

I. Protection des personnes : Régimes de neutre

1. Nécessité de la liaison à la terre

L'énergie électrique demeure dangereuse et la majorité des accidents est due aux défauts d'isolement des récepteurs.

La masse des récepteurs doit donc être reliée à la terre pour assurer une **tension de contact** la plus faible possible. Quelle que soit la cause de ces défauts, ils présentent des risques pour :

- la vie des personnes
- la conservation des biens
- la disponibilité de l'énergie électrique.

Pour la liaison à la terre, plusieurs solutions existent qui se trouvent dans la famille des **Schémas de Liaison à la Terre (SLT)** appelés "**régimes de neutre**"

Tous assurent la sécurité des personnes contre les contacts indirects avec chacun des avantages et des inconvénients en fonction des besoins de l'utilisateur

2. Les trois régimes de neutre.

Chaque régime de neutre est identifié grâce à deux lettres :

La **première lettre** indique la situation du neutre du transformateur par rapport à la terre :

- T : pour neutre raccordé à la terre.
- I : pour neutre isolé de la terre.

La **deuxième lettre** indique la situation des masses du récepteur :

- T : pour masse reliée à la terre.
- N : pour masse reliée au neutre.

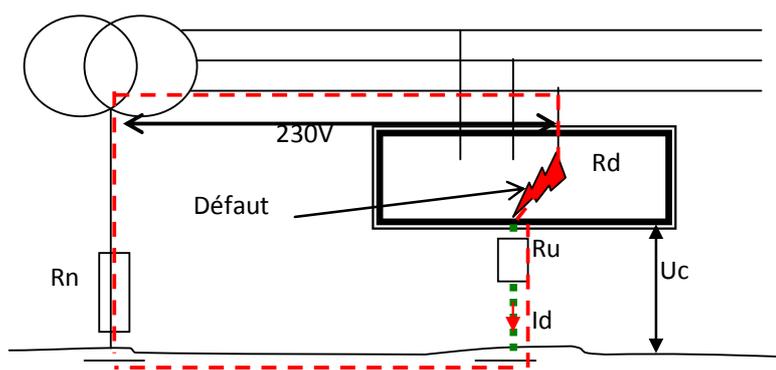
Les 3 régimes
TT
TN
IT

3. Régime TT

3.1. Caractéristiques

- Déclenchement des protections au 1^{er} défaut.
- Le neutre du transformateur d'alimentation est relié à la terre.
- Les masses sont interconnectées et reliées à la terre.

3.2. Schéma



Rd : résistance de défaut. **Rd = 0,1 Ω**

Rn : résistance de prise de terre. **Rn = 10 Ω**

Ru : résistance de prise de terre des masses. **Ru = 10 Ω**

$$I_d = \frac{U}{R_d + R_n + R_u} = \frac{230}{0,1 + 10 + 10} = 11,4 \text{ A}$$

$$U_c = R_u \times I_d = 10 \times 11,4 = 114 \text{ V} \Rightarrow \text{Tension mortelle}$$

3.3. Protection

- Toutes les masses des matériels protégés par un **même** dispositif de protection doivent être **interconnectées** et reliées par un conducteur de protection (PE) à une **même** prise de terre.

• La condition de protection doit satisfaire à la relation suivante : **$R_u \cdot I_{\Delta n} < U_L$**

- $I_{\Delta n}$: Courant de fonctionnement du dispositif de protection ;
- R_u : résistance de la prise de terre des masses ;
- U_L : tension de contact limite : $U_L = 50\text{V}, 25\text{V}$ selon les locaux.

- Dans les schémas TT, on assurera la protection par un dispositif **différentiel à courant résiduel**. Dans ce cas, le courant $I_{\Delta n}$ est égal au courant différentiel résiduel du disjoncteur.

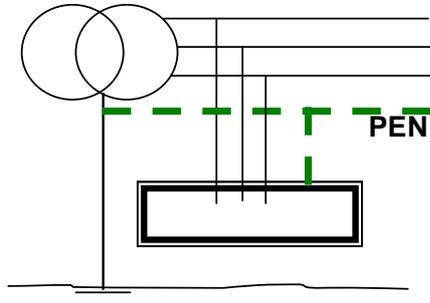
Toute installation **TT** doit être protégée par un dispositif différentiel résiduel placé à l'**origine** de l'installation.

4. Régime TN

Le **neutre** de l'alimentation est **relié à la terre** et les **masses** sont **reliées au neutre**.

