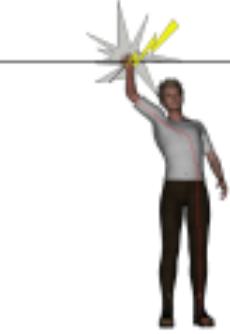


1. Dangers du courant électrique

Les Différents Risques Électriques

◆ Contact | Electrisation ou électrocution

→ L'individu touche un ou plusieurs éléments conducteurs sous tension



◆ Eclair d'arc électrique

→ Un court-circuit produit une déflagration
→ L'individu peut être projeté à terre ou brûlé



◆ Explosions et incendies

→ Une étincelle produit une explosion ou un incendie
→ Particulièrement dangereux en présence de gaz ou de matériaux inflammables, en milieux industriels comme en résidentiel



Terminologie

→ Electrisation

Un individu entre en contact avec de l'électricité

→ Conséquences vont d'un petit picotement à des brûlures ou lésions

→ Electrocution

→ L'issue est fatale (la mort)

→ Tétanisation → Contraction involontaire et prolongée d'un muscle

→ Fibrillation ventriculaire

→ Arythmie cardiaque très grave → Pulsations du cœur très rapides

→ Arrêt du flux sanguin → Arrêt cardiaque.

→ Fibrillation cardiaque → Activation désordonnée du muscle cardiaque → Paralysie

Effets du courant électrique sur le corps humain

Courant alternatif

Il imite les impulsions nerveuses, résultant en contractions involontaires des muscles

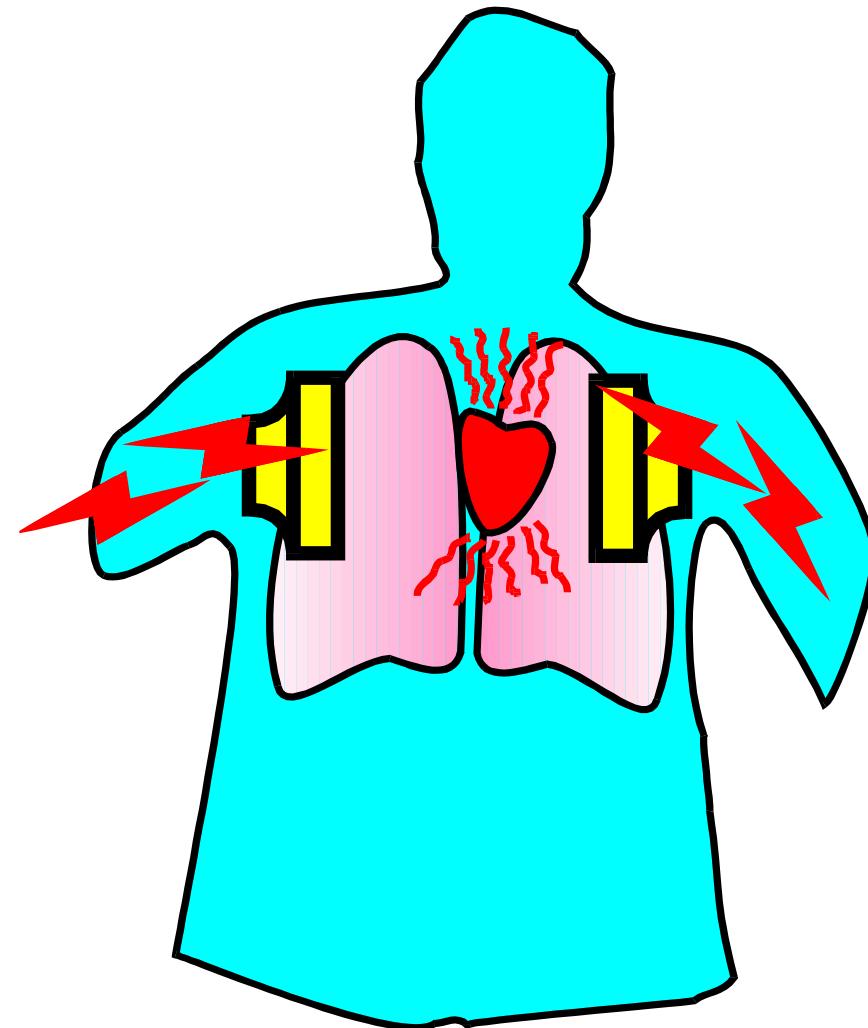
→ Toucher avec le revers de la main: La main se contracte et s'éloigne de la barre électrisée

→ Empoigner la barre: Les muscles se contractent et il devient impossible de se défaire de la barre électrisée (“tétanisation”)

Effets du courant électrique sur le corps humain

Courant alternatif basse tension

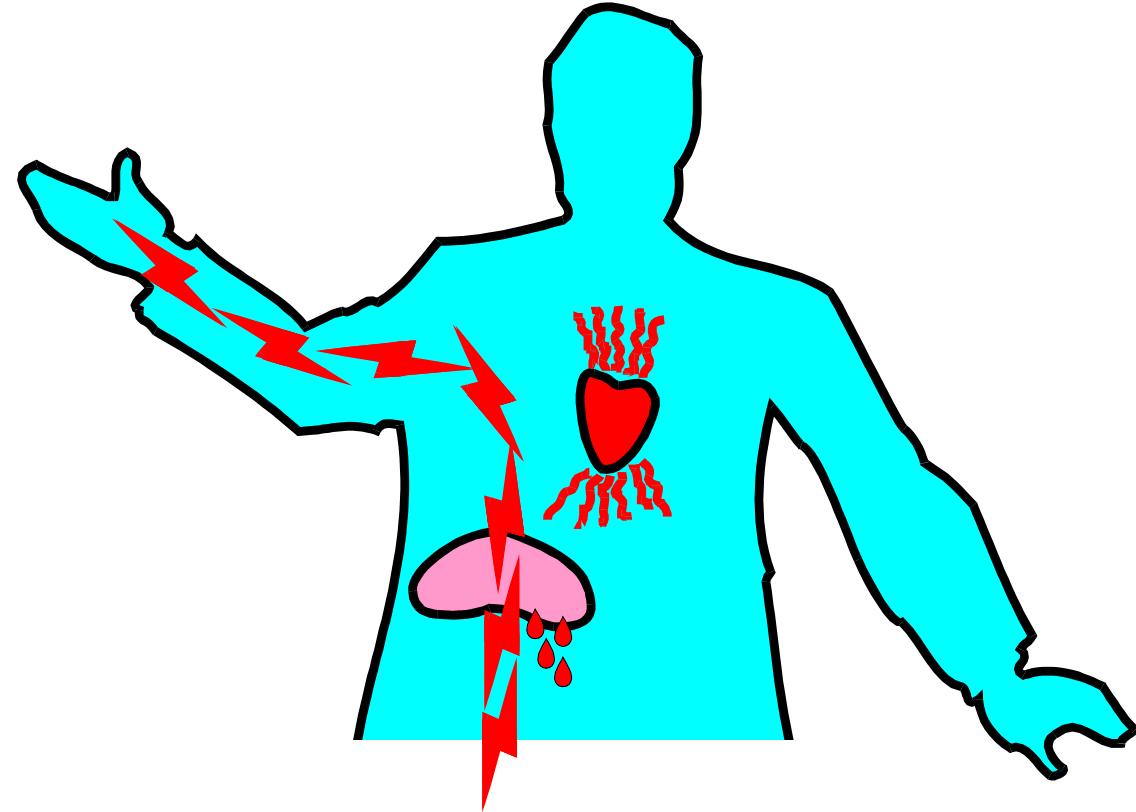
- Asphyxie par blocage du diaphragme
- Arrêt du cœur par fibrillation



Effets du courant électrique sur le corps humain

Courant alternatif haute tension

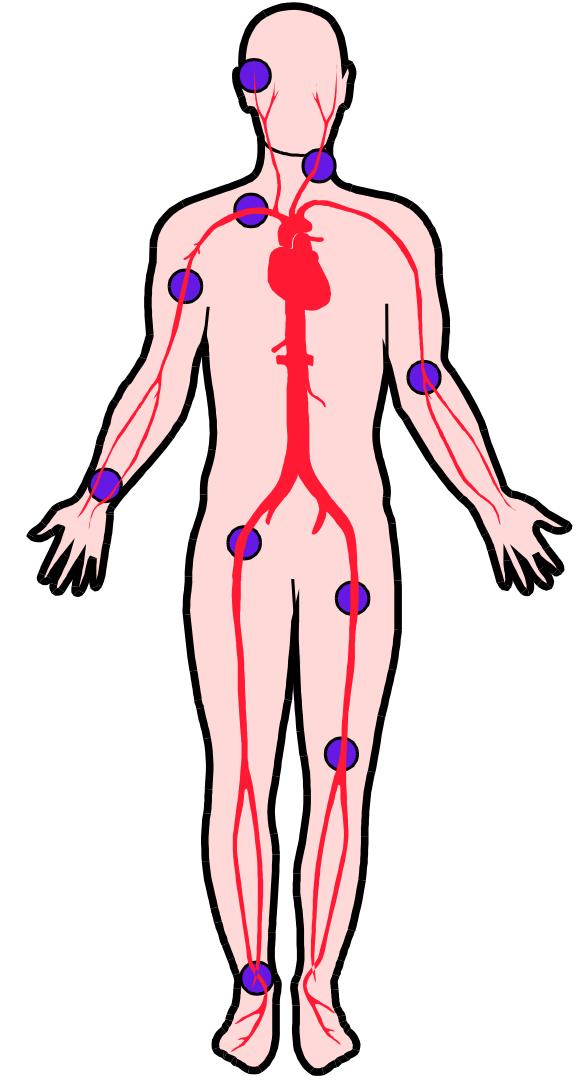
- Arrêt du cœur par fibrillation
- Brûlures internes



