le risque d'incendie.

Il faut dc :

- disj. th + magn → obligatoire
- + disj. diff → pas "
- + conducteur de terre → obligatoire

1- Définitions et normes

- Prise de terre (1) ou "Earth Electrode"
→ contact direct entre le cuivre et le sol (partie conductrice enfouie dans la terre)
- Prises de terre électriquement distinctes ou "Electrically independent earth electrodes"
→ l'une n'influe pas l'autre
- Résistance de terre ou "Earth electrode resistance"
- borne principale de terre (6) ou "main earthing terminal"
- Conducteur de terre (2) ou "Earthing conductor"
- Nulle ou "Exposed conductive part"
- Conducteur de protection (3) ou "Protective conductor"
- élément conducteur (4) Etranger à l'installation électrique
- Conducteur d'équipotentialité (5) ou "Bonding conductor"
↳ le seul conducteur étranger à l'installation branché sur la terre.
- PE : conducteur de protection
→ PEN : si combiné au neutre.



MOUVEMENT
L'ESIB
CLIDIARE

↳ le seul conducteur
étranger à l'installation
branché sur la terre.

pose à la 2^e et par la suite aux égouts.

- Bonding: il ya une fine bâche kfeye bâche raccordement équipotentielle
⇒ bâcher toutes au m^e potentiel.

- Indirect Bonding: (à éviter)

pr PC-routers (très sensibles) → mise à la T. indépendante aux Id

Earth Gap ($R \gg \rho$) sera le pt de raccordement entre les 2 pôles de terre cela offre la isolation.
 $\left\{ \begin{array}{l} \leftrightarrow CO \text{ cas normal} \\ \leftrightarrow CC \text{ en cas de diff. de potentiel} \end{array} \right.$

1- Indép. élec.

↓
Sinon

2- Raccordement

↓
Si j'ai peu que de grds qui passent du mon syst. électronique

↓
3- Earth Gap (en cas de surtension, raccordée)

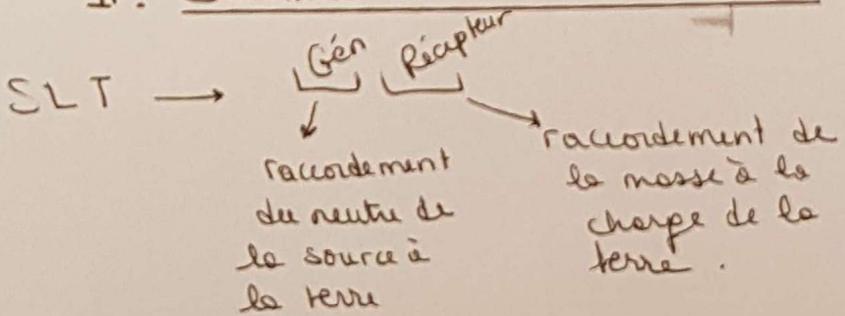
- Clean Earthing System isolation BT-BT

→ clean des harm. et des Id

→ pr éviter freezing du Network syst.

R_g: câble de terre > 2,5 mm²
→ il ne doit pas être coupé pour un disj. ni sectionné
→ câble rigide, non tressé.

II. Schémas de Liaisons à la Terre



T: relié directement à la T.
N: neutre relié à la terre
I: isolé de la terre

II. 1. TT

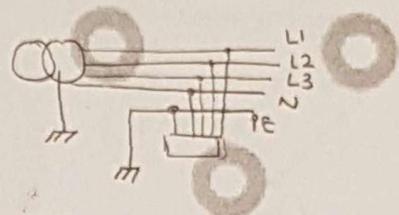
II. 2. TN $\begin{array}{l} \xrightarrow{\text{TNC}} \\ \xrightarrow{\text{TNS}} \end{array}$

II. 3. IT

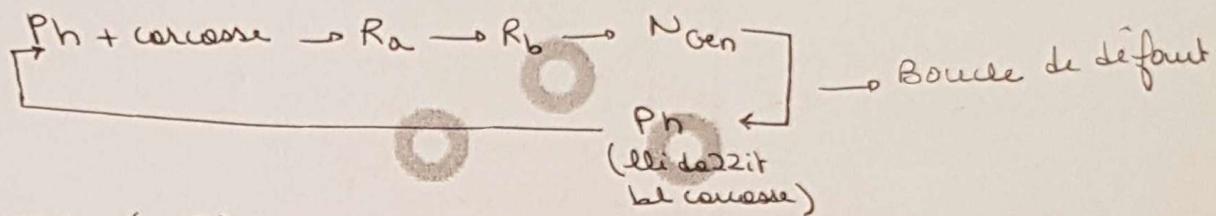
(2)

RégimeII. 1. TT (Quand alimenté en B.T.)

