

LA PROTECTION DES PERSONNES

LES EFFETS DU
COURANT

LE DIFFERENTIEL

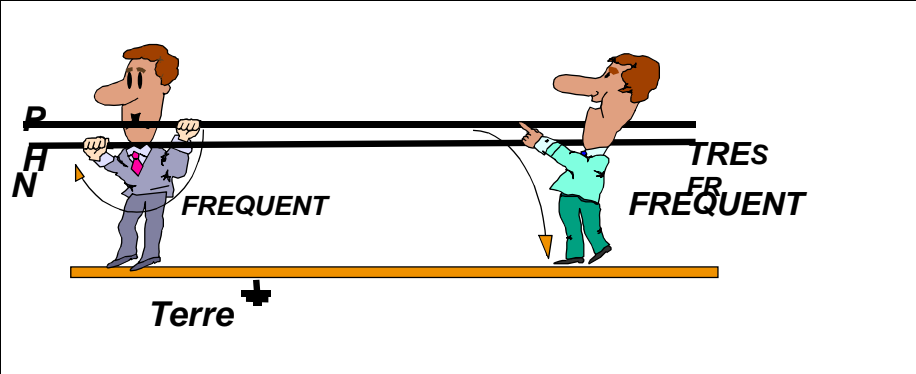
LE S.L.T. T.T.

1. Protéger les personnes contre quels dangers ?

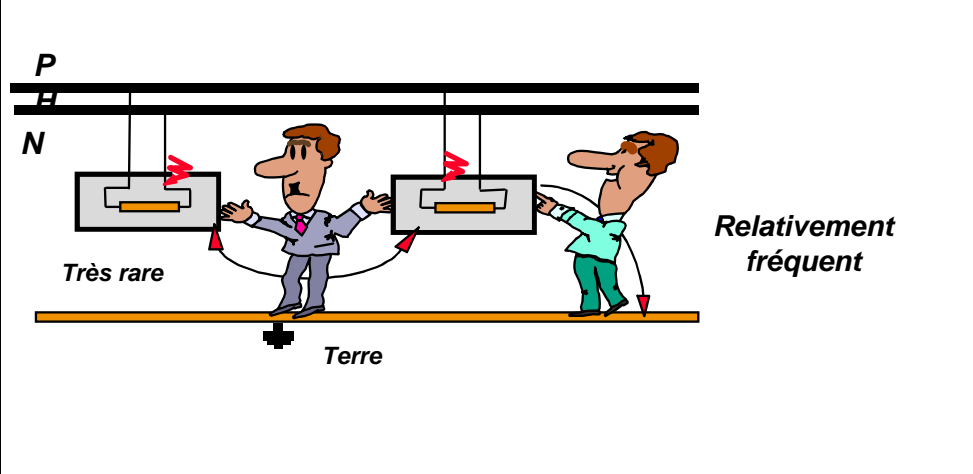
La protection du matériel dans une installation est indispensable et obligatoire, mais on doit aussi protéger les personnes contre les dangers électriques (décret n° 88.1056).

Il existe 2 causes d'accidents électriques :

- **CONTACT DIRECT.**

	<p><i>La personne est en contact avec une Pièce Nue Sous Tension (PNST)</i></p> <p><i>Rq : il s'agit d'un conducteur qui est NORMALEMENT sous tension</i></p>
--	---

- **CONTACT INDIRECT**

	<p><i>La personne est en contact avec une masse mise ACCIDENTELLEMENT sous tension</i></p> <p><i>Rq : il s'agit d'une pièce qui, en fonctionnement NORMAL, n'est pas sous tension mais susceptible d'être touchée</i></p>
---	---

2. Quels risques pour l'individu victime d'un contact avec une partie sous tension ?

Les accidents d'origine électrique ont pour principaux effets :

L'électrisation : c'est la réaction du corps humain due à un contact accidentel avec l'électricité.