Effets du courant électrique sur le corps humain

Courant continu

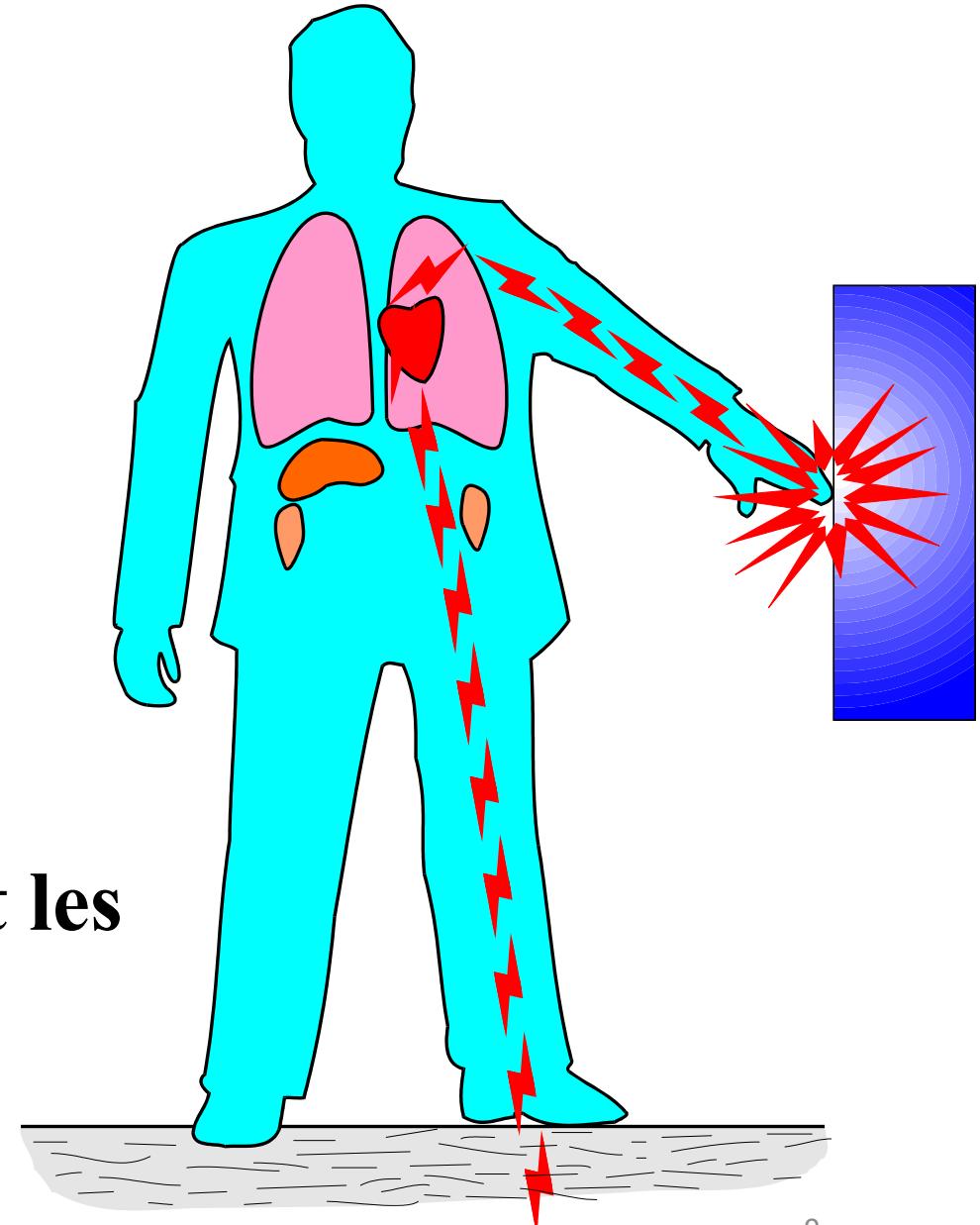
- Brûlure
- Puis décomposition du sang par phénomène d'électrolyse
- Moins dangereux en général que le courant alternatif (risque moindre de tétranisation des muscles)
- Le moment le plus dangereux est lors de la mise sous tension (régime transitoire)
- Les brûlures peuvent être externes (peau) mais aussi internes (organes comme le foie)



Trajets du courant électrique dans l'organisme

De la main au pied ou pieds

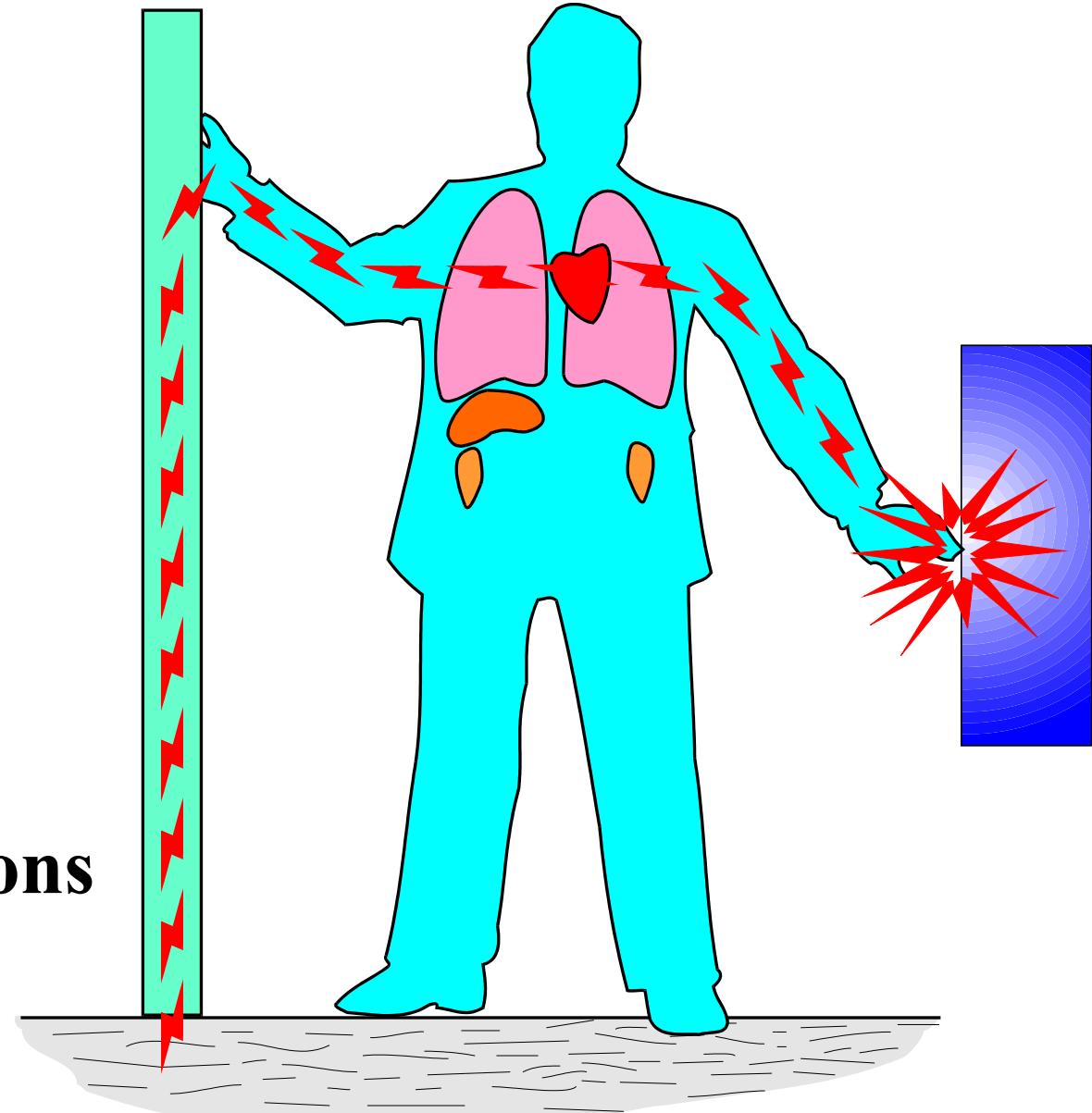
→ Touche le cœur, le diaphragme et les poumons, le foie, les reins



