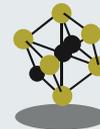
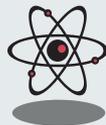
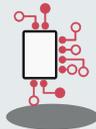
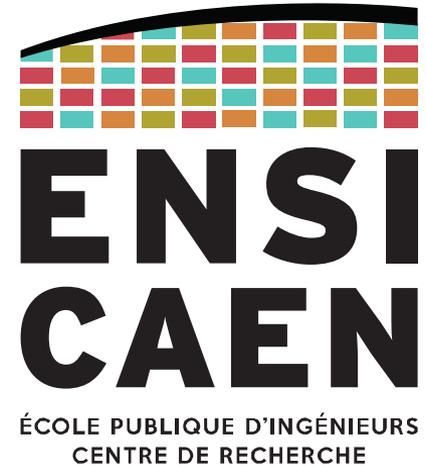


Chapitre 9

Protection contre les courts-circuits



Un court-circuit correspond à une **liaison accidentelle** entre au moins **deux points de potentiels différents**.

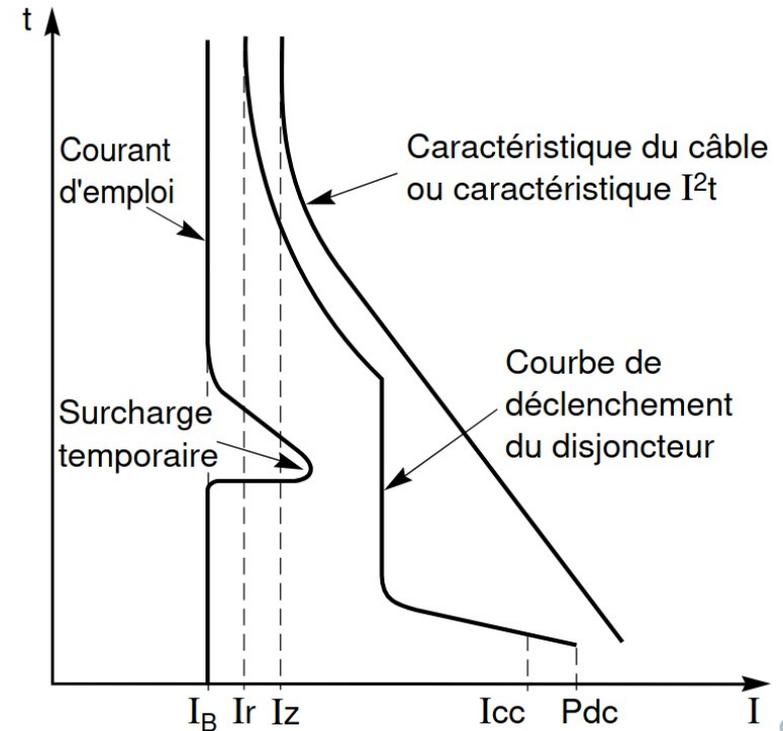
Le court-circuit peut être d'origine mécanique (coup de pelle, branche, ...), électrique (dégradation d'isolant, surtension, ...) ou humaine (erreur de l'exploitant ...).



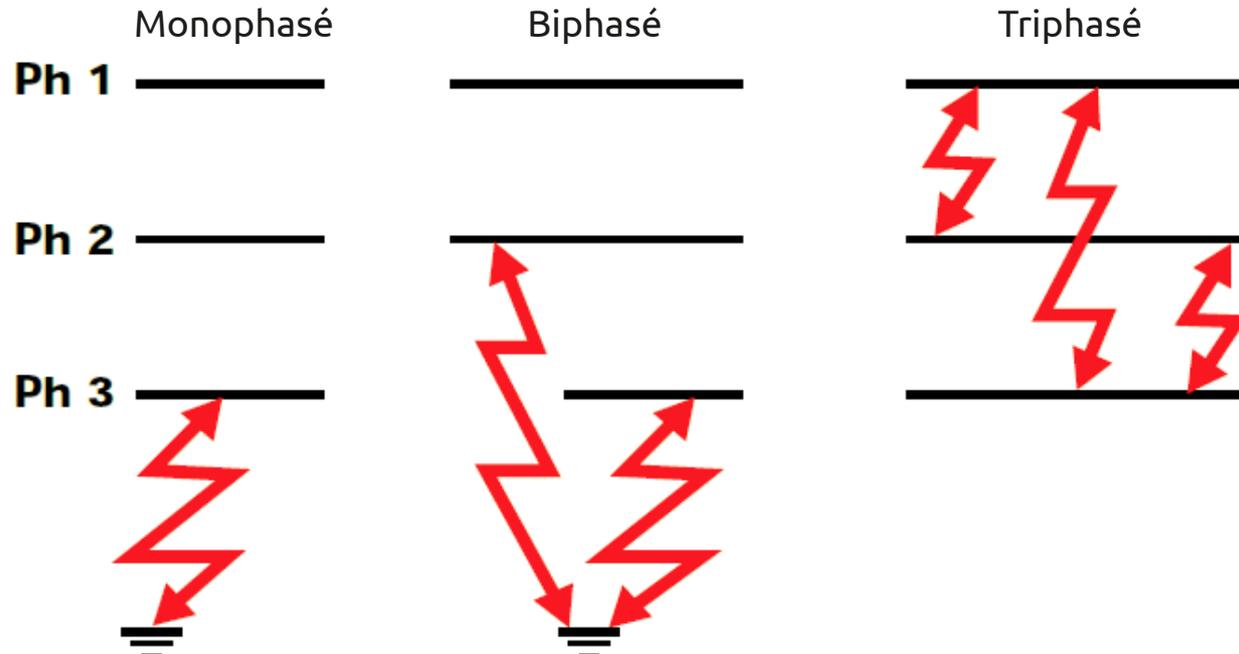
La protection contre les court-circuits se fait par fusible ou plus souvent par un disjoncteur, tous deux ayant une **courbe de déclenchement temps-courant**.

L'appareil de protection doit empêcher le courant d'atteindre la zone critique désignée par une courbe hyperbolique temps-courant.

Le courant de court-circuit permet de déterminer le **pouvoir de coupure** des appareils de protection, c'est à dire la **valeur maximale du courant qu'un appareil peut assurément couper**.



Un court-circuit peut être monophasé (80 % des cas), biphasé (15%) ou triphasé (5%).
Certains défauts peuvent évoluer : monophasé vers biphasé, biphasé vers triphasé, ...
Le type de court-circuit est imprévisible et les conséquences différentes.



Court-circuit triphasé

Dans un court-circuit triphasé, les trois phases sont reliées entre elles.
Le potentiel de court-circuit est un neutre artificiel.

Court-circuit triphasé

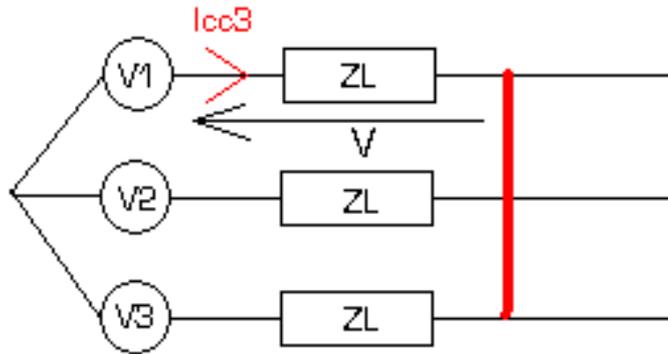
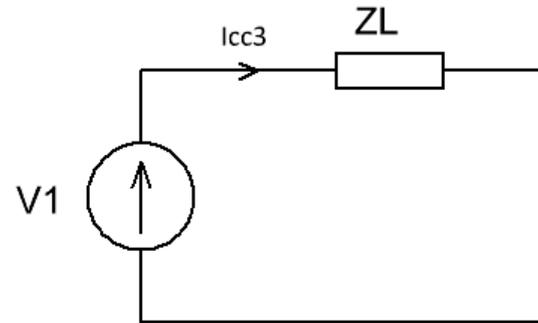


Schéma équivalent



$$I_{CC,3} =$$

Court-circuit biphasé

Le court-circuit biphasé correspond à la liaison de deux phases quelconques entre elles. Il n'y a qu'une seule boucle du circuit qui est court-circuitée.