- T T
 - ↓
 - N_{Gen} directement à la terre
 - masse de la charge à terre



- neutre du transfo raccordé à la terre à travers R_b
→ dém² pr la charge avec une résistance R_a
- I_d soit 3 do une boucle → soit n' pas

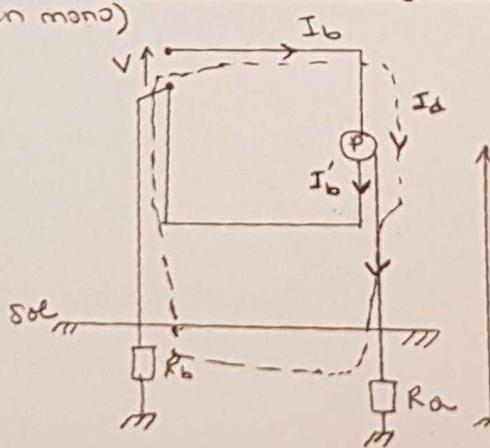


- I_d minime (mA)

- Disj. diff pr le détecteur
- Sécurité des biens ✓✓✓
- pas CEM (compatibilité électromagnétique)

Schéma équivalent en régime TT:

(en mono)



$$V = (R_a + R_b) I_d$$

$$\Rightarrow I_d = \frac{V}{R_a + R_b}$$

plus R_a et $R_b \gg \gg \Rightarrow I_d \ll \ll$

MOUVEMENT DE L'ÉG SOLIDE

Voltage que va subir le plus qui touche le corcesse

= je ne peux pas diminuer trop R_a et $R_b \Rightarrow I_d \gg \gg$ dangereux mais aussi, je ne peux pas augmenter R_a et $R_b \rightarrow I_d \ll \ll$ non détectable par disj. diff

il faut garder I_d de la même valeur pour le disj. diff

Rq p 33

$$U_c = V \frac{R_a}{R_a + R_b}$$

- Pas de continuité → cas à chaque défaut → coupure

⊕ pr les biens et perso.

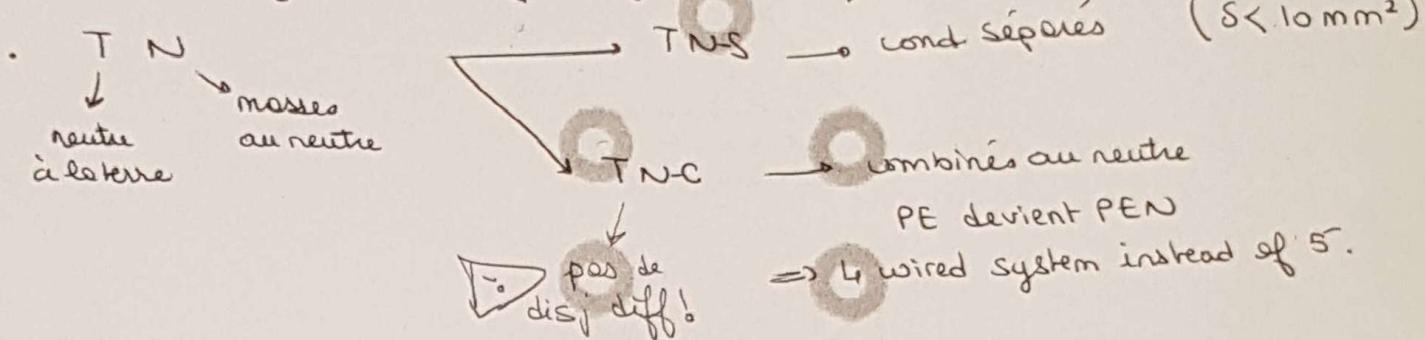
⊖ industrie

$$R_A \leq \frac{U_L}{I_{Dn}}$$

$\frac{I_d}{2}$ → biballish yekk.

• donc disj. diff car $I_d < I_m$ et $< I_c$
→ disj 3e de non déclench

II.2. Régime TN (transfo chez moi)



Interdit TNS au début!

Cas de TNS je peut mettre un disj. diff

waze fit totut TNC mn b3do → le disj. diff rat yotab3l neutre

Permis: TNC puis TNS

- Si on a ce (Ph-N) → $I_{cc\ min}$ or $I_{cc\ min} > I_m$

⇒ À chaque défaut → coupure. { Si $I_m > I_{cc\ min}$

→ changer disj. ou long. câble

* TNS

→ protection des biens

→ continuité d'alimentation

→ CEM --- car $I_d > I_m$

→ Protection des pers.