Trajets du courant électrique dans l'organisme

D'une main à l'autre

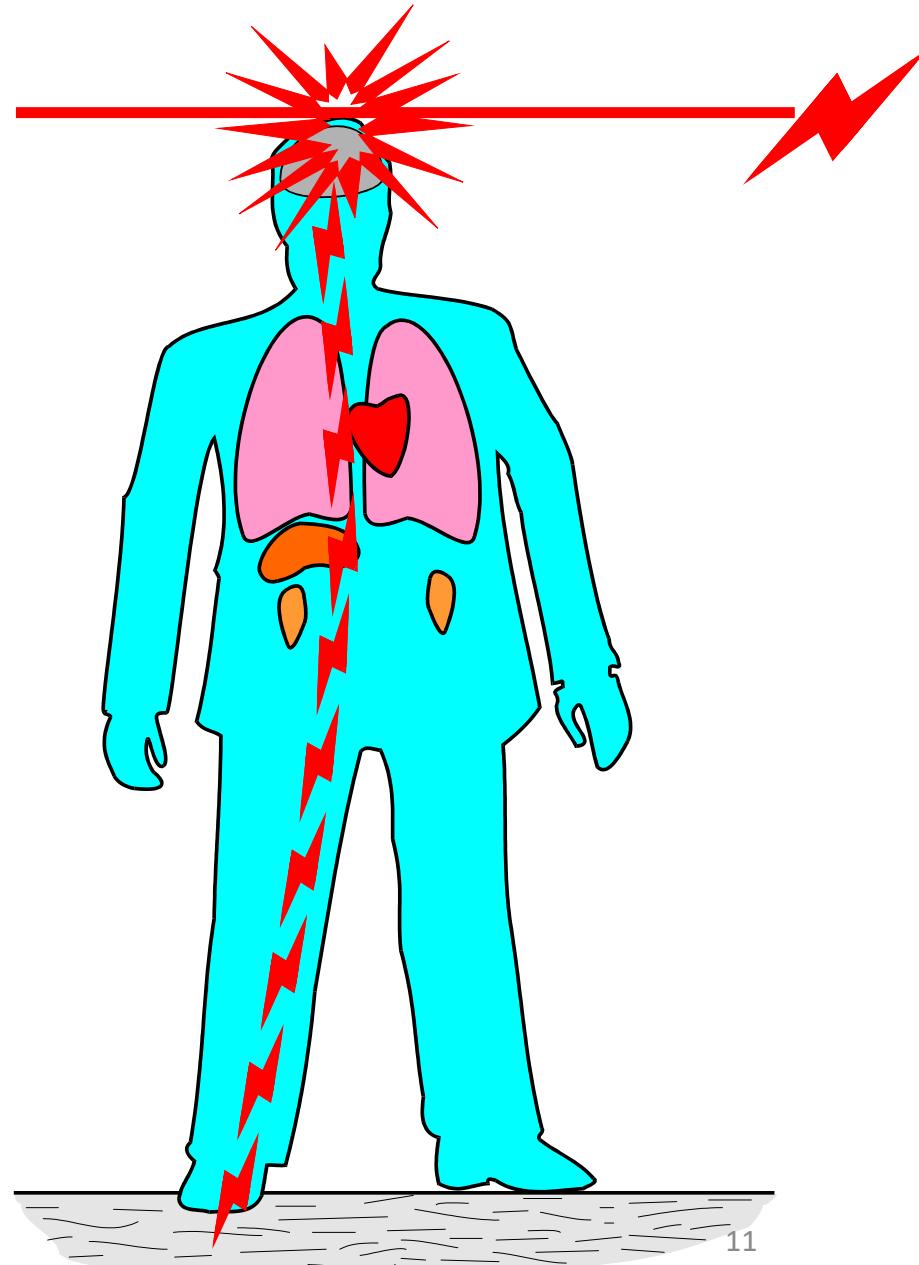
→ Touche le cœur et les poumons



Trajets du courant électrique dans l'organisme

De la tête au pied

→ **Touche le cerveau, le cœur, le foie, les reins**



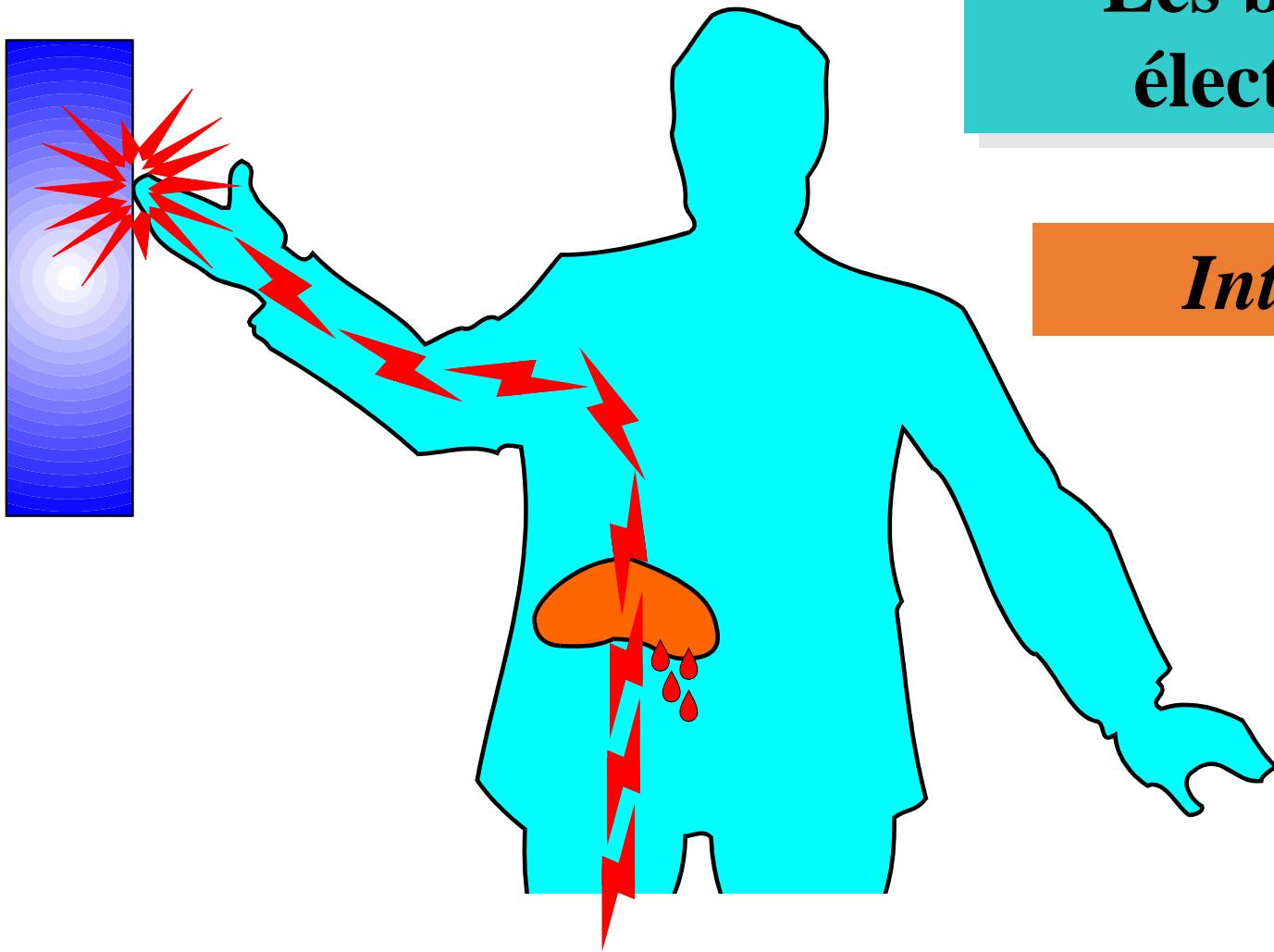
Les brûlures électriques

Superficielles



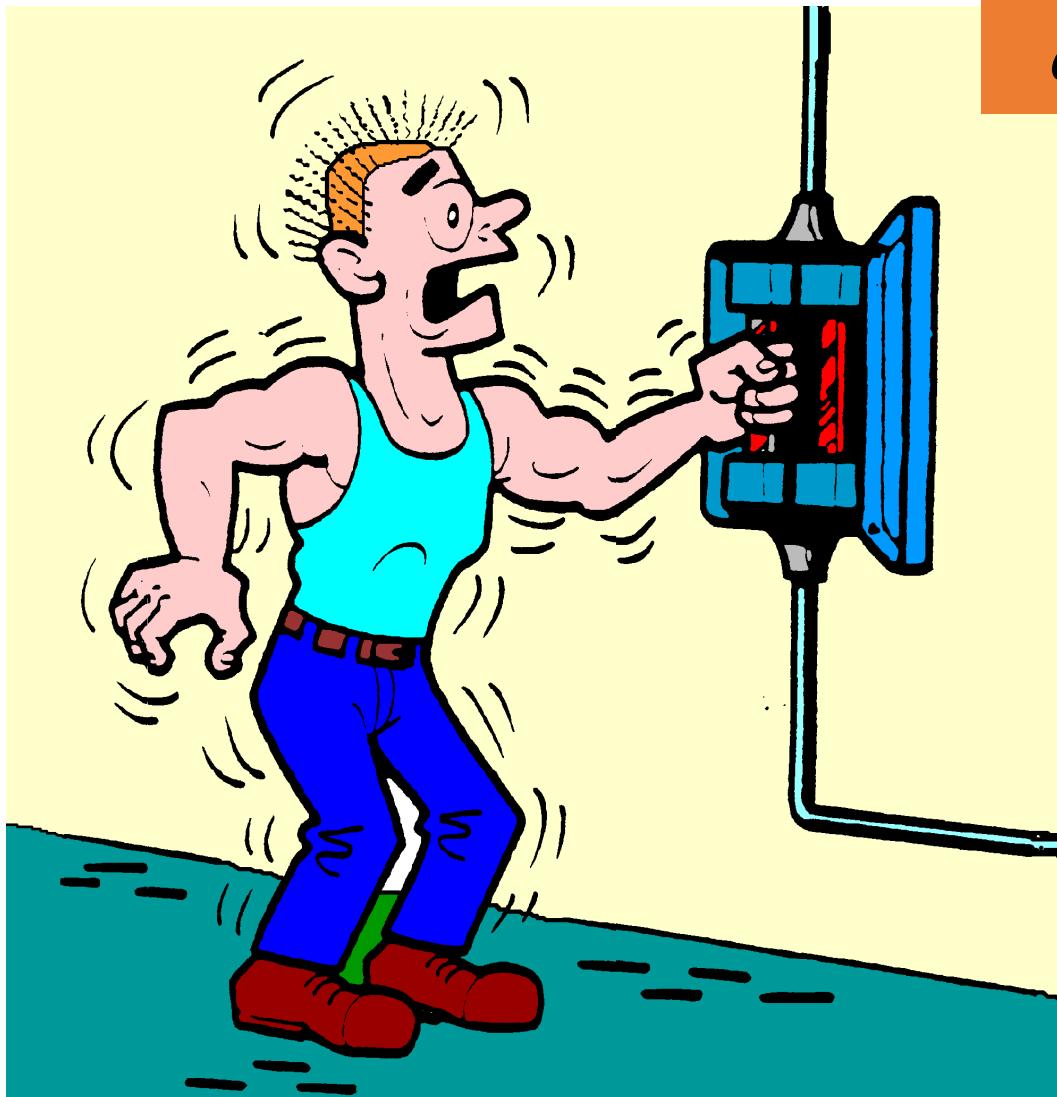
Les brûlures électriques

Internes



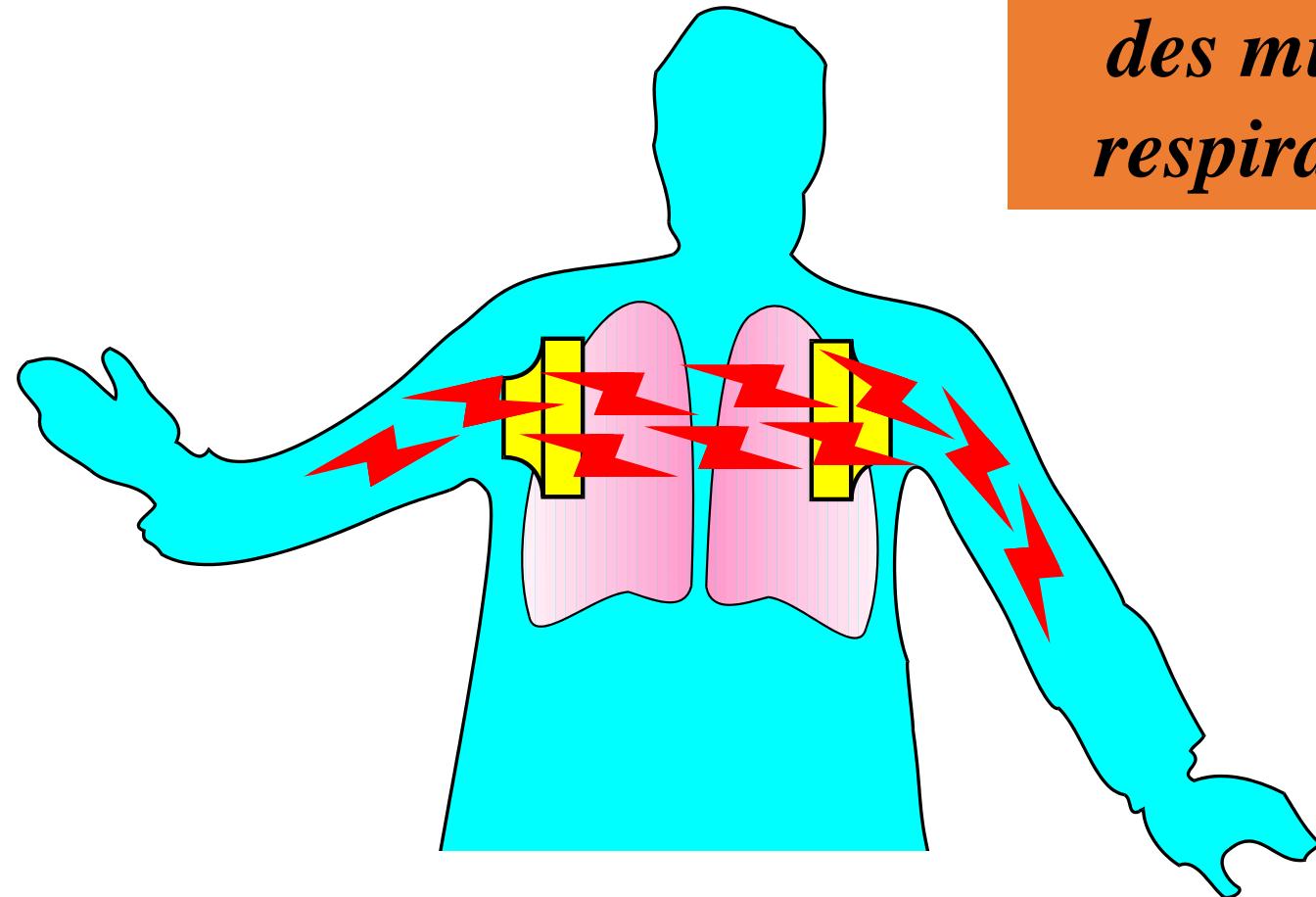
Effets tétanisants

*Contraction
involontaire
des muscles*



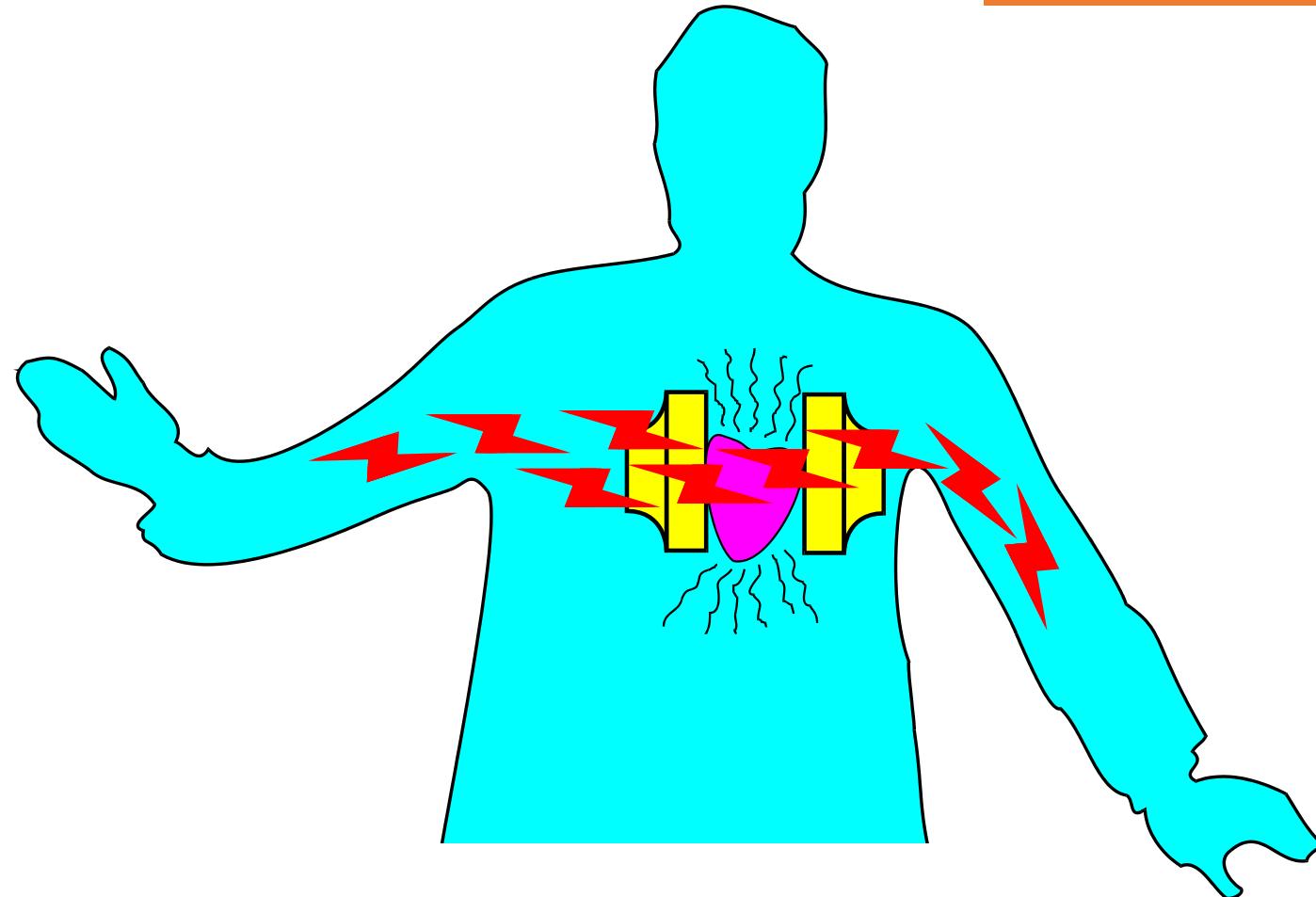
Effets respiratoires

Contraction du diaphragme et des muscles respiratoires



Effets circulatoires

Fibrillation du cœur



Effets Du Passage Du Courant Alternatif Dans Le Corps Humain

Intensité	Perception des effets	Temps
0,5 à 1 mA	Seuil de perception suivant l'état de la peau	
8 mA	Choc au toucher, réactions brutales	
10 mA	Contraction des muscles des membres	4mn 30s
20 mA	Début de la tétanisation de la cage thoracique	60 s
30 mA	Paralysie ventilatoire	30 s
40 mA	Fibrillation ventriculaire	3 s
75 mA	Fibrillation cardiaque	1 s
300 mA	Arrêt cardiaque	110 ms
500 mA	Arrêt cardiaque	100 ms
1000 mA	Arrêt cardiaque	25 ms
2000 mA	Centre nerveux atteint	instantané

La **tétanisation** est une paralysie des muscles. Le sujet peut succomber par asphyxie du fait du blocage de sa cage thoracique.