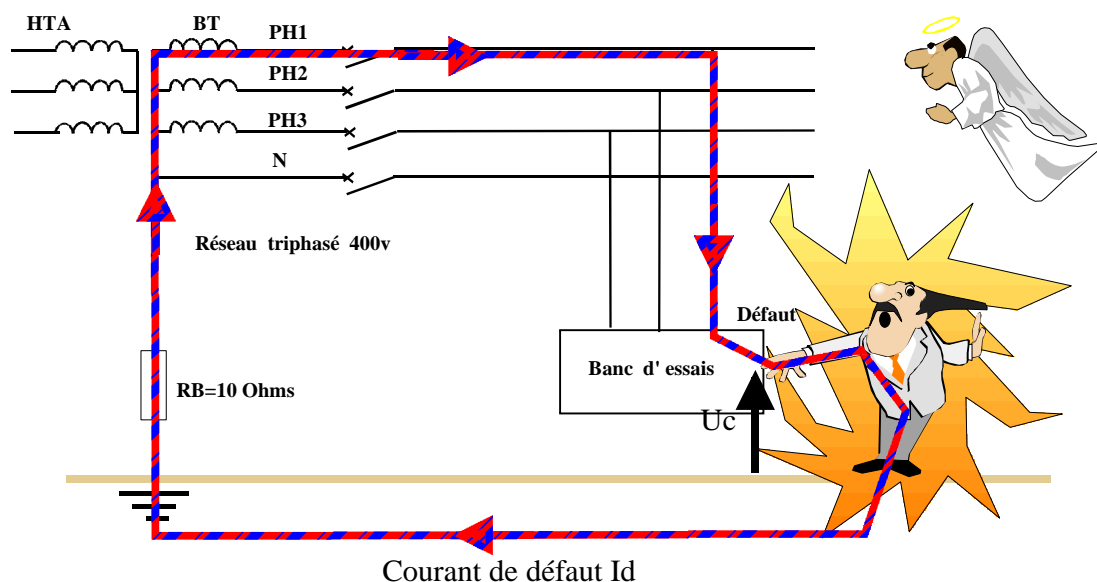
L'électrocution : c'est une électrisation qui entraîne la mort.

Les brûlures par arcs et projection.

Les chutes, conséquences d'une électrisation

L'électricité peut aussi être à l'origine d'incendie ou d'explosion.

Rq : 60% des lésions sont des brûlures. 6% de lésions internes. Les mains et la tête sont les plus touchées.



Le courant qui traverse le corps peut être mortel pour la personne.

La valeur (en A) de ce courant est fonction :

- de la résistance du corps de l'individu R_h ;
- de la tension entre le point d'entrée du courant et le point de sortie

U_c : tension de contact en Volts

$U_c(\text{tension de contact}) = \text{Résistance de l'homme} \times \text{Courant de défaut}$

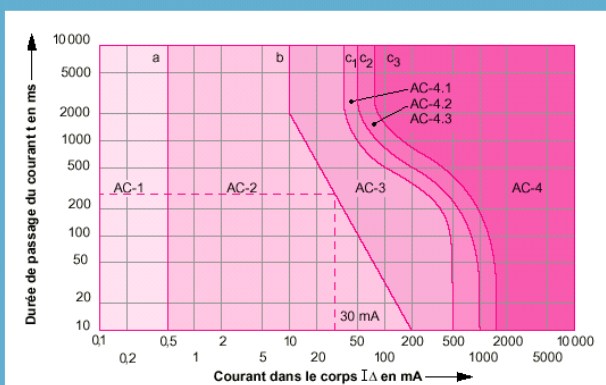
$$U_c = R_h \times I_d$$

EFFETS DU PASSAGE DU COURANT DANS LE CORPS HUMAIN

Tension de contact Uc (V)	Impédance électrique Zn (ohms)	Courant passant par le corps humain In (mA)	Temps de passage maximal Tn (s)
50	1725	29	≥ 5
75	1625	46	0,60
100	1600	62	0,40
150	1550	97	0,28
230	1500	153	0,17
300	1480	203	0,12
400	1450	276	0,07
500	1430	350	0,04

Quels temps de coupure pour quelles tensions de contact ?