Court-circuit biphasé

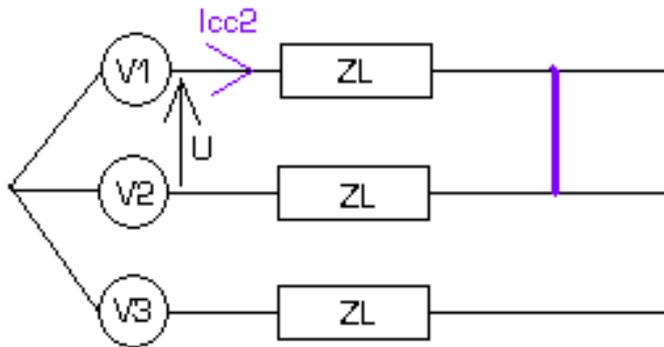
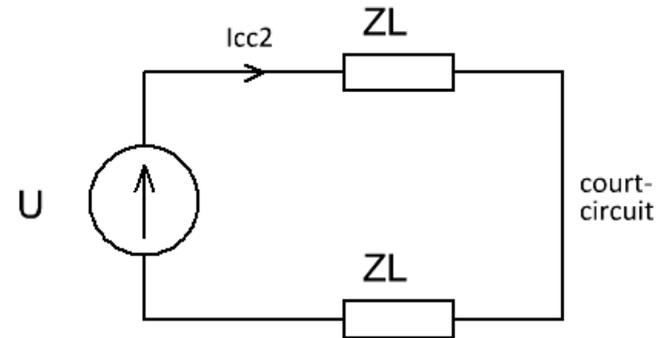


Schéma équivalent



$$I_{CC,2} =$$

Court-circuit monophasé

Le court-circuit monophasé correspond à une phase quelconque reliée à la terre.
La terre et le neutre du réseau sont souvent au même potentiel.

Court-circuit monophasé

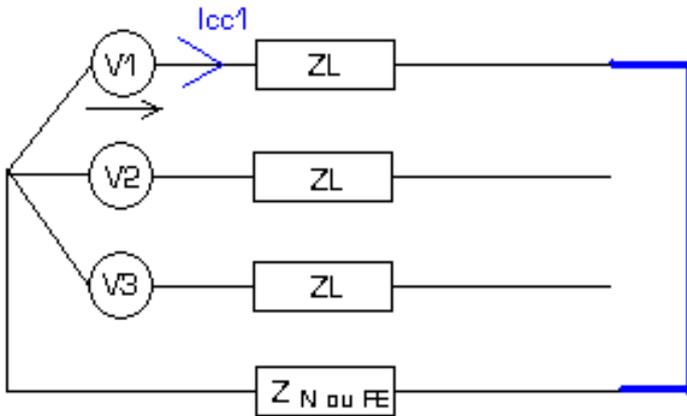
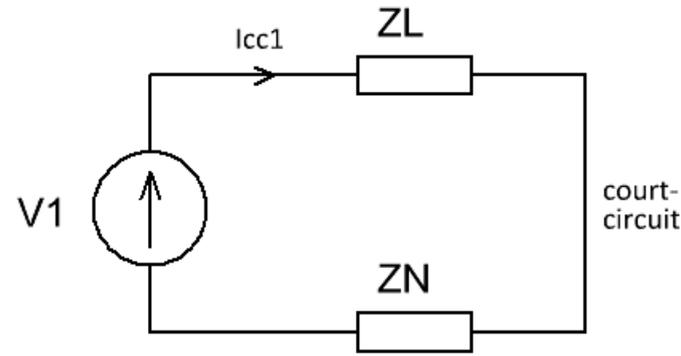


Schéma équivalent



$$I_{CC,1} =$$

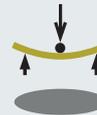
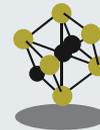
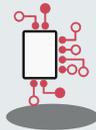
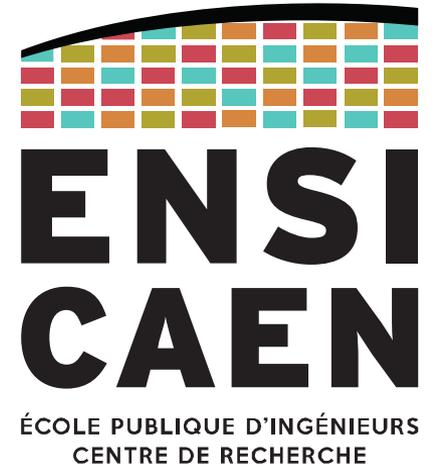
Le courant de court-circuit est donc le plus fort dans le cas d'un court-circuit triphasé !

Le courant de court-circuit $I_{CC,3}$ étant le plus intense et donc le plus difficile à couper, c'est sa valeur qui est utilisée pour dimensionner les éléments de protection.

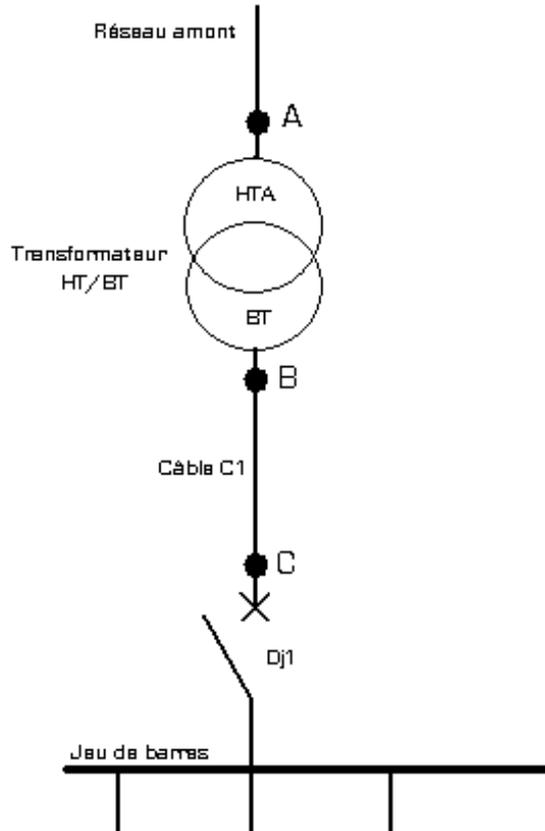
Attention toutefois :

Un calcul complet doit être réalisé afin de vérifier que les organes de protection se déclenchent également pour des courants de court-circuits $I_{CC,1}$ et $I_{CC,2}$, qui restent des courants également néfastes pour l'installation électrique !

CALCUL DU COURANT DE COURT-CIRCUIT



Emplacement du court-circuit



Pour un court-circuit côté BT :

Au point B, le courant $I_{CC,B}$ est limité par l'impédance interne du transformateur et celle du réseau amont ramenées au secondaire du transformateur.

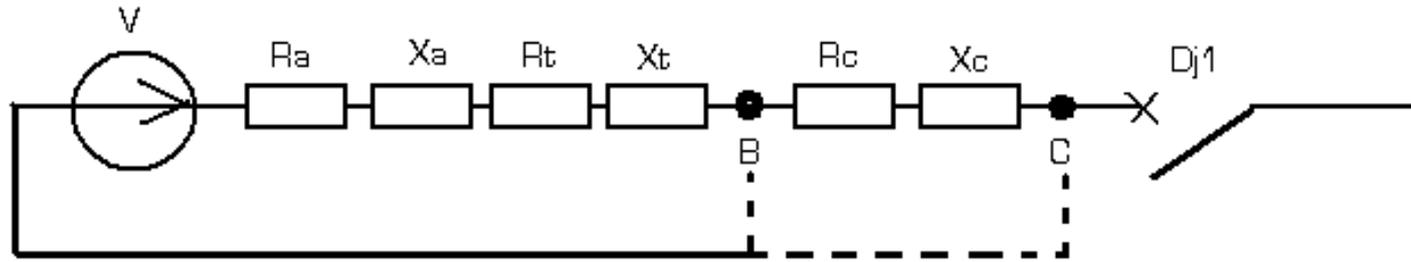
Au point C, Le courant $I_{CC,C}$ est limité par l'impédance interne du transformateur et celle du réseau amont ramenées au secondaire du transformateur et celle du câble C1.

Conclusion : $I_{CC,B} > I_{CC,C}$

Plus le court-circuit est situé proche de la source d'énergie, plus il est élevé (et dangereux).