La **fibrillation** ventriculaire est la contraction anarchique du muscle cardiaque. Elle ne cède jamais spontanément, mais seulement grâce à des contre-chocs électriques appliqués par un défibrillateur.¹⁷

Le Corps Humain Comme Impédance

C'est le courant qui tue, pas la tension

Le corps humain est modélisé par une résistance

$$V = R \times I$$

La résistance du corps humain est définie suivant des valeurs conventionnelles

- Local ou emplacement non mouillé : **5000 Ω**
- Local ou emplacement mouillé : **2500 Ω**

Cette résistance peut être augmentée par le port de vêtements, de gants et de chaussures

Le courant est dangereux à partir de

10 mA en courant alternatif

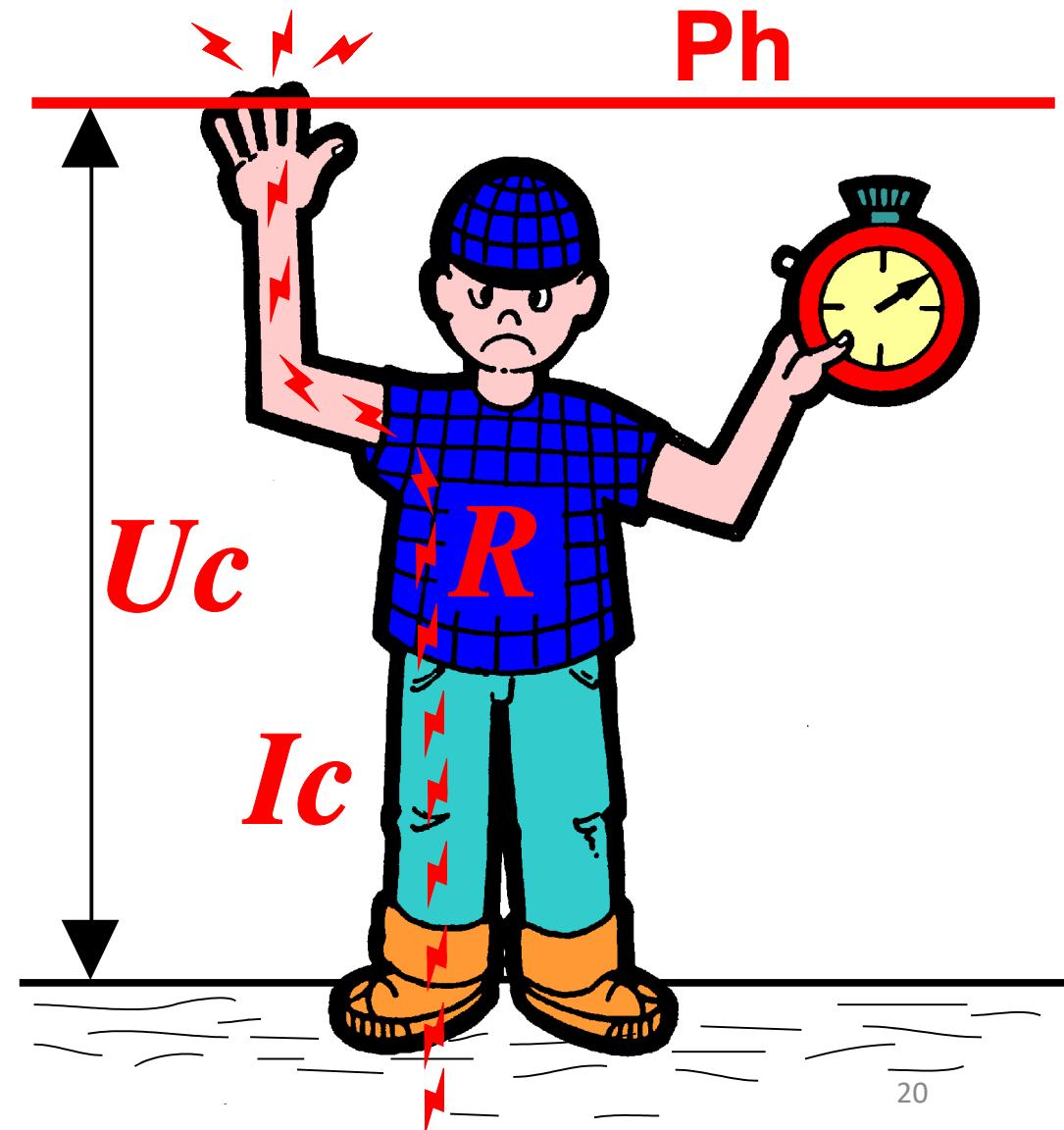
40 mA en courant continu

La Résistance De La Peau Varie En Fonction de

- **De la surface de contact** : plus la surface augmente, plus la résistance diminue,
- **De la pression** : plus la pression augmente, plus la résistance diminue,
- **De l'épaisseur** : peau épaisse des talons, surface calleuse, peau mince du nourrisson...
- **De la sudation** : chaleur, absorption d'alcool, boissons chaudes, médicaments,...
- **De la présence d'humidité** : la résistance d'une peau sèche est nettement plus importante que celle d'une peau humide,
- **De la durée de contact** : lorsque le temps de contact augmente, la résistance diminue,
- **De la tension de contact** : plus cette tension est élevée, plus la résistance diminue.

Critères à retenir pour le risque d'électrocution

- Courant qui circule dans le corps humain : I_C
- Tension appliquée au corps humain : U_C
- Résistance du corps humain : R
- Temps de passage du courant dans le corps humain

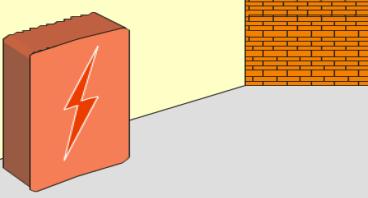
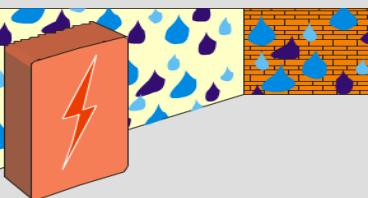


De Courant À Tension

C'est le courant qui affecte le corps!

Mais le niveau de tension est souvent plus commode

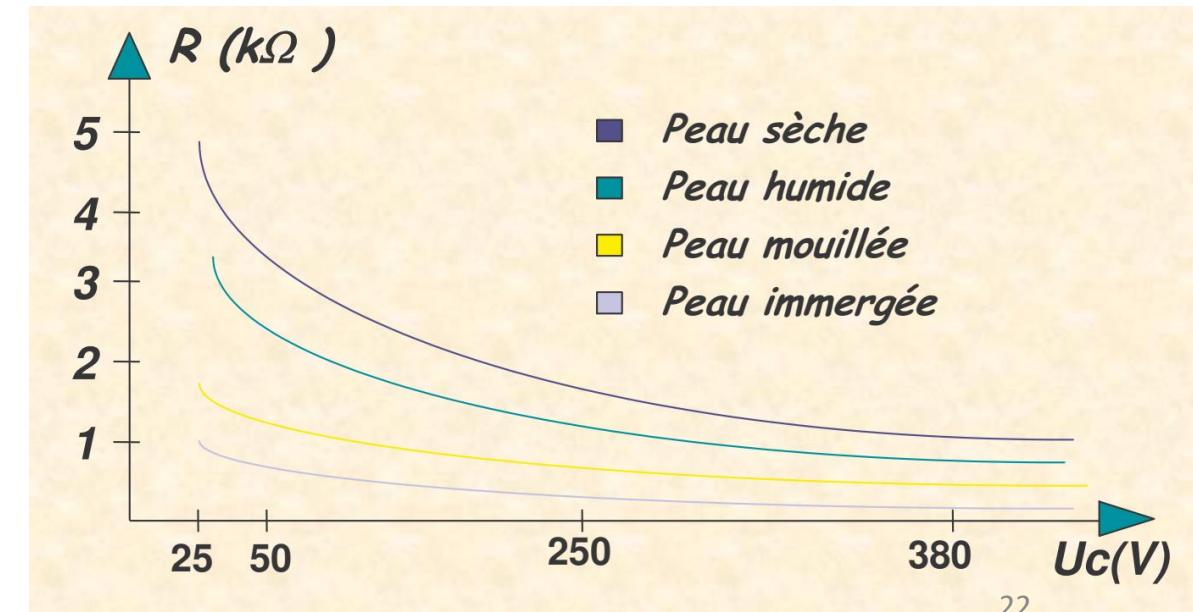
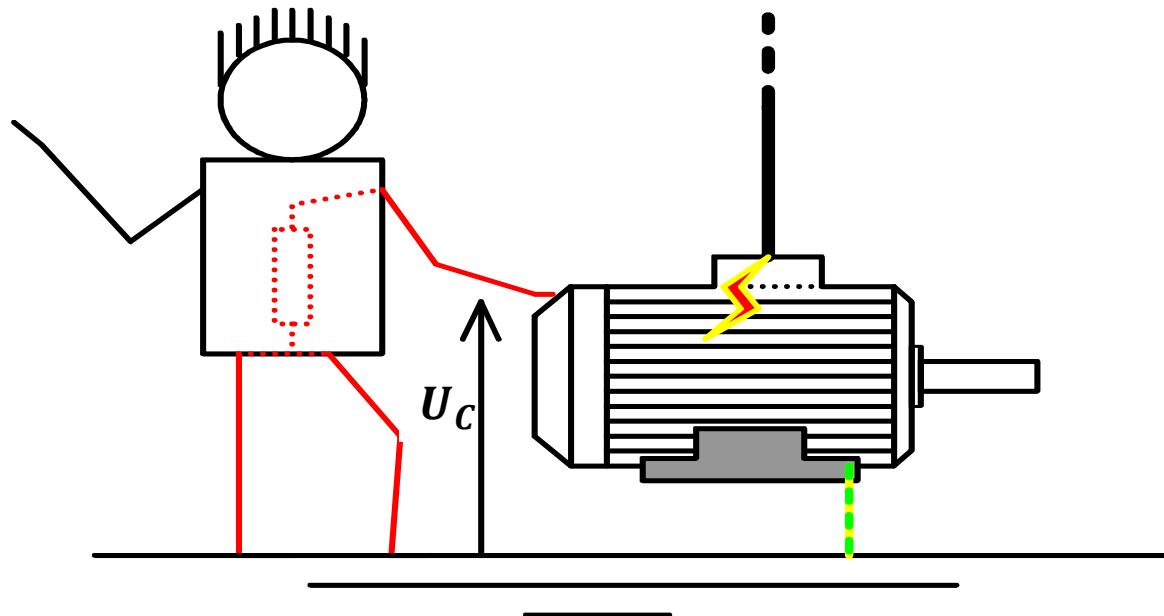
A partir des courants limites et de la résistance typique du corps, on peut déduire des niveaux de tension limites