Exemple : sous une tension de 230 V, le contact avec un conducteur peut produire un courant de 153 mA dans le corps humain. Ce courant doit être coupé en moins de 0,17 secondes pour éviter tout risque.



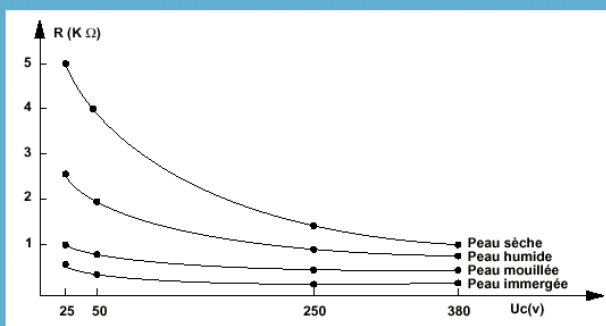
Courant circulant dans le corps, temps de passage du courant

Ces courbes donnent les différentes zones des effets du courant alternatif sur les personnes. Elles sont issues de la IEC 60 479 et déterminent 4 zones principales de risques. Exemple : à 30mA, il n'y a habituellement pas de danger jusqu'à 300ms.

Désignation de la zone	Effets physiologiques
zone AC-1	habituellement aucune réaction.
zone AC-2	habituellement, aucun effet physiologique dangereux.
zone AC-3	habituellement aucun dommage organique ; probabilité de contractions musculaires et de difficultés de respiration pour des durées de passage du courant supérieures à 2 s. Des perturbations réversibles dans la formation et la propagation des impulsions dans le coeur, y compris la fibrillation ventriculaire et des arrêts temporaires du coeur sans fibrillation ventriculaire, augmentant avec l'intensité du courant et le temps.
zone AC-4	Augmentant avec l'intensité et le temps, des effets pathophysiologiques tels qu'arrêt du coeur, arrêt de la respiration, brûlures graves peuvent se produire en complément avec les effets de la zone 3.
zone AC-4.1	Probabilité de fibrillation ventriculaire jusqu'à environ 5 %
zone AC-4.2	Probabilité de fibrillation ventriculaire jusqu'à environ 50 %
zone AC-4.3	Probabilité de fibrillation ventriculaire supérieure à 50 %.

* Pour des durées de passage de courant inférieures à 10 ms, la limite du courant traversant le corps pour la ligne b reste constante et égale à 200 mA.

Les quatre zones principales de risques



Courbe de variation R = f (Uc, environnement)

Cette courbe donne les variations de la résistance du corps humain en fonction de la tension de contact et de l'état de la peau.

Exemple:

Une personne possède une résistance de 1000 Ohms. Cette dernière est soumise accidentellement à une tension de 140V au contact d'une masse métallique mise malencontreusement sous tension.

- Quel est le courant qui traverse cet homme ?

On utilise la loi d'Ohm :

$U_c(\text{tension de contact}) = R_h (\text{Résistance de l'homme}) \times I_d (\text{Courant de défaut})$

$I_d = U_c / R_h = 140 / 1000 = 0,140 \text{ A} = 140\text{mA}$

L'homme est **mort** (sauf si il y a déclenchement en moins de 20 ms du système de protection).

3. Comment assurer la protection des personnes ?

- ☞ Cas n°1 : placer une barrière ou une enveloppe pour éviter tous risques en cas de défauts.
- ☞ Cas n°2 : empêcher que le courant dans l'individu ne passe ou ne puisse passer trop longtemps par coupure du circuit en cas de défaut. **DDR et PE**.
- ☞ Cas n°3 : utiliser des tensions qui ne sont pas dangereuses pour l'homme.
- ☞ Cas n°4 : emploi de matériel de classe II (double isolation).

4. Le Schéma des Liaisons à la Terre (S.L.T.) ou régime de neutre.

- régime TT (le plus utilisé : particuliers et industriels) ;
- régime TN (industriels) ;
- régime IT (industriels).