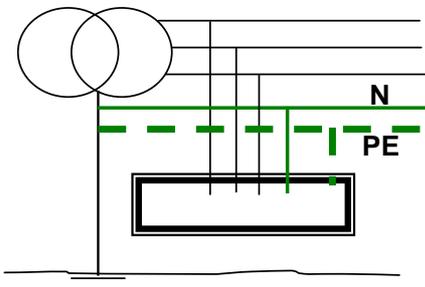
Tout **défaut d'isolement** est transformé en un **défaut entre phase et neutre**. Ce qui se traduit par un **court-circuit phase neutre**.

4.1. Régime TNC



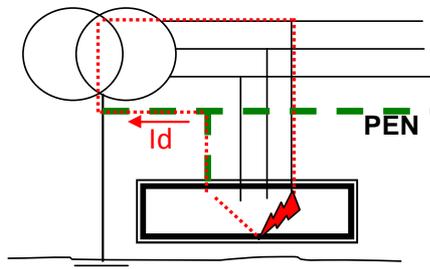
- Le conducteur de protection et le neutre sont **confondus** en un seul conducteur PEN :
- Protection Electrique + Neutre
- Section des conducteurs actifs $\geq 10 \text{ mm}^2$
- On utilise l'appareillage **tripolaire**.

4.2. Régime TNS



- Le conducteur neutre est **séparé** du conducteur de protection électrique PE.
- Utilisation de matériel tétra polaire.
- Dans les deux cas, la protection doit être assurée par coupure au **premier** défaut

4.3. Boucle de Défaut



Les prises de terre du neutre et des masses sont interconnectées.

En cas de défaut, un courant I_d circule dans le conducteur PE ou PEN.

⇒ Court-circuit donc I_d est important.

⇒ Déclenchement des protections.

4.4. Caractéristiques

- déclenchement au premier défaut.
- répartition des prises de terre dans toute l'installation.
- défaut d'isolement phase/masse est transformé en défaut phase/neutre.
- aucune élévation du potentiel des masses.

4.5. Protection

Un défaut d'isolement se traduit par un court-circuit

Le courant de défaut n'est limité que par la résistance des conducteurs :

$$I_d = 0,8V / (R_{ph} + R_{pe})$$

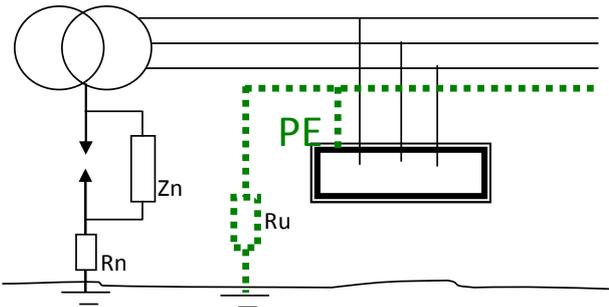
Il faut vérifier que les dispositifs de protection réagissent en un temps **inférieur** à celui imposé par la norme, soit pour un disjoncteur :

$$I_{\text{magnétique}} < 0,8 \cdot V \cdot S_{ph} / \rho \cdot l \cdot (1+m)$$

$$\text{avec } m = S_{ph} / S_{pe}$$

Il faut pour les fusibles **$I_f < I_d$** (courant de fusion du fusible).

5. Régime IT



Le neutre est isolé de la terre, ou relié à la terre par une impédance.

Les masses sont reliées à une prise de terre.

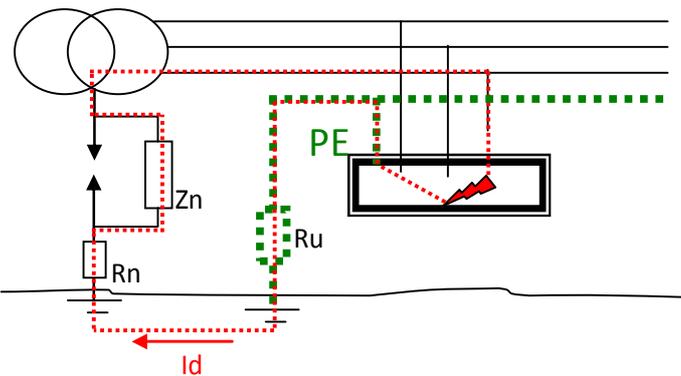
R_u : R de la prise de terre.

R_n : R de la terre du neutre.