Tension de sécurité	Alternatif	Continu
	Milieu sec	$<\sim 50 \text{ V}$
	Milieu humide	$<\sim 25 \text{ V}$
	Milieu immergé	$<\sim 12 \text{ V}$

- En milieu sec, en courant alternatif, la tension de contact dangereuse est de
 $U_C = R \times I = 5000 \times 0.01$ $U_C = 50 \text{ Volts}$

- En milieu humide, en courant alternatif, la tension de contact dangereuse est de
 $U_C = R \times I = 2500 \times 0.01$ $U_C = 25 \text{ Volts}$

- En milieu immergé, en courant alternatif, la tension de contact dangereuse est de
 $U_C = R \times I = 1200 \times 0.01$ $U_C = 12 \text{ Volts}$



Tension de sécurité - Conditions normales

Tension de Contact présumée (V)	Temps de coupure maximal du dispositif de protection (s)	
	<i>Courant Alternatif</i>	<i>Courant Continu</i>
< 50	5	5
50	5	5
75	0,60	5
90	0,45	5
120	0,34	5
150	0,27	1
220	0,17	0,40
280	0,12	0,30
350	0,08	0,20
500	0,04	0,10

Tension de sécurité - Conditions mouillées

Tension de Contact présumée (V)	Temps de coupure maximal du dispositif de protection (s)	
	<i>Courant Alternatif</i>	<i>Courant Continu</i>
25	5	5
50	0,48	5
75	0,30	2
90	0,25	0,80
110	0,18	0,50
150	0,12	0,25
230	0,05	0,06
280	0,02	0,02