La première lettre représente l'état du neutre par rapport à la terre.

La deuxième lettre représente l'état des masses par rapport à la terre.

De plus, chaque local doit posséder sa **tension limite** notée **UL**.

La tension limite correspond à la tension maximum que peut supporter en permanence un individu en cas de contact avec une partie sous tension, sans risque d'électrocution pour lui.

5. Le S.L.T. TT.

1^{ère} lettre : le neutre est mis à la terre.

2^{ème} lettre : les masses sont mises à la terre.

- ☞ On utilise un dispositif différentiel à courant résiduel D.D.R. (disjoncteur ou interrupteur différentiel) pour détecter le courant de défaut et couper le circuit.
- ☞ Toutes les carcasses des différents constituants électriques doivent être mis à la terre PE.

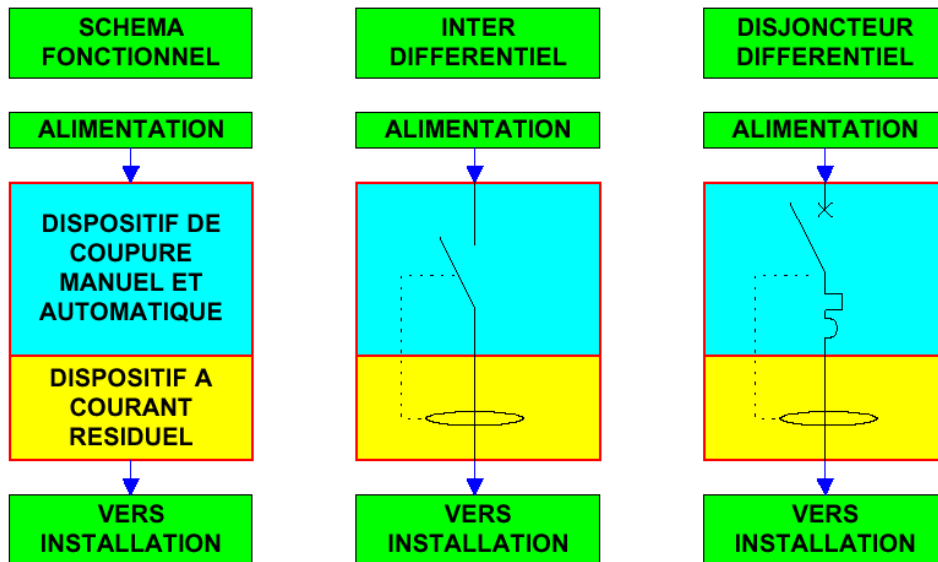
5.1 Rôle du D.D.R.

Rôle d'un dispositif de protection à courant différentiel résiduel en courant alternatif:

- ouvre le circuit électrique en cas de fuite supérieure à la valeur de consigne;