Z_n : Impédance d'isolement

5.1. Boucle de Défaut

Premier défaut :



Le premier défaut est inoffensif.

⇒ I_d est très faible.

Exemple de calcul :

$$Z_n = 2200 \Omega$$

$$R_n = 10 \Omega - R_u = 10 \Omega$$

$$I_d = V / Z_{total} = 220 / (2200 + 10 + 10)$$

$$I_d = 0,1 \text{ A}$$

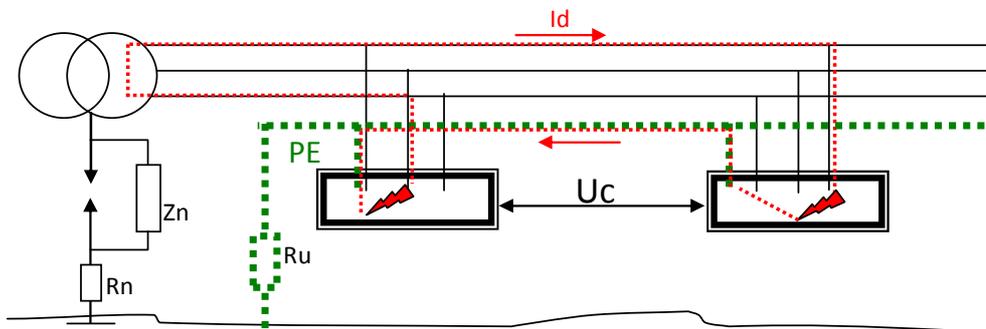
Tension de défaut :

$$U_d = R_u \times I_d$$

$$U_d = 10 \times 0,1 = 1 \text{ V} \Rightarrow \text{Tension non dangereuse}$$

La coupure n'est pas impérative.

Deuxième défaut :



En cas de double défaut, il y a présence d'un fort **courant de court-circuit** (entre phase) et d'une **tension de contact (U_c) dangereuse.**

⇒ **Coupe automatique obligatoire.**

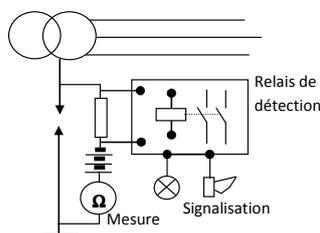
Deux cas se présentent :

- masses séparées : *protection par dispositif différentiel : Régime TT.*
- masses communes : *protection contre les surintensités : Régime TN.*

5.2. Caractéristiques

- le premier défaut doit être signalé par un contrôleur permanent d'isolement (CPI), par un signal sonore ou visuel.
- la coupure est obligatoire au deuxième défaut.
- un personnel de surveillance doit être capable de réparer au 1^{er} défaut.

5.3. Fonctionnement du CPI



Cet appareil contrôle en permanence l'isolement du réseau. Un générateur injecte du courant continu entre le réseau et la terre.

a) Absence de défaut : le courant continu ne circule pas entre le réseau et la terre.

b) Présence de défaut : un faible courant est débité sur le réseau et le relais actionne les alarmes.

Cet appareil signale l'apparition du 1^{er} défaut

II. Protection électrique des matériels :

1. Rôle

Le rôle est d'éviter ou de limiter les conséquences destructrices des surintensités et de séparer la partie défectueuse du reste de l'installation.

Toute protection comporte deux aspects liés ou séparés :

- la détection des surintensités,
- la coupure du circuit.

Il faut distinguer :

2. Les surintensités passagères

Elles surviennent lors du démarrage des moteurs, de la mise sous tension des transformateurs ou de l'allumage des tubes fluorescent, etc. ... Ces surintensités ne doivent pas provoquer le déclenchement des dispositifs de protection.

3. Les surintensités anormales

3.1. Les surcharges

Lorsque le courant prend une valeur supérieure à la valeur nominale, on parle de surcharge, cette faible surintensité est dangereuse si elle persiste car elle provoque un échauffement des conducteurs et des bobinages. Le temps de coupure à imposer sera inversement proportionnel à la valeur de la surcharge. Pour réaliser cette protection, on utilise un relais thermique ou un disjoncteur thermique ou des fusibles.

3.2 Les courts-circuits :

Lorsque le courant prend une valeur très supérieure à la valeur nominale, on parle de court-circuit). Cette forte surintensité doit être instantanément éliminée. Le temps de réaction doit être très court (quelques ms). Pour ce faire, on utilise des fusibles à haut pouvoir de coupure ou un relais magnétique ou un disjoncteur magnétique.