Contacts directs

Entre deux conducteurs actifs

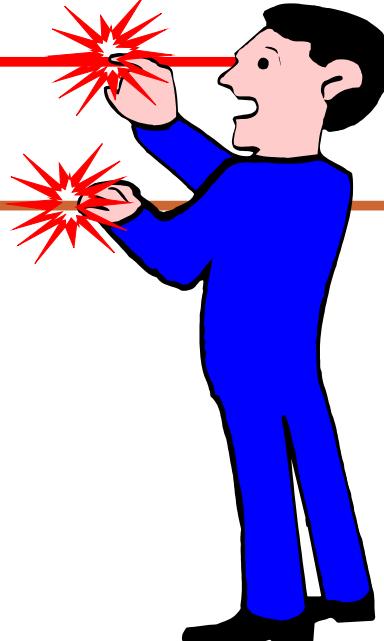
PHASE 1



PHASE 2



PHASE 3



FRÉQUENT

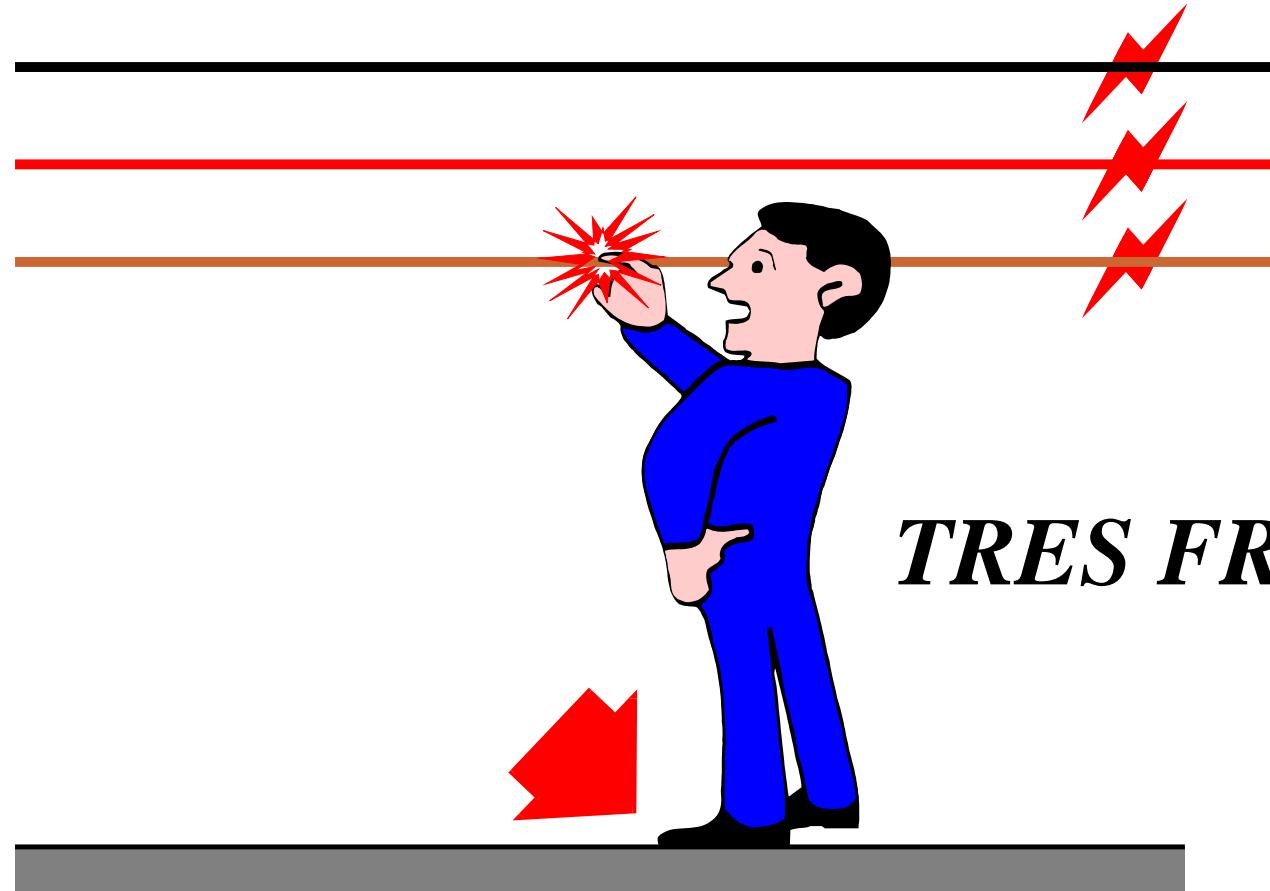
Contacts directs

Entre un conducteur actif et un sol conducteur

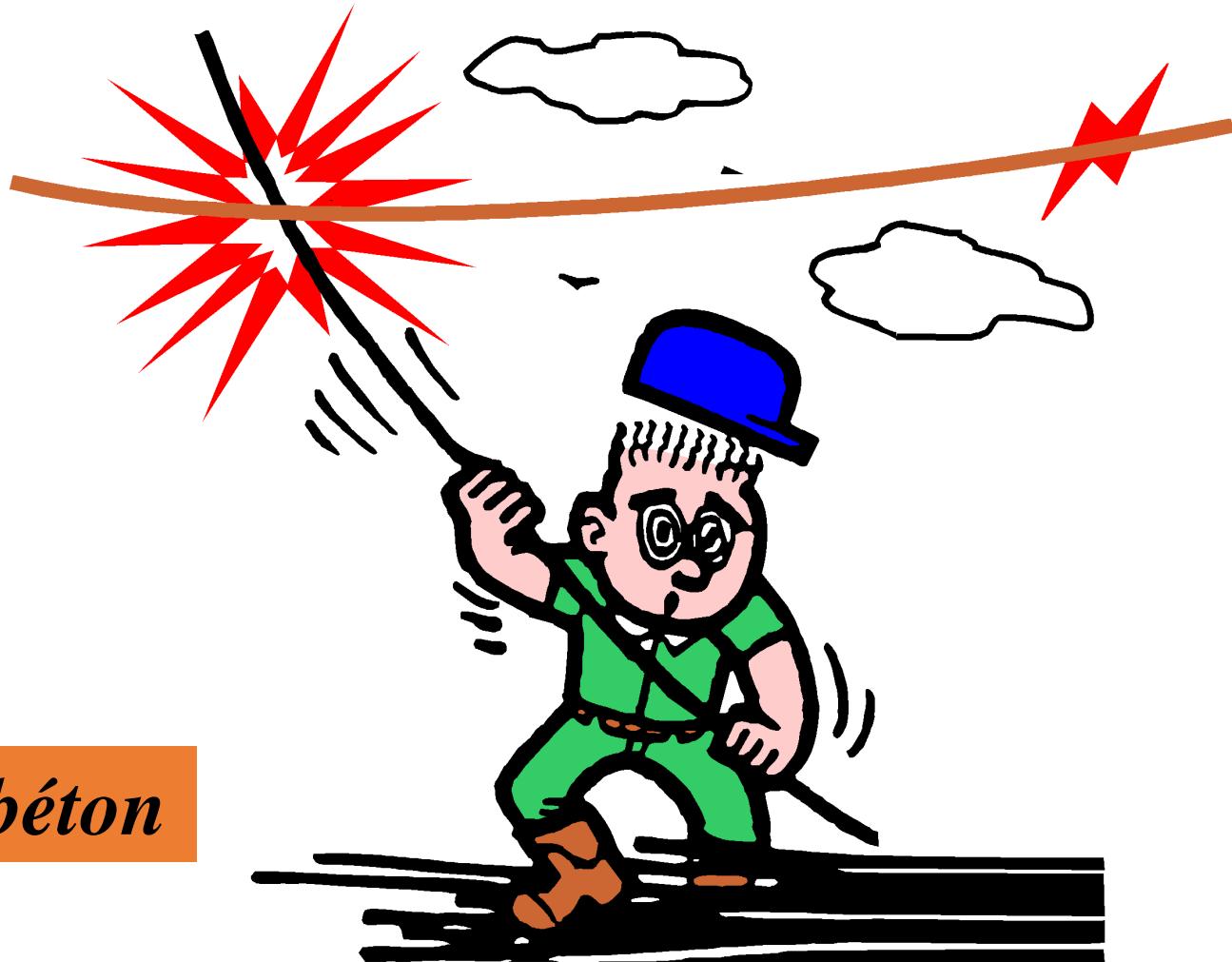
PHASE 1

PHASE 2

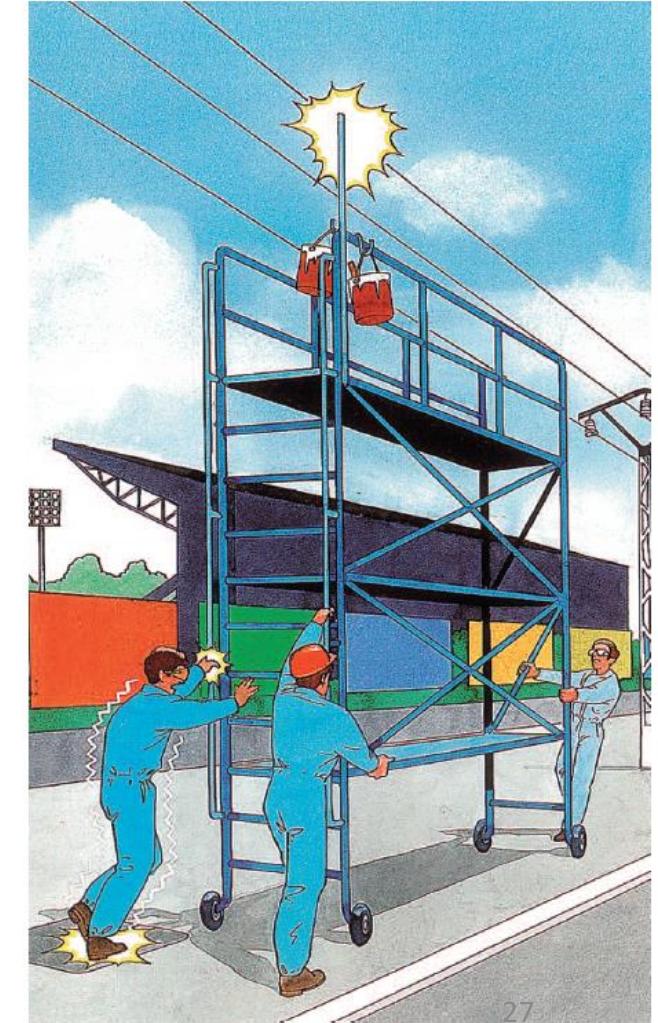
PHASE 3



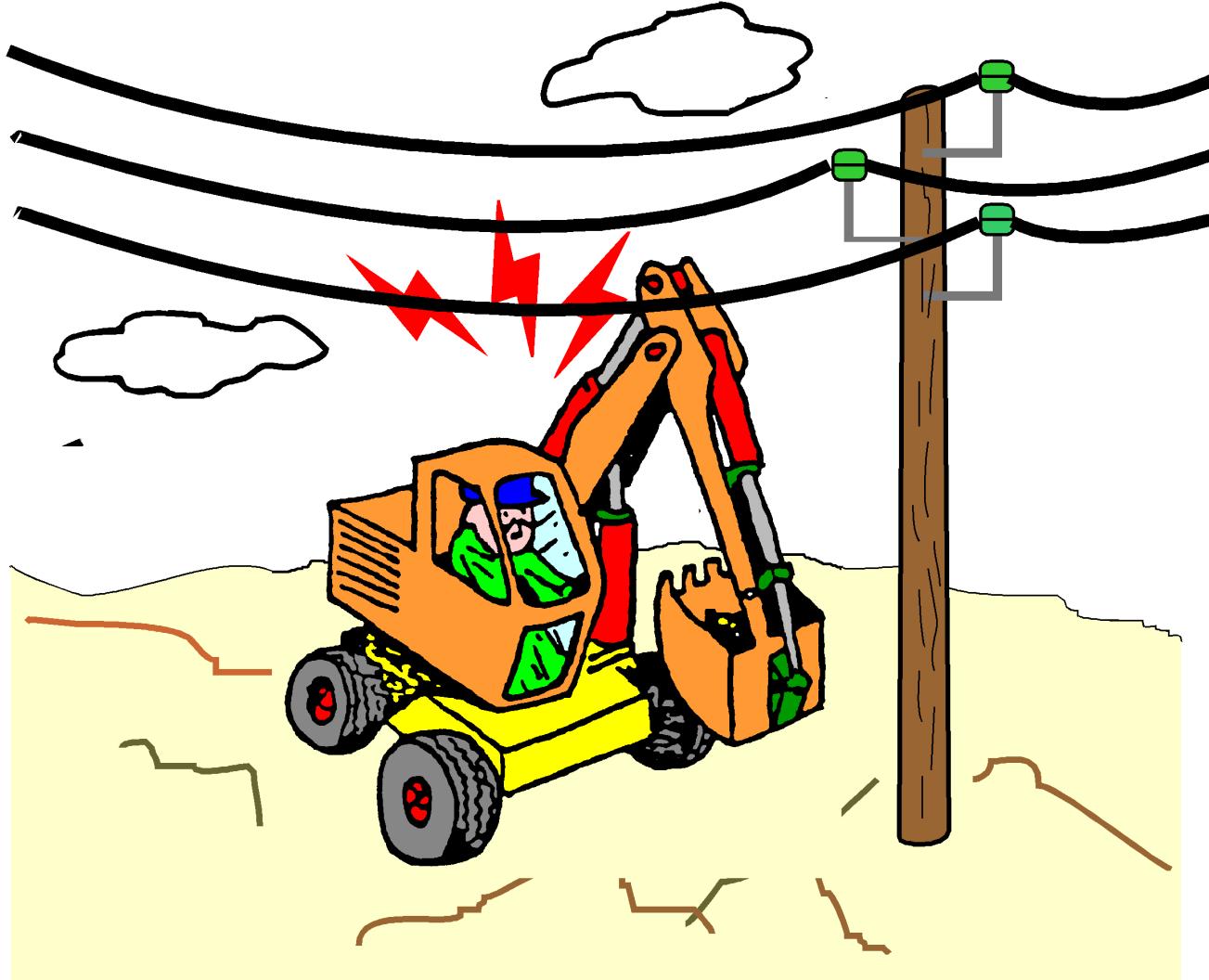
Exemples de situations pouvant donner lieu à un contact direct