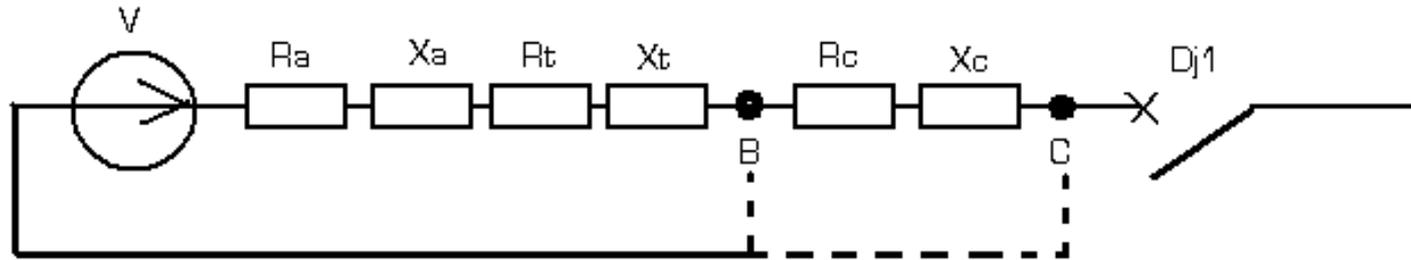
Schéma équivalent

Schéma équivalent pour une phase :



- V Tension simple au secondaire du transformateur
- R_a Résistance du réseau amont ramenée au secondaire
- X_a Réactance du réseau amont ramenée au secondaire
- R_t Résistance du transformateur ramenée au secondaire
- X_t Réactance du transformateur ramenée au secondaire
- R_c Résistance d'une phase du câble C1
- X_c Réactance d'une phase du câble C1

Schéma équivalent pour une phase :



Court-circuit en B : $I_{CC,B} = \frac{V}{Z_B}$ avec $Z_B =$

Court-circuit en C : $I_{CC,C} = \frac{V}{Z_C}$ avec $Z_C =$

Le pouvoir de coupure de Dj1 doit être supérieur à $I_{CC,C}$.

Le courant $I_{CC,B}$ sera éliminé par les protections en amont du transformateur.

Impédance du réseau amont

Le réseau amont est caractérisé par sa puissance de court-circuit S_{CC} .

L'impédance Z_a du réseau HT ramenée au secondaire du transformateur peut être obtenue auprès du fournisseur d'énergie ou par calcul à partir de S_{CC} .

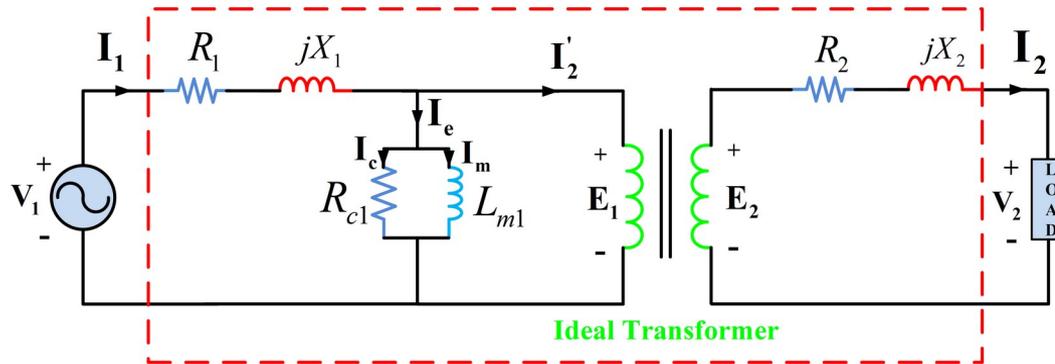
$$Z_a = \frac{U_{sec}^2}{S_{CC}}$$

La résistance R_a et la réactance X_a se déduisent à partir de R_a/Z_a en HT par :

1. $R_a / Z_a \approx 0,3$ en 6 kV
2. $R_a / Z_a \approx 0,2$ en 20 kV
3. $R_a / Z_a \approx 0,1$ en 150 kV

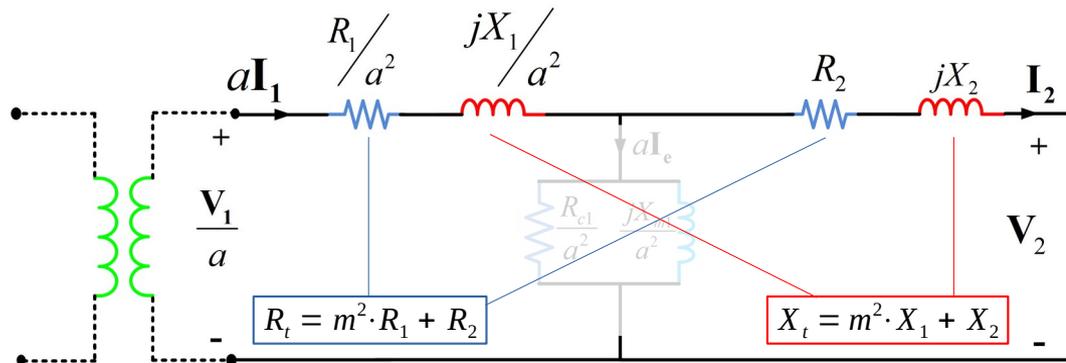
} sachant que : $X_a = \sqrt{Z_a^2 - R_a^2}$

Tuto : ramener l'impédance du transformateur au secondaire



Il n'est pas aisé d'étudier le modèle de base du transformateur (fig. en haut).

Il est plus simple de ramener toutes les impédances du même côté du transformateur (fig. en bas) pour ensuite n'étudier qu'un côté du transformateur.



Pour passer une impédance du primaire au secondaire, on la multiplie par le carré du rapport de transformation m (ici $m = 1/a$).

Rappel : $m = N_2/N_1 = U_2/U_1$

De plus, l'hypothèse de Kapp permet de négliger R_{c1} et L_{m1} (impédance magnétisante considérée trop élevée, c'est-à-dire que $I_e \ll I_1$).

Impédance du transformateur

Déterminons l'impédance totale du transformateur ramenée au secondaire.

Nous avons besoin de connaître les caractéristiques du transformateur :

- Sa tension nominale au secondaire U_2
- Sa tension de court-circuit U_{cc} (en %)
- Sa puissance apparente nominale S_n
- Ses pertes cuivre P_{cu}

$$\rightarrow S_n = U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2$$

Tension de court circuit : tension qu'il faut appliquer au primaire pour que le secondaire soit parcouru par l'intensité nominale I_2 , les bornes du secondaire étant court-circuitées. On la note U_{cc} et elle est exprimée en %.

Puissance du transformateur HTA/BT(en kVA)	≤ 630	800	1000	1250	1600	2000
Tension de court-circuit u_{cc} (en %)	4	4,5	5	5,5	6	7

Fig. 13 : tension de court-circuit u_{cc} normalisée pour les transformateurs HTA / BT de distribution publique.

Impédance du transformateur

Déterminons l'impédance totale du transformateur ramenée au secondaire.

En imposant $U_1 \times U_{cc}/100$ au primaire, on obtient $U_2 \times U_{cc}/100$ au secondaire. On retrouve facilement :

$$U_2 \times \frac{U_{cc}}{100} = I_2 \cdot Z_t \quad \rightarrow$$

On peut obtenir la résistance du transformateur ramenée au secondaire à partir des pertes cuivre :

$$P_{Cu} = R_t \cdot I_2^2 \quad \rightarrow$$

Et enfin déterminer la réactance du transformateur ramenée au secondaire à partir des valeurs précédentes :

$$X_t = \sqrt{Z_t^2 - R_t^2}$$

Impédance de la ligne

Il reste à déterminer l'impédance du câble

La résistance du câble dépend de sa géométrie et du matériau utilisé :

$$R_c = \rho \frac{L}{S}$$

La résistivité sera fixée à $\rho_{Cu} = 22,5 \text{ m}\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ et $\rho_{Al} = 36,0 \text{ m}\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$.

Il s'agit d'une valeur pondérée par un coefficient 1,25 des valeurs de résistivité à 20 °C (respectivement 18 et 29 $\text{m}\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$).