Id : Intensité de défaut
Ir : réglage du différentiel

$I_d > I_r$

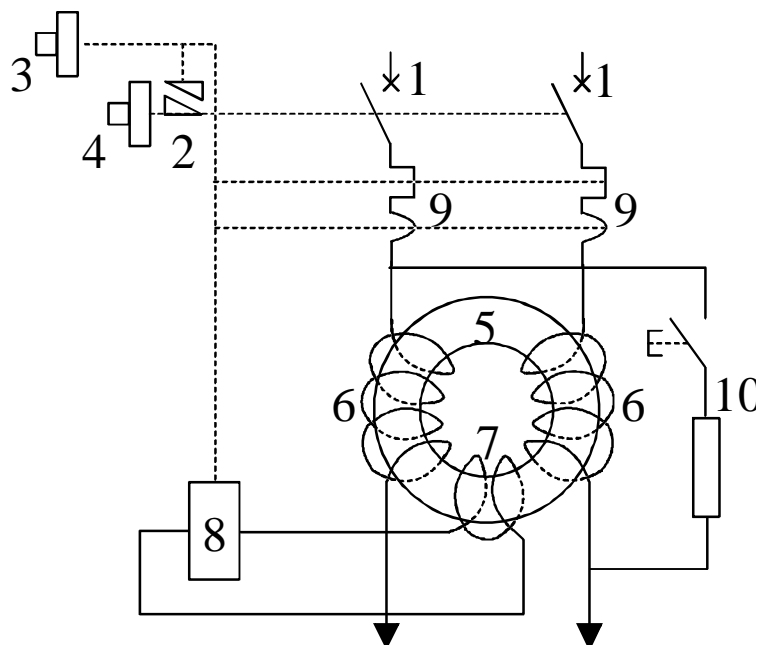


Principe du DDR (dispositif différentiel à courant résiduel).

Disjoncteur différentiel monophasé.

☞ Structure interne.

Repère	Désignation
1	Contacts de puissance
2	Accrochage mécanique
3	Elément de déclenchement
4	Elément de réarmement
5	Tore magnétique
6	Bobinages principaux
7	Bobine de détection
8	Relais sensible de détection
9	Détection thermique et magnétique
10	Bouton de test



Un DDR est constitué de trois parties principales suivant le principe de la figure 4 :

Le dispositif différentiel comporte un circuit magnétique en forme de tore sur lequel sont bobinés le ou les circuits des phases et celui du neutre

Le tore, en matériau ferromagnétique, sert à détecter, capter l'énergie et conditionner le courant de défaut. Son enroulement primaire est constitué de l'ensemble des phases et du neutre à protéger.

Les courants circulant dans ces câbles génèrent des flux magnétiques F dans le tore, traduits par l'équation vectorielle $F = K.I$ dans laquelle K est une constante liée au tore. En fonctionnement normal, en absence de tout défaut, la somme des courants circulant dans les câbles actifs étant nulle, la somme des flux F directement proportionnels est nulle.

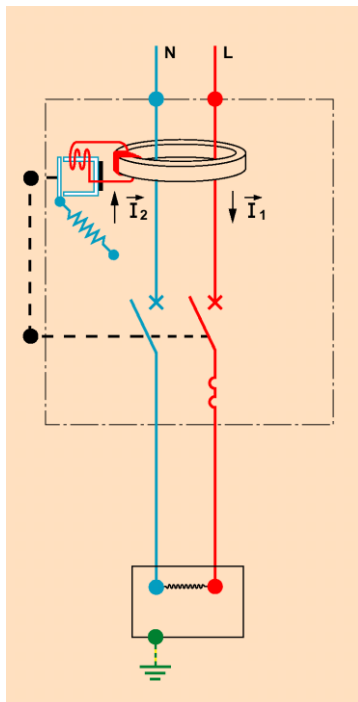
- A l'apparition d'un défaut, il se crée un déséquilibre de courant et la somme n'est plus nulle. Le flux résultant global F est donc non nul et suivant le principe de la loi de Faraday, il génère une tension $E = -NdF/dt$ sur l'enroulement de détection.
- En l'absence de courant de fuite ou courant résiduel de défaut les flux produits par les bobines s'annulent, il ne se passe rien.

En conclusion : Si un défaut survient, le courant résiduel de défaut produit un déséquilibre des flux dans les bobines et un flux magnétique apparaît dans le tore. La bobine de mesure est le siège d'une force électromotrice (f.é.m.) qui alimente un petit électro-aimant provoquant le déverrouillage du disjoncteur.

☞ Principe de fonctionnement.

En l'absence de défaut :

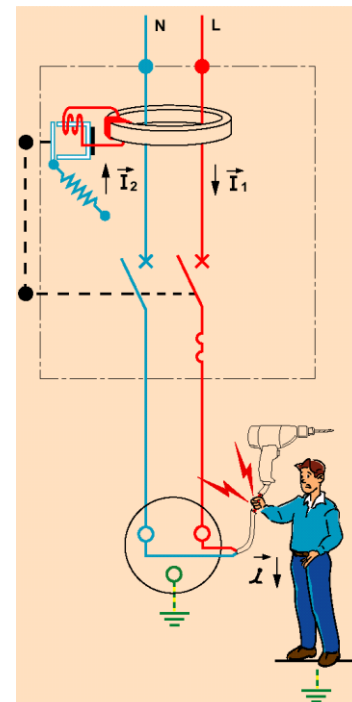
$$I_1 = I_2 \text{ car } I_f = 0$$



L'écart entre le courant entrant et le courant sortant étant inférieur à I_{Δ} , le différentiel ne déclenche pas