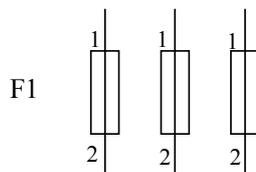
4. Dispositifs de protection

4.1. Fusibles

Fonction

Le fusible sert à protéger contre les surintensités. Il permet également la transmission de l'énergie électrique.

Symbole



Caractéristiques électriques

L'élément fusible est constitué d'un fil métallique dans une enveloppe fermée.

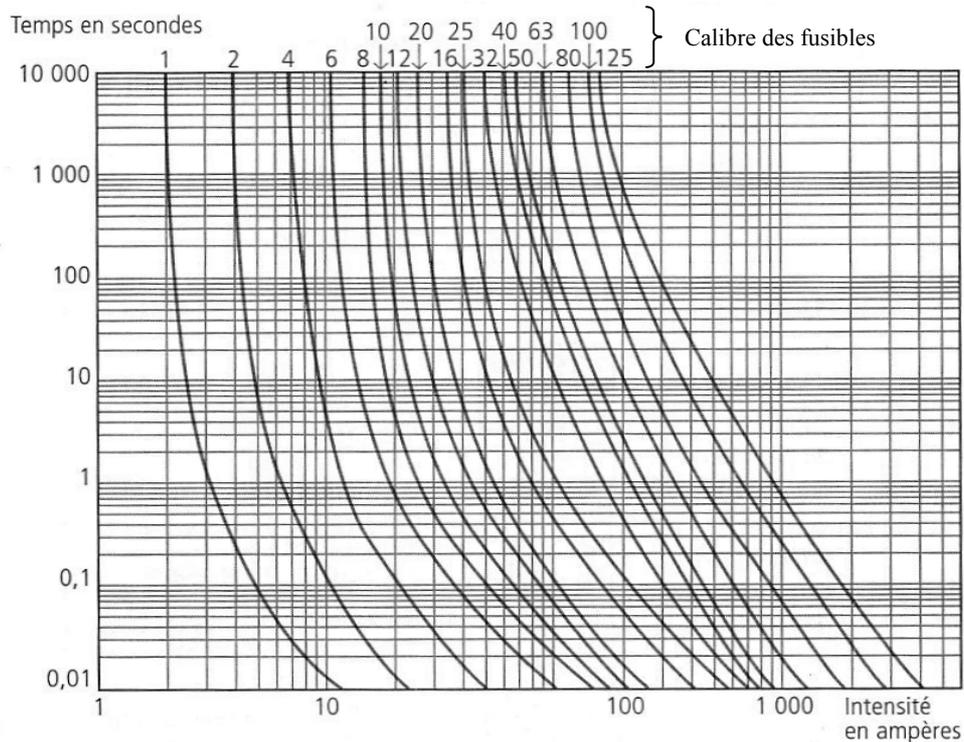
Le fusible fond si le courant qui le traverse dépasse la valeur assignée.

Il existe trois types principaux de fusibles :

- très rapide (**prosistor**) : protection des semi-conducteurs (*protection contre les courts-circuits*),
- standard (type **gG**): usage général, protection câbles et tout type de récepteurs (*protection contre les surcharges et les courts-circuits*),
- lent (type **aM accompagnement Moteur**): démarrage des moteurs, accepte un fort courant de démarrage durant quelques secondes (*protection contre les courts-circuits*).

Courbes de fusion d'une cartouche cylindrique type gG

Elles permettent de déterminer la durée de fonctionnement du fusible en fonction du courant qui le traverse avant sa fusion.



Exercice sur une cartouche gG 8A :

Donner le temps de fonctionnement pour un courant de : 8, 20, 70A (*utiliser les courbes ci-dessous*).

8A $\rightarrow \infty$ s ; 20A $\rightarrow 3$ s ; 70A $\rightarrow 0.045$ s

Choix d'un fusible

On choisit le calibre du fusible égal au courant :

- à pleine charge de l'installation à protéger pour la classe gG.
- nominal du moteur à pleine charge pour la classe aM.

4.2. Disjoncteurs

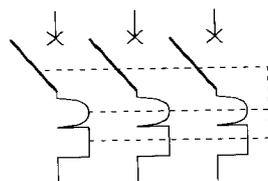
Fonction :

Organe de commande et de protection, les disjoncteurs sont pratiquement tous magnétothermiques, c'est-à-dire composé d'un relais de protection thermique (*protection contre les surcharges moyennes et de longues durées*) et d'un relais de protection magnétique (*protection contre les surcharges importantes et de courtes durées*).