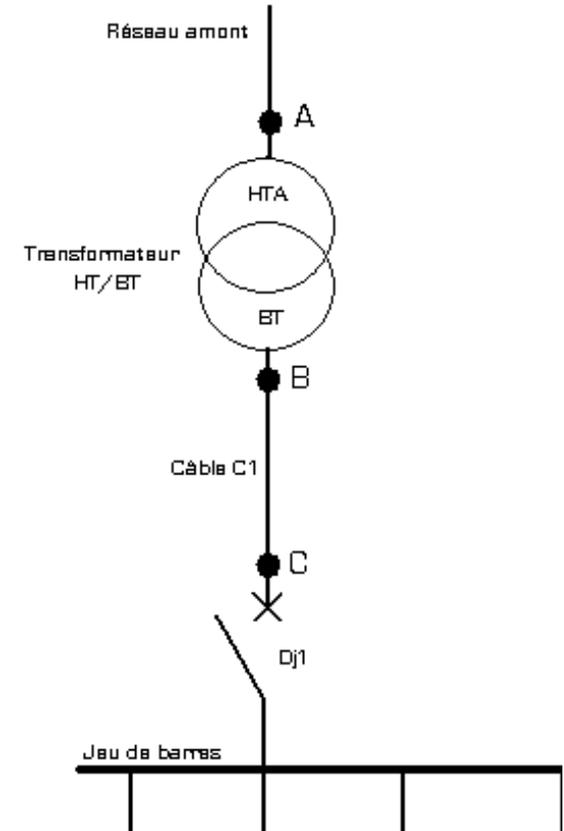
La réactance linéique dépend du mode de pose des câbles :

Mode de pose	Jeux de barres	Câble triphasé	Câbles unipolaires espacés	Câbles unipolaires serrés en triangle	3 câbles en nappe serrée
Schéma					
Réactance linéique valeurs moyenne (en $\text{m}\Omega/\text{m}$)	0,15	0,08	0,15	0,085	0,095

A.N. : Caractéristiques de l'installation

- Réseau amont
 - $S_{cc} = 500$ MVA
- Transformateur
 - $U_1 = 20$ kV / $U_2 = 410$ V
 - $S_n = 400$ kVA
 - $P_{cu} = 5$ kW
- Câble C1
 - 3 phases x 150 mm²
 - Longueur 30 m

Calculer les courants de court-circuits $I_{CC,B}$ et $I_{CC,C}$ respectivement aux points B et C.



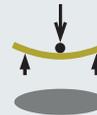
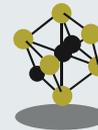
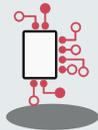
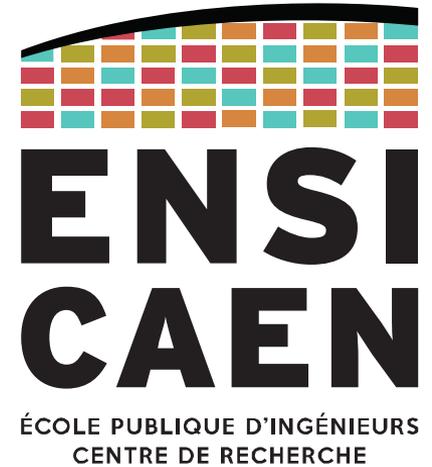
CALCUL DU COURANT DE COURT-CIRCUIT

Application numérique

CALCUL DU COURANT DE COURT-CIRCUIT

Application numérique

SECTION DES CÂBLES



À l'installation des câbles, il faut s'assurer que ceux-ci supporteront le courant qui y circulera. En effet un conducteur parcouru par un courant électrique s'échauffe selon la loi de Joule :

$$W = R \cdot I^2 \cdot t$$

Cette énergie électrique se transforme en chaleur et se dissipe dans le milieu ambiant par convection et conduction, jusqu'à ce que l'équilibre thermique soit atteint.

Sachant que l'intensité du courant est fixée par le consommateur, on voit clairement l'intérêt de jouer sur la section (et *in fine* la résistance) du conducteur pour réduire la puissance dissipée par effet Joule :

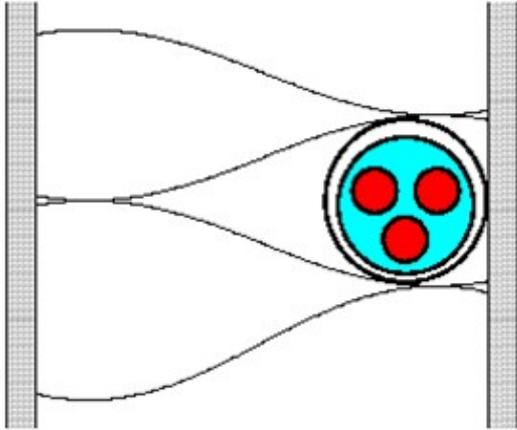
$$R = \rho \frac{L}{S}$$

ρ : Résistivité du matériau
 L : longueur du conducteur
 S : Section du conducteur

Pour déterminer la section des conducteurs, plusieurs paramètres sont pris en compte :

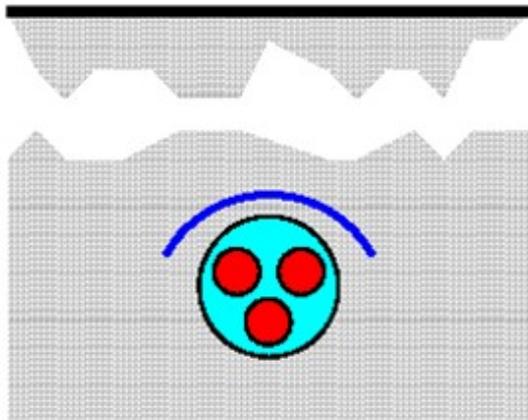
1. Le mode de pose
2. La température ambiante
3. La nature de l'isolant
4. La nature de l'âme
5. L'influence mutuelle des conducteurs côte à côte
6. L'influence du type de conducteur : isolé, câble mono- ou multi-conducteur

Conditions influentes : mode de pose



Câbles multi-conducteurs **encastrés dans des parois thermiquement isolantes** :

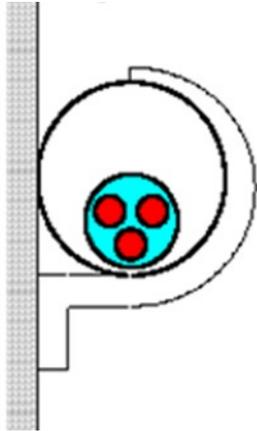
- Isolant : PR2 (2 conducteurs actifs)
- $T_{\text{amb}} = 30\text{ °C}$
- **Section = 2,5 mm²**
- $I = 20\text{ A}$



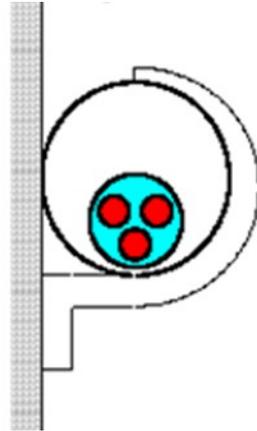
Câbles multi-conducteurs **enterrés avec protection mécanique supplémentaire** :

- Isolant : PR2 (2 conducteurs actifs)
- $T_{\text{amb}} = 30\text{ °C}$
- **Section = 2,5 mm²**
- $I = 20\text{ A}$

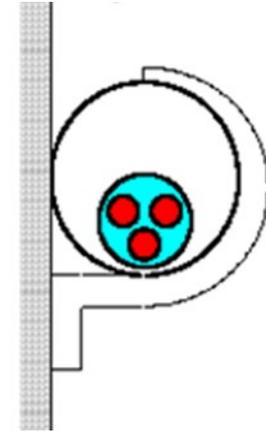
Câbles multi-conducteurs dans des conduits en montage apparent :



- Isolant : PR2
- $T_{amb} = 30\text{ °C}$
- Section = 16 mm^2
- $I = 98\text{ A}$

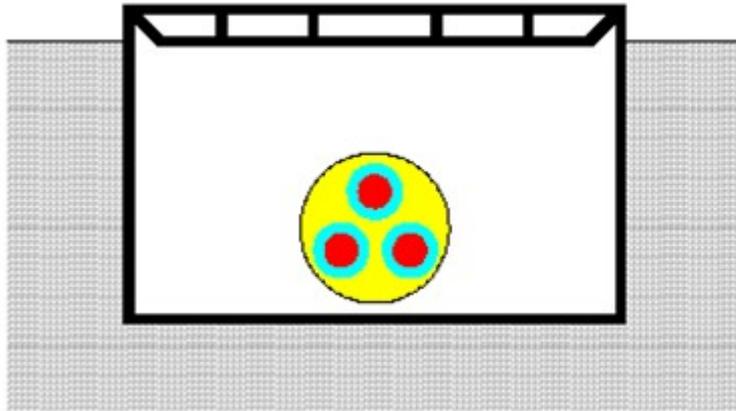


- Isolant : PR2
- $T_{amb} = 40\text{ °C}$
- Section = 25 mm^2
- $I = 98\text{ A}$