En présence d'un défaut :

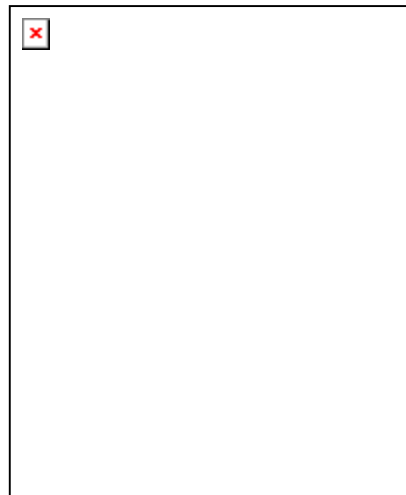
$$I_1 > I_2 \text{ avec } I_1 - I_2 = I_f$$



Le différentiel détecte un écart entre le courant entrant et le courant sortant supérieur à I_{Δ} ouvrant ainsi les contacts. L'équipement sera mis hors tension.

Disjoncteur différentiel triphasé.

☞ Structure interne.



☞ Principe de fonctionnement.

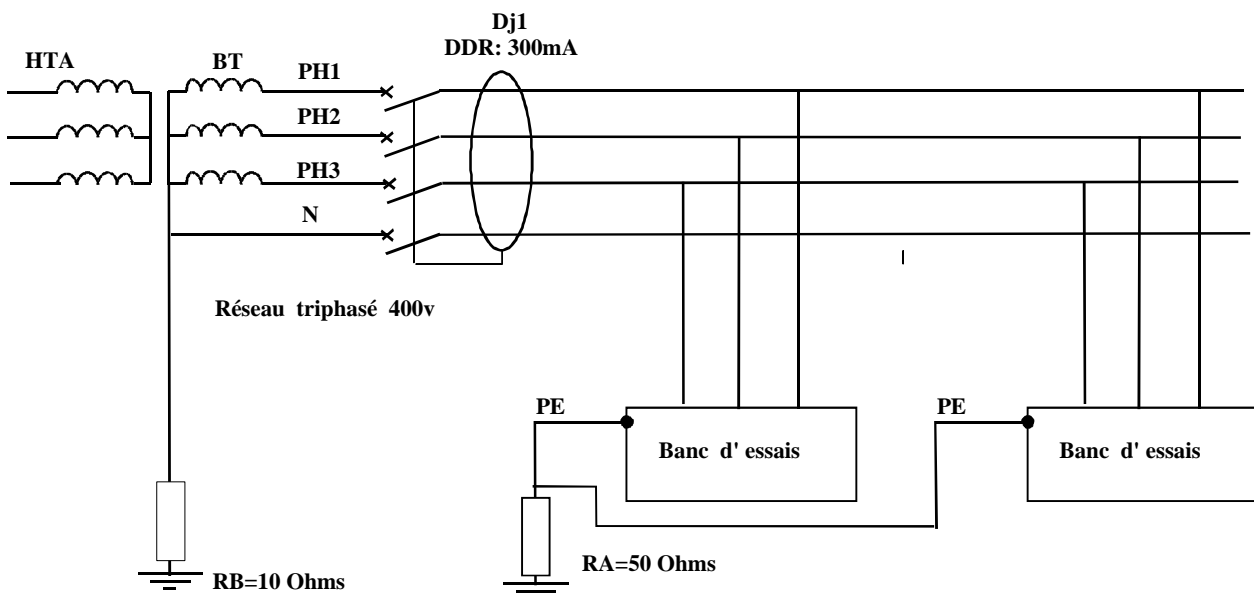
En l'absence de défaut nous aurons :