Il possède un « pouvoir de coupure » et agit directement sur le circuit de puissance.

S'il est différentiel, il permet d'ouvrir le circuit en cas de détection d'un courant de défaut.

Symbole :



Caractéristiques électriques

Les normes définissent 5 types de courbes de déclenchement :

	courbe B	courbe C	courbe D	courbe Z	courbe MA
Déclenchement	3 à 5 In	5 à 10 In	10 à 14 In	2.4 à 3.6 In	12.5 In
Utilisation	protection des générateurs, des câbles de grande longueur et des personnes dans les régimes IT et TN	applications courantes	protection des circuits à fort appel de courant	protection des circuits électroniques	protection des départs moteurs

Courbe de déclenchement d'un disjoncteur magnétothermiqueTemps de déclenchement d'un disjoncteur réglé pour un courant nominal I_n :

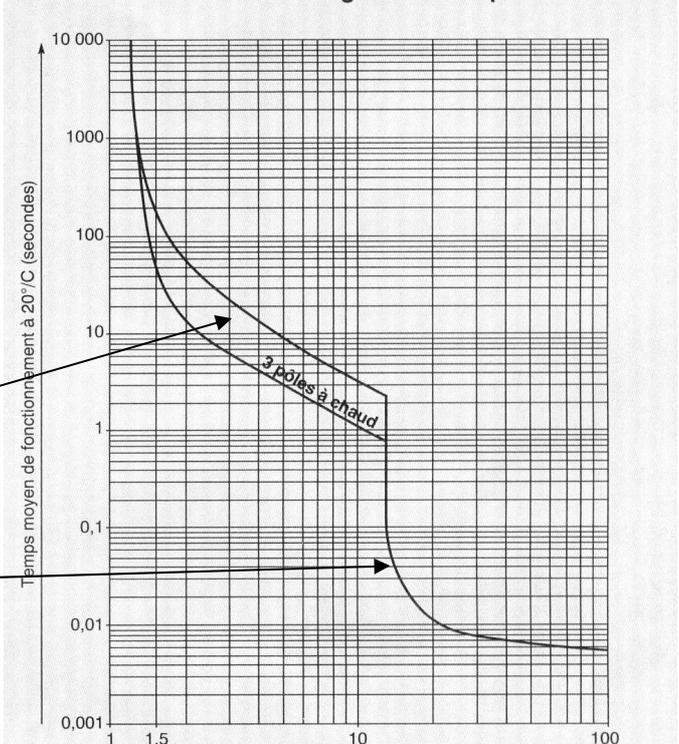
Pour une surcharge de 4 à 5 I_n , le relais déclenchera entre 2 et 8 s.

Pour une surcharge de 20 I_n , le relais déclenchera en 10 ms.

Partie thermique
(Protection contre les surcharges)

Partie magnétique
(Protection contre les courts circuits)

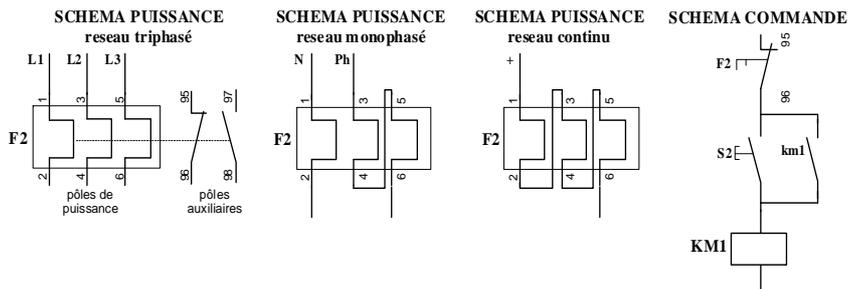
Courbe de déclenchement magnéto-thermique

4.3. Relais thermiqueFonction

Le relais thermique permet de protéger le moteur contre les **surcharges**.

Il ne possède pas de "pouvoir de coupure", il intervient seulement sur le circuit de commande. C'est à dire qu'il donne l'ordre aux contacts auxiliaires qui lui sont associés et qui sont insérés dans le circuit de commande, d'ouvrir celui-ci.