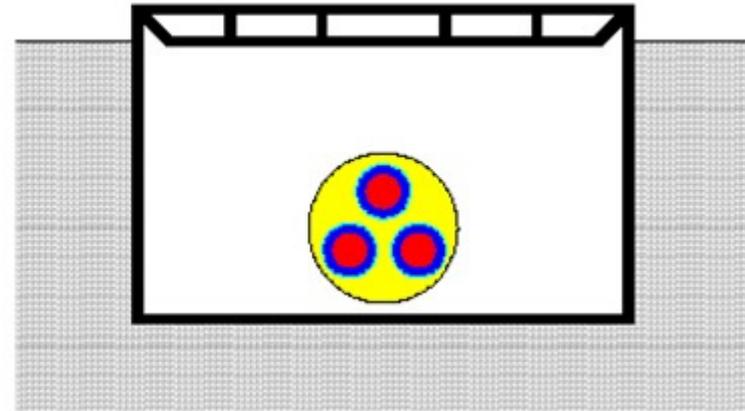


- Isolant : PR2
- $T_{amb} = 50\text{ °C}$
- Section = 35 mm^2
- $I = 98\text{ A}$

Câbles multi-conducteurs dans caniveaux ouverts ou ventilés :



- Isolant : PR3
- $T_{amb} = 30\text{ °C}$
- Section = 50 mm^2
- $I = 150\text{ A}$



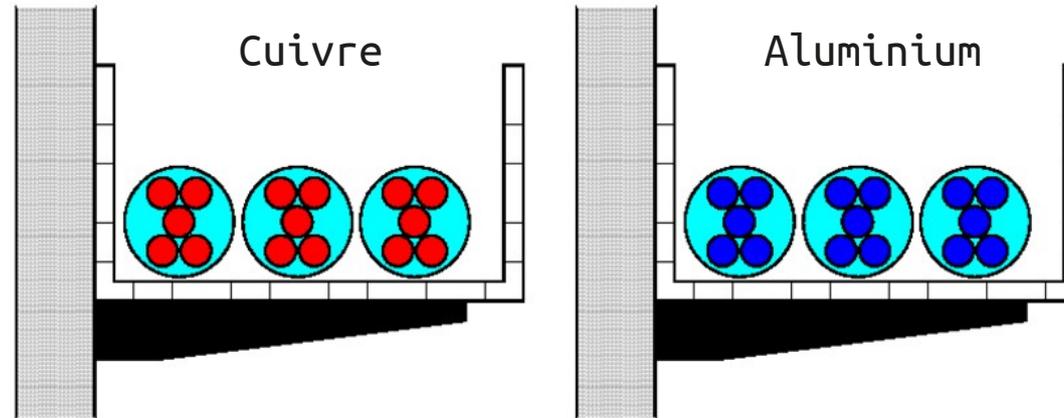
- Isolant : PVC3
- $T_{amb} = 50\text{ °C}$
- Section = 70 mm^2
- $I = 150\text{ A}$

Un isolant est capable de supporter une certaine température maximale de conducteur, en fonctionnement continu.

Au delà, il y a destruction de l'isolant

Type d'isolant	Température max. (°C)
Polychlorure de vinyle (PVC)	70
Polyéthylène réticulé (PR)	90
Ethylène-Propylène (EPR)	90

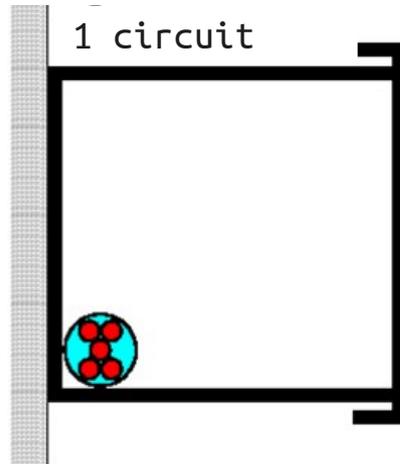
Câbles multi-conducteurs sur des tablettes perforées en chemin horizontal ou vertical :



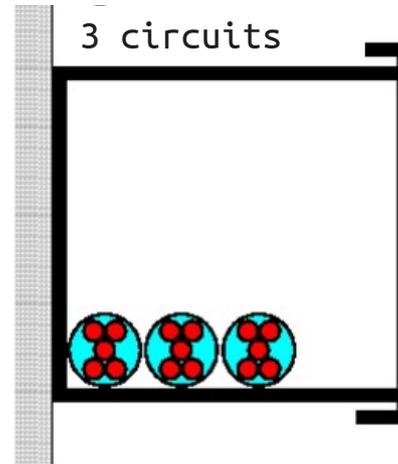
- Isolant : PVC3
- $T_{amb} = 30\text{ °C}$
- Section = 10 mm²
- I = 48 A

- Isolant : PVC3
- $T_{amb} = 50\text{ °C}$
- Section = 16 mm²
- I = 48 A

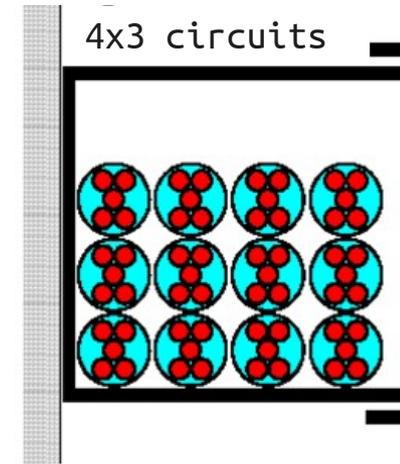
Câbles multi-conducteurs dans des goulottes fixées aux parois en parcours horizontal :



- Isolant : PVC3
- $T_{amb} = 30\text{ °C}$
- Section = 16 mm²
- I = 68 A

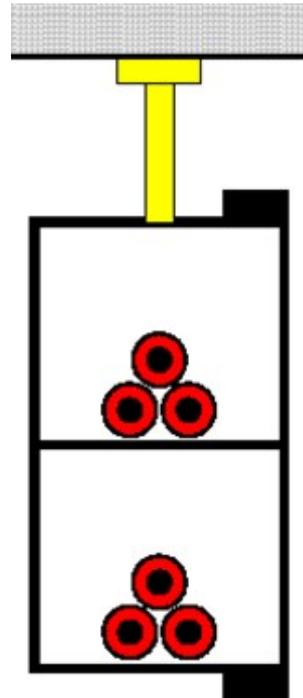


- Isolant : PVC3
- $T_{amb} = 30\text{ °C}$
- Section = 35 mm²
- I = 68 A

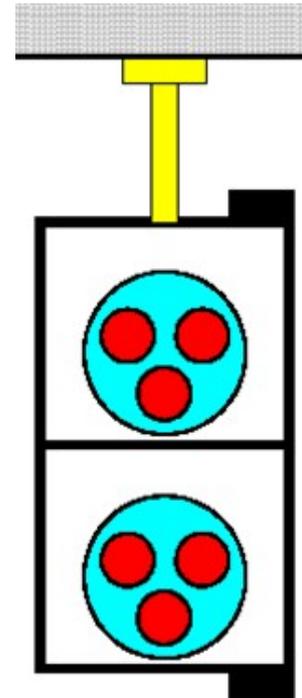


- Isolant : PVC3
- $T_{amb} = 30\text{ °C}$
- Section = 120 mm²
- I = 68 A

Conducteurs ou câbles dans des goulottes suspendues :



- Isolant : PR3
- $T_{amb} = 30\text{ °C}$
- Section = 35 mm^2
- $I = 150\text{ A}$



- Isolant : PR3
- $T_{amb} = 30\text{ °C}$
- Section = 50 mm^2
- $I = 150\text{ A}$

SECTION DES CÂBLES

Choisir la section de câble adaptée

La section d'un conducteur dépend évidemment du **courant nominal** I_N .

À partir de tableaux, on calcule un coefficient $K = K1 \cdot K2 \cdot K3$.