MOVEMENT
SOLIDAIRE
DE
FEDERATION

→ byadmonul radiations 3e eshya
terye

$$I_{cc\ min} = \frac{0,8V}{\sqrt{R_f^2 + X_T^2}}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} R_T = \sum R \\ X_T = \sum X \end{array} \right.$$

ou

- * Pr $S < 120 \text{ mm}^2$ → X nég. devant R

$$\Rightarrow I_{cc\ min} = 0,8 \frac{V}{R_T} \text{ or } R = \ell \frac{l}{S}$$

$$\Rightarrow I_{cc\ min} = \frac{0,8V S_{ph}}{\pi l + m \pi l} \quad m = \frac{S_{ph}}{S_{PE}} \quad \text{et } R_T = R_{PE} + R_{LI}$$

I T

neutre isolé de la terre
mises à la terre

$$I_d = \frac{V}{\Sigma R} \approx \frac{V}{R_{CPI}} = \frac{140}{10^5} = 0,14 \text{ mA} <<$$

- Le régime est utilisé si on veut une continuité d'électricité et s'il ya un personnel qualifié.
- non conseillé car on évite de laisser quelque chose de flottant \Rightarrow on a besoin d'un contrôle permanent d'isolation (CPI)
- Au cas d'un défaut, $I_d <<$ → le CPI déclenche qui il ya un défaut on donne la chance de fixer ce défaut par les personnels avant qu'en autre se produise et déclenche les disj. (vê TNS)
- CEN → selon le régime du 2nd défaut
- Protection des personnes
- briens → Régime du 2nd défaut
- TT VV
- TNS X

I T surtension TT

1^{er} défaut → Pas de danger (Ph1+N)

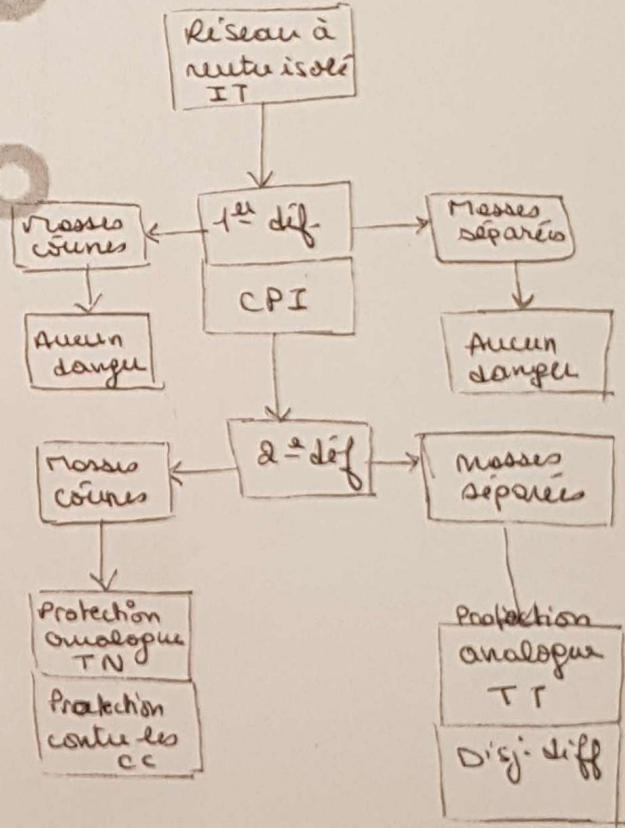
2^{ie} défaut → TN.
(Ph2+N)
 \Rightarrow Ph1/Ph2 !!!

J'ai TNS, où je décide que je veux
IT → je fais éloge
 \Rightarrow transf. BT / BT (isolation polychimique)
pr diviser les 2 syst. de mise à la terre

MOUVEMENT DE L'ESB SOLIDAIRE

Lors d'un CC (méthode conventionnelle)
U chute de 20%.

$$\Rightarrow I_{cc\min} = \frac{0,8V}{Z_t}$$



Les régimes de neutre : comportement en «CEM»

	TT	TN-C	TN-S	IT
Sécurité des personnes	Bien Disjoncteur différentiel obligatoire		Bien Etre vigilants et assurer la continuité du conducteur PE lors d'extension d'installation	
Sécurité des biens	Bien	Mauvais	Mauvais	Bien
Risques d'incendie		Courants très élevés dans le conducteur PEN pouvant être > kA	Protection différentielle 500 mA	Recommandé en sécurité intrinsèque car pas d'arc électrique
Risques pour les matériels		Interdit dans les locaux à risque		
Disponibilité de l'énergie	Bien	Bien	Bien	Très bien
Comportement en «CEM»	<p>Bien</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le PE n'est plus une référence de potentiel unique pour l'installation - Parafoudres à prévoir (distribution aérienne) - Nécessite la gestion des équipements à courants de fuite élevés situés en aval des protections différentielles 	<p>Mauvais</p> <p>Circulation de courants perturbateurs dans les masses</p> <p>Rayonnement de perturbations «CEM» par le PE. A déconseiller si générateur d'harmonique dans l'installation</p>	<p>Très bien</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nécessite la gestion des équipements à courant de fuite élevés situés en aval des protections différentielles - Courants de défaut importants dans le PE (perturbations induites) - 1 seule terre 	<p>Mauvais</p> <p>Incompatibilité avec l'utilisation de filtre de mode commun.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Il peut être nécessaire de fragmenter l'installation pour réduire la longueur des câbles et limiter les courants de fuite. - Schéma TN au 2ème défaut