Comme il ne protège pas contre les courants de court-circuit, il doit obligatoirement être accompagné d'un fusible



Symbole

Caractéristiques électriques

Son principe est basé sur l'image thermique du courant. Il agit grâce à des bilames qui se déforment en fonction du courant qui les traversent. Un courant important qui traverse un bilame échauffe celui-ci et vient alors agir sur un contact. Le relais protège les moteurs contre :

- les surcharges (augmentation anormale du courant pendant un temps assez long),
- les coupures de phase où les déséquilibres de celles-ci.

Classes de déclenchement

Les relais thermiques doivent laisser passer la surcharge temporaire due à la pointe de courant au démarrage. Ainsi, la norme définit différentes classes de déclenchement suivant la durée du démarrage (moins de 10, 20 ou 30 secondes).

Classes de déclenchement	Plages du temps de déclenchement (T_p) en fonction du courant de surcharge du moteur			
	1,05 I_n	1,2 I_n	1,5 I_n	7,2 I_n
10A	$T_p > 2 \text{ h}$	$T_p < 2 \text{ h}$	$T_p < 2 \text{ min}$	$2 \text{ s} < T_p \leq 10 \text{ s}$
10	$T_p > 2 \text{ h}$	$T_p < 2 \text{ h}$	$T_p < 4 \text{ min}$	$4 \text{ s} < T_p \leq 10 \text{ s}$
20	$T_p > 2 \text{ h}$	$T_p < 2 \text{ h}$	$T_p < 8 \text{ min}$	$6 \text{ s} < T_p \leq 20 \text{ s}$
30	$T_p > 2 \text{ h}$	$T_p < 2 \text{ h}$	$T_p < 12 \text{ min}$	$9 \text{ s} < T_p \leq 30 \text{ s}$

Choix d'un relais thermique

C'est définir :

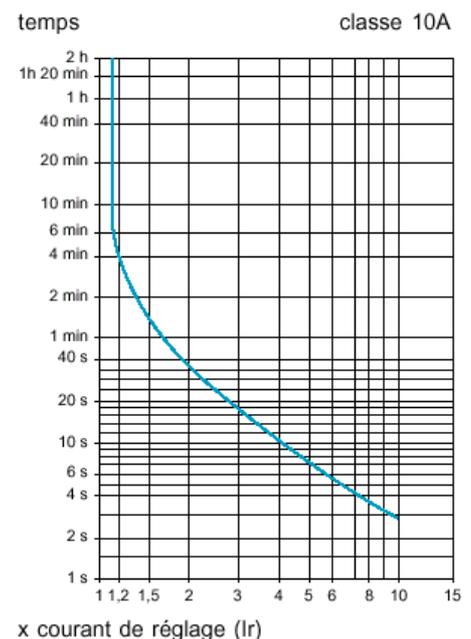
- Son calibre en fonction du courant nominal du moteur
- Sa classe de déclenchement en fonction du temps de démarrage.

Courbe de déclenchement :

C'est la courbe représentant le temps de déclenchement du relais thermique en fonction des multiples de l'intensité de réglage.

Temps de déclenchement d'un relais thermique réglé pour un courant nominal I_n :

- Pour une surcharge de 1,2 I_n , le relais déclenchera en 4 min.
- Pour une surcharge de 2 I_n , le relais déclenchera en 35 s.
- Pour une surcharge de 4 I_n , le relais déclenchera en 10 s.



III. Dispositifs de protection moyenne tension

Destinés à la protection des réseaux de distribution, et des postes de transformation.

1. Fusibles moyenne tension

Fusibles MT Fusarc de chez Schneider Electric

Caractéristiques :

- tension assignée : 3,6 - 7,2 - 12 - 17,5 - 24 - 36KV;
- pouvoir de coupure : 20 – 32 – 40 – 50 - 63 KA ;
- courant assigné: 6,3 - 10 - 16 – 20 – 25 - 31,5 – 40 - 50 – 63 - 80 -100 –125 - 160 - 200 - 250 A.

2. Disjoncteur moyenne tension

Disjoncteur moyenne tension pour l'intérieur de chez Schneider Electric

Ces disjoncteurs utilisent la coupure dans l'hexafluorure de soufre (SF6) pour l'isolement et la coupure.

Caractéristiques :

- tension assignée : 7,2 - 17,5 - 24 – 36 kV ;
- courant de courte durée admissible : 12,5 – 16 – 20 – 25 kA ;
- courant assigné : 400 – 630 – 1 250 A.