Lettre de sélection

type d'éléments conducteurs	mode de pose	lettre de sélection
conducteurs et câbles multiconducteurs	<ul style="list-style-type: none"> ● sous conduit, profilé ou goulotte, en apparent ou encastré ● sous vide de construction, faux plafond ● sous caniveau, moulures, plinthes, chambranles 	B
	<ul style="list-style-type: none"> ● en apparent contre mur ou plafond ● sur chemin de câbles ou tablettes non perforées 	C
câbles multiconducteurs	<ul style="list-style-type: none"> ● sur échelles, corbeaux, chemin de câbles perforé ● fixés en apparent, espacés de la paroi ● câbles suspendus 	E
câbles monoconducteurs	<ul style="list-style-type: none"> ● sur échelles, corbeaux, chemin de câbles perforé ● fixés en apparent, espacés de la paroi ● câbles suspendus 	F

Facteur de correction K1

lettre de sélection	cas d'installation	K1
B	● câbles dans des produits encastrés directement dans des matériaux thermiquement isolants	0,70
	● conduits encastrés dans des matériaux thermiquement isolants	0,77
	● câbles multiconducteurs	0,90
	● vides de construction et caniveaux	0,95
C	● pose sous plafond	0,95
B, C, E, F	● autres cas	1

Conducteur et influence mutuelle

Facteur de correction K2

lettre de sélection	disposition des câbles jointifs	facteur de correction K2											
		nombre de circuits ou de câbles multiconducteurs											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
B, C, F	encastrés ou noyés dans les parois	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50	0,45	0,40	0,40
C	simple couche sur les murs ou les planchers ou tablettes non perforées	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	Pas de facteur de réduction supplémentaire pour plus de 9 câbles.		
	simple couche au plafond	1,00	0,85	0,76	0,72	0,69	0,67	0,66	0,65	0,64			
E, F	simple couche sur des tablettes horizontales perforées ou sur tablettes verticales	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72			
	simple couche sur des échelles à câbles, corbeaux, etc.	1,00	0,88	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78			

Lorsque les câbles sont disposés en plusieurs couches, appliquer en plus un facteur de correction de :

- 0,80 pour deux couches
- 0,73 pour trois couches
- 0,70 pour quatre ou cinq couches.

Facteur de correction K3

températures ambiantes (°C)	isolation		
	élastomère (caoutchouc)	polychlorure de vinyle (PVC)	polyéthylène réticulé (PR) butyle, éthylène, propylène (EPR)
10	1,29	1,22	1,15
15	1,22	1,17	1,12
20	1,15	1,12	1,08
25	1,07	1,06	1,04
30	1,00	1,00	1,00
35	0,93	0,94	0,96
40	0,82	0,87	0,91
45	0,71	0,79	0,87
50	0,58	0,71	0,82
55	-	0,61	0,76
60	-	0,50	0,71

Mode de pose

Temp. et isolant

Choisir la section de câble adaptée

On calcule alors le
courant fictif $I_F = I_N / K$.

Puis, en fonction de I_F et de l'isolant, on trouve la section minimale (en cuivre ou aluminium) avec le tableau suivant.

NB : dans ce tableau

$$I_N = I_z \quad \text{et} \quad I_F = I'z$$

Détermination de la section minimale

Connaissant $I'z$ et K ($I'z$ est le courant équivalent au courant véhiculé par la canalisation : $I'z = I_z/K$), le tableau ci-après indique la section à retenir.

lettre de sélection	isolant et nombre de conducteurs chargés (3 ou 2)									
	caoutchouc ou PVC				butyle ou PR ou éthylène PR					
B	PVC3	PVC2			PR3		PR2			
C		PVC3			PVC2	PR3	PR2			
E			PVC3		PVC2	PR3	PR2			
F					PVC3	PVC2	PR3	PR2		PR2
section cuivre (mm ²)	1,5	15,5	17,5	18,5	19,5	22	23	24	26	
	2,5	21	24	25	27	30	31	33	36	
	4	28	32	34	36	40	42	45	49	
	6	36	41	43	48	51	54	58	63	
	10	50	57	60	63	70	75	80	86	
	16	68	76	80	85	94	100	107	115	
	25	89	96	101	112	119	127	138	149	161
	35	110	119	126	138	147	158	169	185	200
	50	134	144	153	168	179	192	207	225	242
	70	171	184	196	213	229	246	268	289	310
	95	207	223	238	258	278	298	328	352	377
	120	239	259	276	299	322	346	382	410	437
	150		299	319	344	371	395	441	473	504
	185		341	364	392	424	450	506	542	575
	240		403	430	461	500	538	599	641	679
	300		464	497	530	576	621	693	741	783
	400					656	754	825		940
500					749	868	946		1 083	
630					855	1 005	1 088		1 254	

Les dénominations des câbles électriques suivent différentes normes.



H 05 VK

- H : Harmonisé (CENELEC)
- 05 : 500 V
- V : Nature de l'âme (cuivre souple)
- K : Nature de l'isolant (PVC)

Choisir la section de câble adaptée

Tension assignée	6/10 (12) kV			8,7/15 (17,5) kV			12/20 (24) kV			18/30 (36) kV		
Durée du court-circuit	0,5 s	1 s	2 s	0,5 s	1 s	2 s	0,5 s	1 s	2 s	0,5 s	1 s	2 s
Section du conducteur mm ²												
16	800	650	490	1000	740	560	1200	870	660			
25	900	700	510	1000	750	570	1200	870	660			
35	1000	750	540	1100	800	600	1200	880	660			
50	1100	800	580	1150	840	640	1250	1000	770	1750	1300	990
70	1300	920	700	1350	990	760	1450	1100	820	1750	1300	1000
95	1350	1000	750	1450	1050	820	1550	1150	880	2050	1550	1200
120	1450	1050	800	1500	1150	860	1650	1200	930	2150	1650	1230
150	1550	1100	840	1600	1200	910	1700	1300	1000	2250	1700	1300
185	1650	1150	900	1700	1250	970	2000	1500	1200	2350	1800	1400
240	1800	1450	1100	2000	1550	1200	2150	1650	1250	2650	2050	1600
300	2000	1550	1200	2150	1650	1300	2300	1750	1350	2800	2150	1700
400	2300	1750	1400	2600	2000	1550	2650	2050	1600	3000	2300	1800
500	2550	1900	1500	2900	2200	1750	3050	2350	1850	3400	2600	2050
630	2750	2050	1550	3000	2300	1800	3150	2400	1900	3500	2650	2050
800	3000	2250	1700	3300	2500	2000	3450	2600	2100	3700	2800	2200
1000	3300	2400	1800	3500	2700	2100	3650	2800	2200	3950	3000	2400
1200	3550	2550	1900	3700	2850	2200	3850	2950	2300	4200	3200	2550
1400	3650	2750	2000	3900	3000	2350	4050	3100	2450	4350	3350	2650
1600	3750	2850	2100	4000	3100	2400	4150	3200	2500	4500	3400	2700

La section du câble ne dépend pas seulement du courant nominal I_N , mais aussi du **courant de court-circuit** I_{CC} (courant max admissible).

Pour éviter d'atteindre des valeurs de températures dangereuse, un élément de coupure placé en amont doit réagir en une limite de temps imposée :

$$\sqrt{t} = \frac{k \cdot S}{I_{CC}}$$

S = section en mm²

K = 115 pour le cuivre

K = 74 pour l'aluminium

Ex:

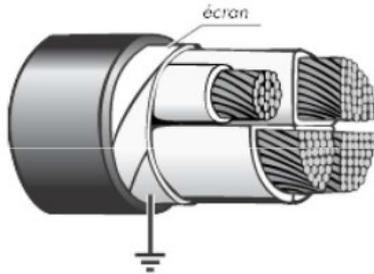
Déduire du tableau la section pour un réseau

U = 10 kV ; $I_{CC} = 1000$ A ; t = 0,5 s.

SECTION DES CÂBLES

Choisir la section de câble adaptée

Les câbles utilisés par Enedis sont imposés par les normes françaises.