$$\vec{I}_1 + \vec{I}_2 + \vec{I}_3 = \vec{I}_n \text{ car } I_f = 0$$

En présence d'un défaut nous aurons

$$\vec{I}_1 + \vec{I}_2 + \vec{I}_3 \neq \vec{I}_n \text{ car } I_f \neq 0$$

5.3 Mise en œuvre du S.L.T. TT.



L'ensemble des carcasses doit être relié à la terre par le conducteur PE (PROTECTION EQUIPOTENTIELLE - fil de couleur vert-jaune). Le courant de défaut ou courant résiduel va circuler par le PE. La boucle n'est pas parfaite, mais résistive. Les différentes résistances proviennent de la qualité de la mise à la terre, de la nature du sol et de la résistance des conducteurs. Les résistances sont ramenées en deux points par des résistances équivalentes notées Ra et Rb

REGLES A RESPECTER EN S.L.T. TT

Le neutre de l'installation doit être relié à la terre.

C'est le travail d'EDF, quand le poste de transformation n'appartient pas à l'utilisateur (domestique, petite industrie,...)

Interconnecter les masses et les relier à une prise de terre différente de la prise de terre du neutre

C'est à la charge de l'utilisateur.

Mettre en place un dispositif différentiel à courant résiduel (DDR) de calibre :

$$I\Delta n \leq \frac{U_L}{R_A}$$

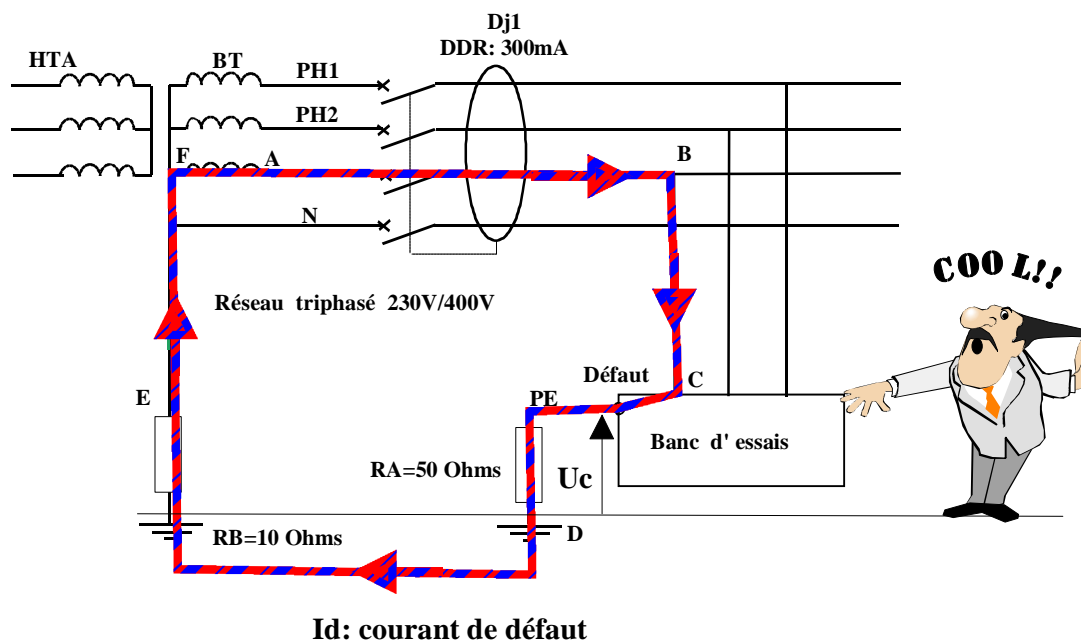
U_L : Tension limite de sécurité du local

$I\Delta n$: Calibre du DDR (multiple de 3 ou de 1)

R_A : Résistance de terre de l'installation

C'est à la charge de l'utilisateur.

5.4 En cas de défaut.



Le courant de défaut dans la boucle doit être supérieur ou égal au courant du calibre du DDR pour que ce dernier déclenche.