En réseau BT aérien

Jusqu'à :

3 Ph x 150 mm²

1 N x 70 mm²

Pour 344 A admissible



En réseau BT souterrain

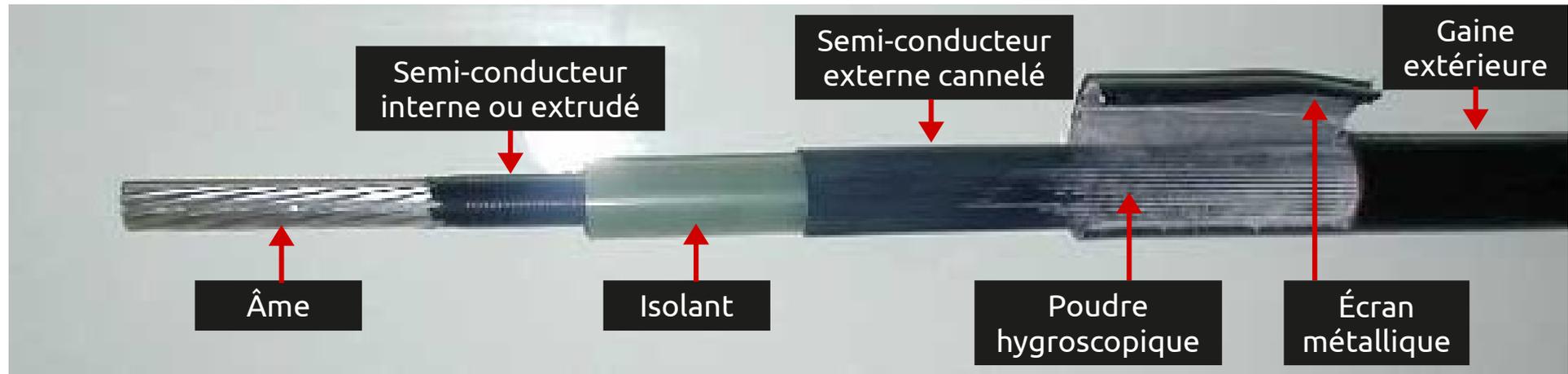
Jusqu'à :

3 Ph x 240 mm²

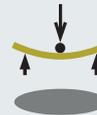
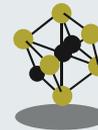
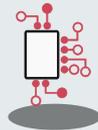
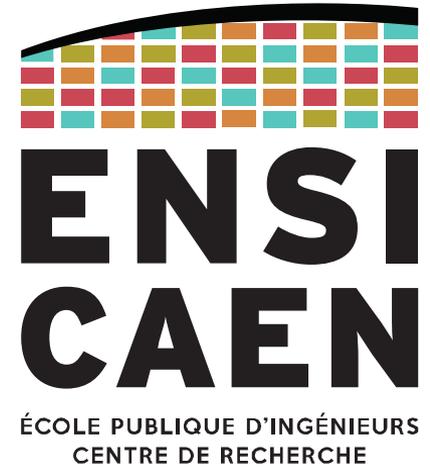
1 N x 115 mm²

Pour 415 A admissible

Notons la complexité de fabrication des câbles, notamment pour du HTA souterrain.



COUPER LE COURT-CIRCUIT



Type	Causes	Élimination	Fréquence
<i>Auto extincteurs</i>		Automatique (quelques ms : trop court pour déclencher la protection)	5%
<i>Fugitifs</i>	Amorçage d'un arc	Disparaît après une coupure de l'ordre de 300 ms	70 à 80%
<i>Semi permanents</i>	Branche, surtension	Disparaît après une coupure de quelques secondes	5 à 15%
<i>Permanents</i>	Accident	Nécessite une intervention sur site après coupure	5 à 15 %

Les lignes aériennes HTA sont essentiellement touchées par les défauts non permanents, ce qui ne dégrade que très peu la continuité de service.

Défaut auto extincteur

Si le défaut dure plus de 100 ms, la protection doit réagir

Fugitif

La durée de mise hors tension est d'environ 300 ms pour permettre l'extinction de l'arc qui a pu se former.

Défaut semi-permanent

Si le défaut réapparaît à la remise sous tension, l'automatisme réagit de la manière suivante :

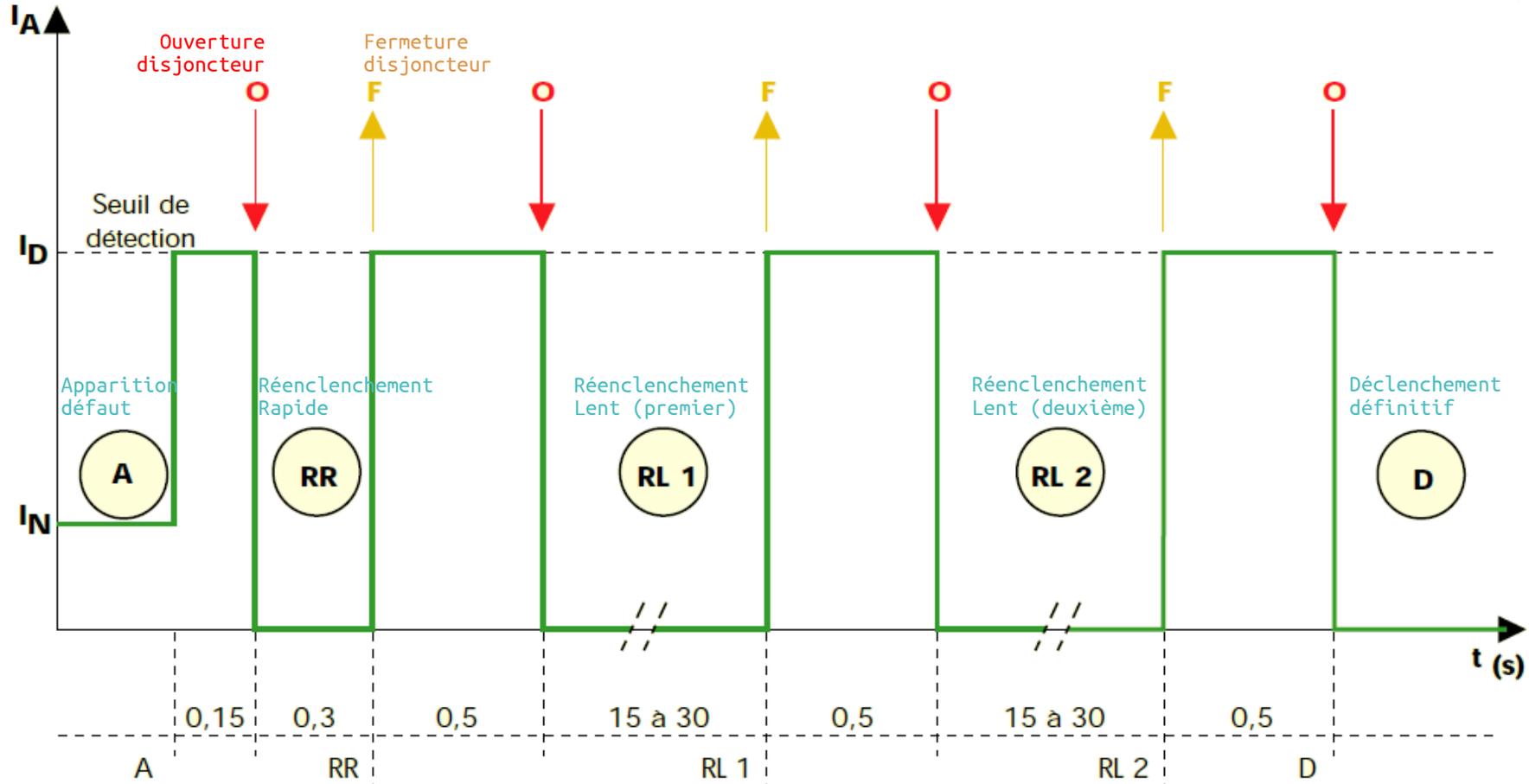
1. un deuxième déclenchement a lieu 0,5 s environ après la réapparition
2. la coupure a alors une durée de 15 à 30 s, ce cycle peut être répété

Défaut permanent

Si le défaut persiste encore, le disjoncteur déclenche définitivement. La ligne reste alors hors tension jusqu'à la fin de l'intervention nécessaire (recherche de défaut, visite de ligne, dépannage).

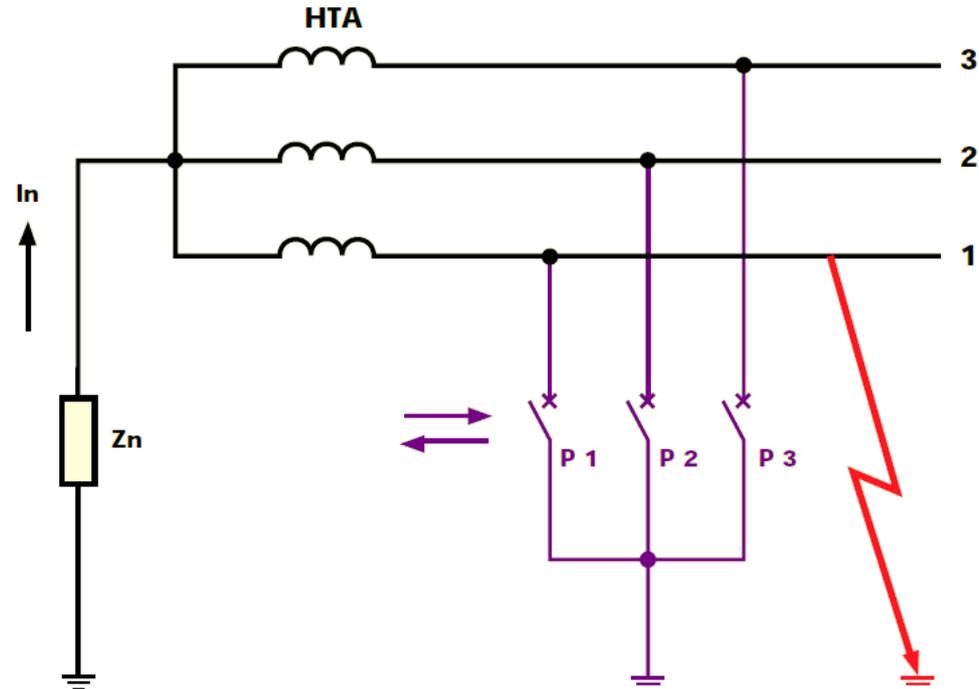
COUPER LE COURT-CIRCUIT

Cycle de ré-enclenchement du disjoncteur



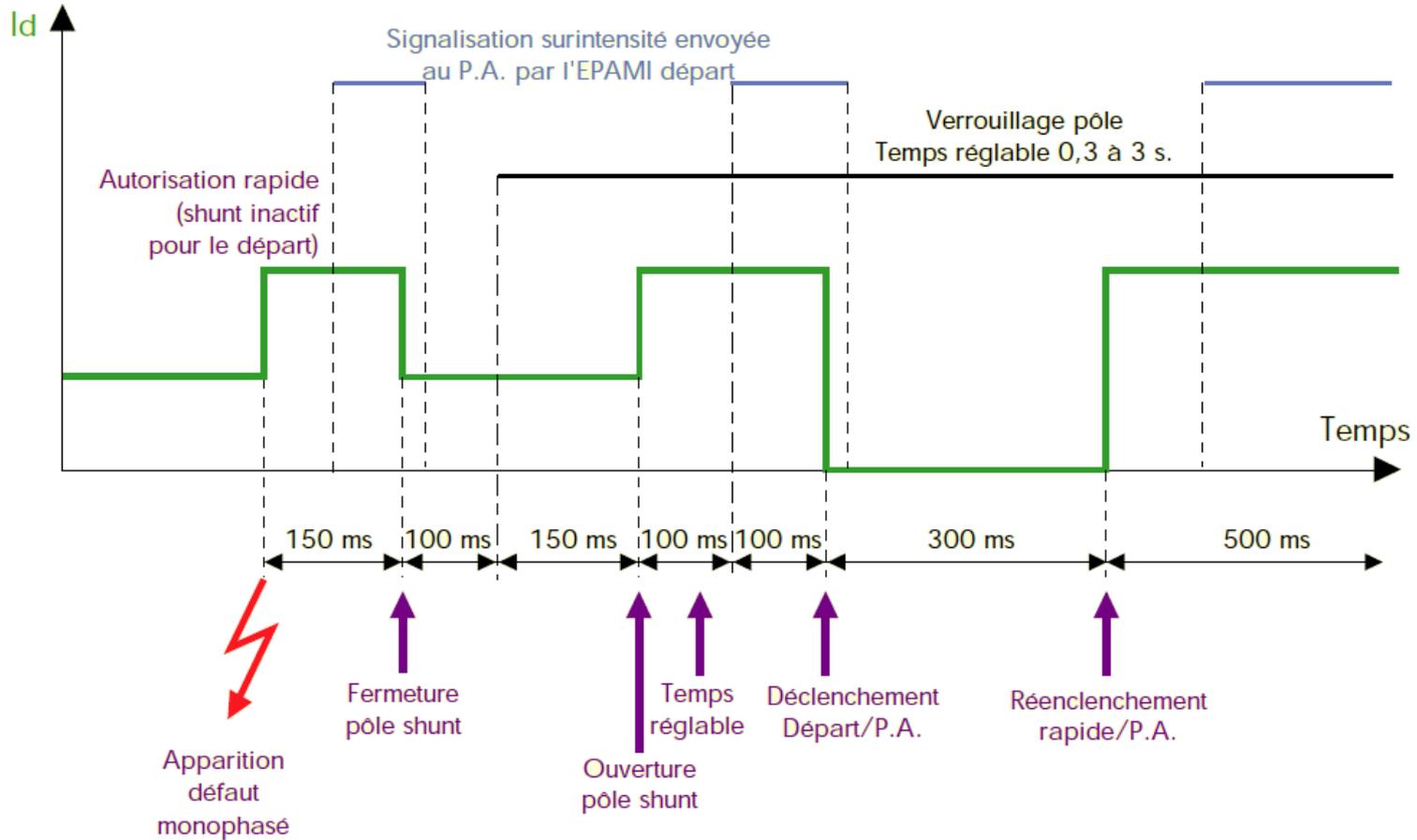
Le fonctionnement de l'automatisme ré-enclencheur lent présente l'inconvénient de provoquer des coupures sur le réseau. Le disjoncteur shunt permet d'éviter ces coupures, pour environ 80 % des défauts monophasés fugitifs.

Chaque phase peut être mise à la terre par un disjoncteur fonctionnant à pôles séparés, ce qui permet d'éteindre l'arc en le court-circuitant.



COUPER LE COURT-CIRCUIT

Cycle du disjoncteur shunt



Vidéo complète (20 min) – Monsieur Bidouille

À l'intérieur d'un des plus gros laboratoires haute tension d'Europe - d'EDF lab

Test disjoncteur (4:59 à 5:35)

<https://www.youtube.com/watch?v=QnEIZgFFYmQ&t=299s>

Test de câble en court-circuit (6:25 à 6:32)

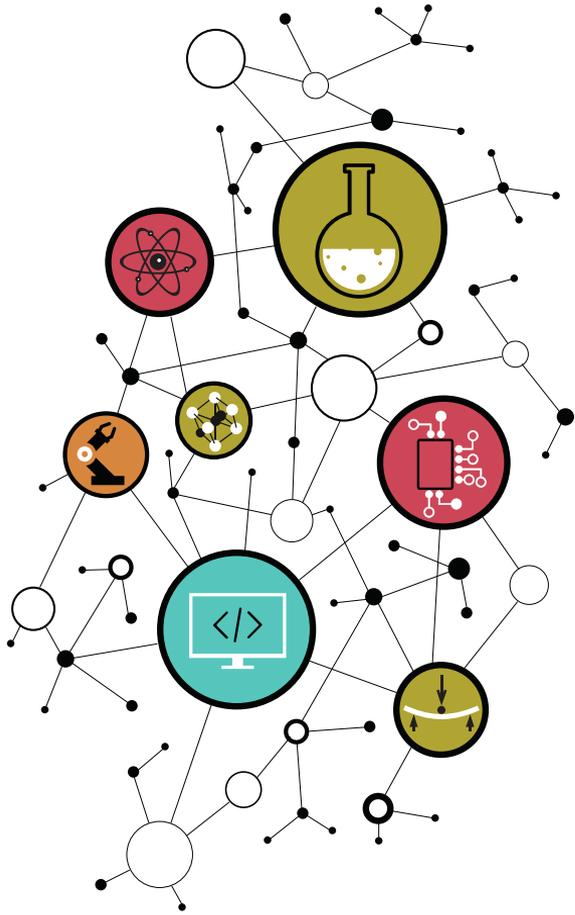
<https://www.youtube.com/watch?v=QnEIZgFFYmQ&t=385s>

Déformation de câbles sous fort courant (6:52 à 7:48)

<https://www.youtube.com/watch?v=QnEIZgFFYmQ&t=412s>



CONTACT



Dimitri Boudier – PRAG ENSICAEN

dimitri.boudier@ensicaen.fr

Avec l'aide précieuse de :

- Ahmed Aouchar (ex-PRAG ENSICAEN)



Except where otherwise noted, this work is licensed under
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>