Un fer à béton

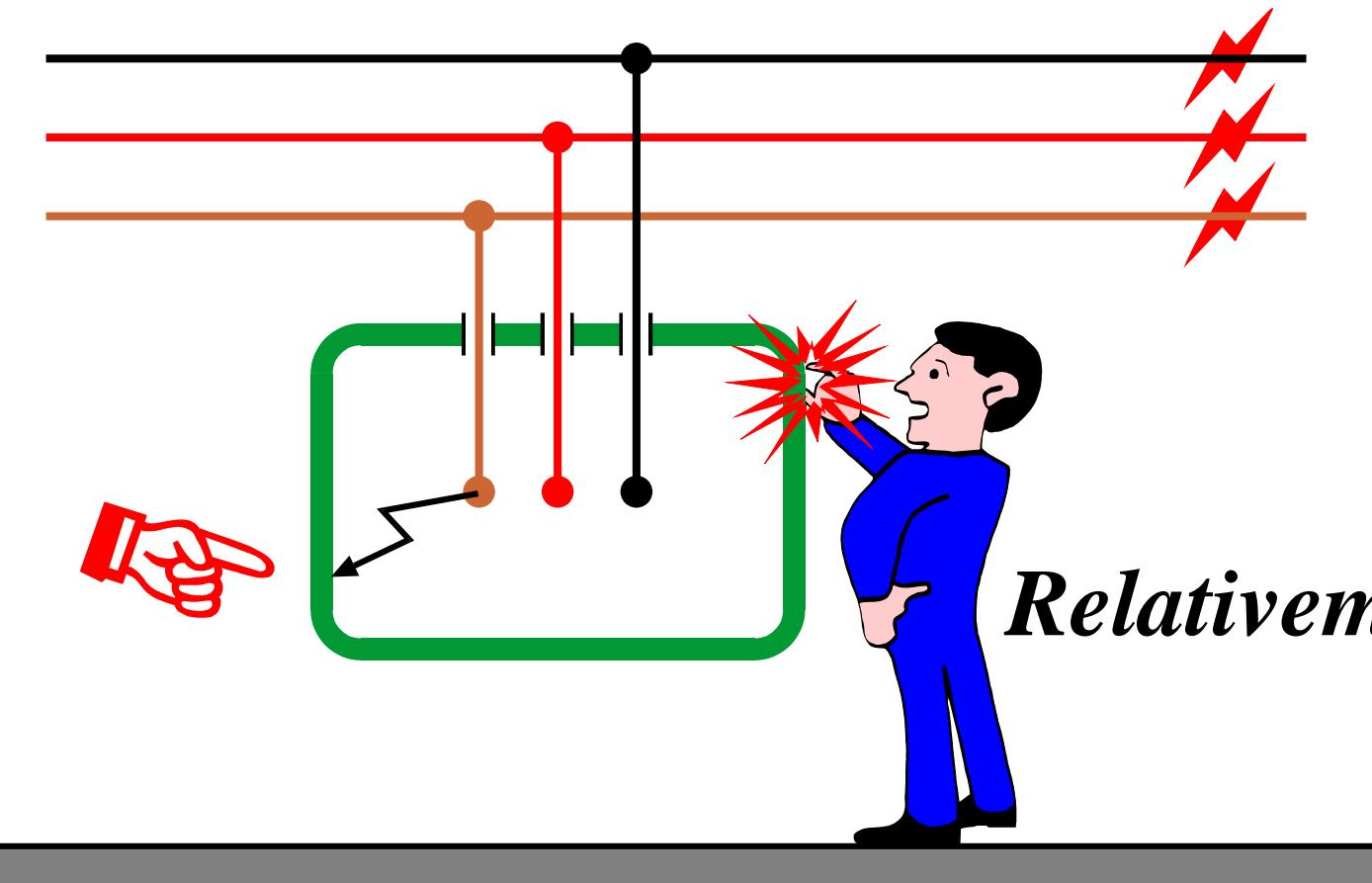


Exemple de situation pouvant donner lieu à un contact direct



Contacts indirects

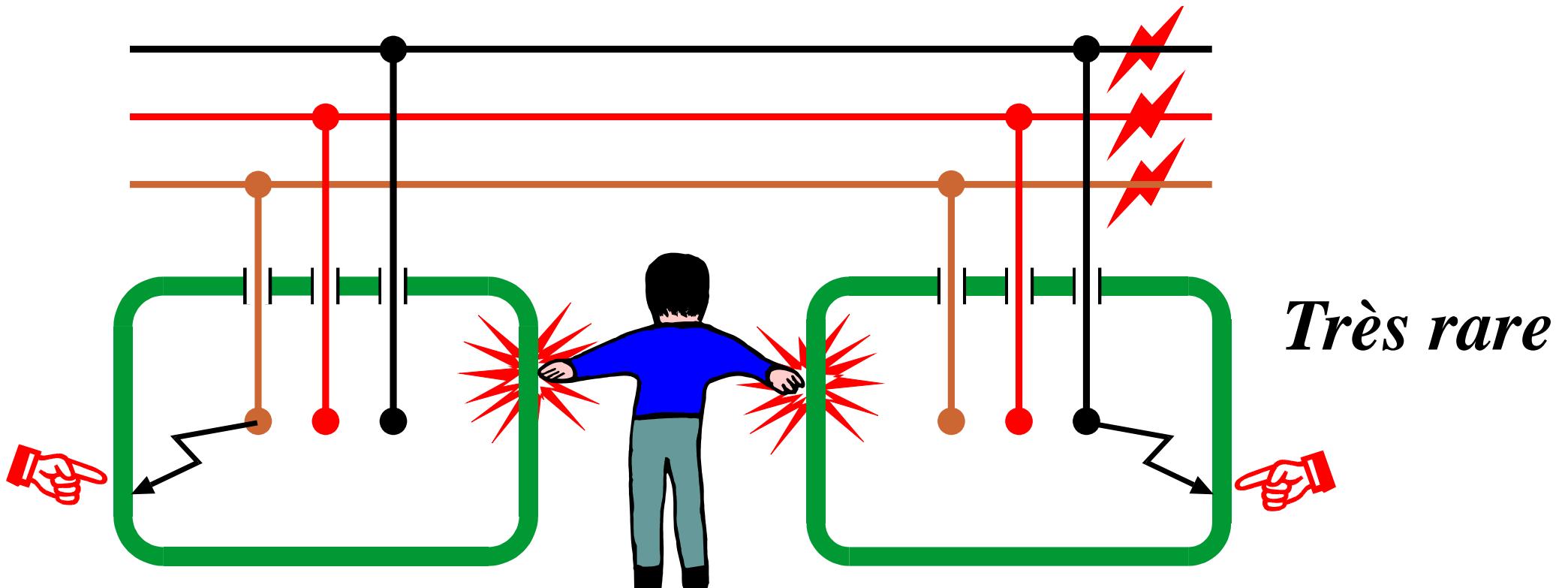
Entre une masse en défaut et un sol conducteur



Relativement fréquent

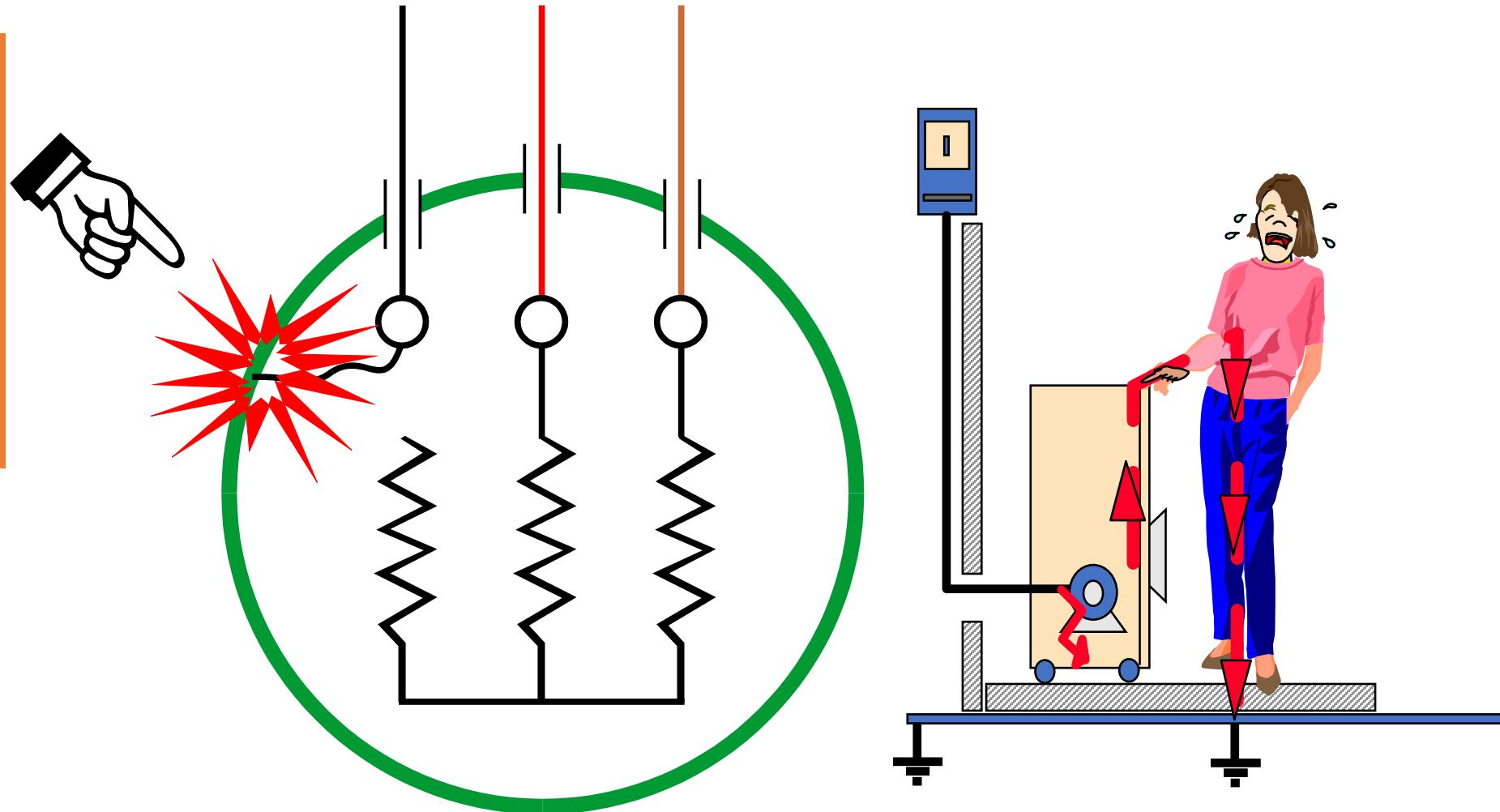
Contacts indirects

*Entre deux masses mises
accidentellement sous tension*



Exemples de situations pouvant donner lieu à un contact indirect

Contact d'un conducteur actif déconnecté avec la masse d'un récepteur

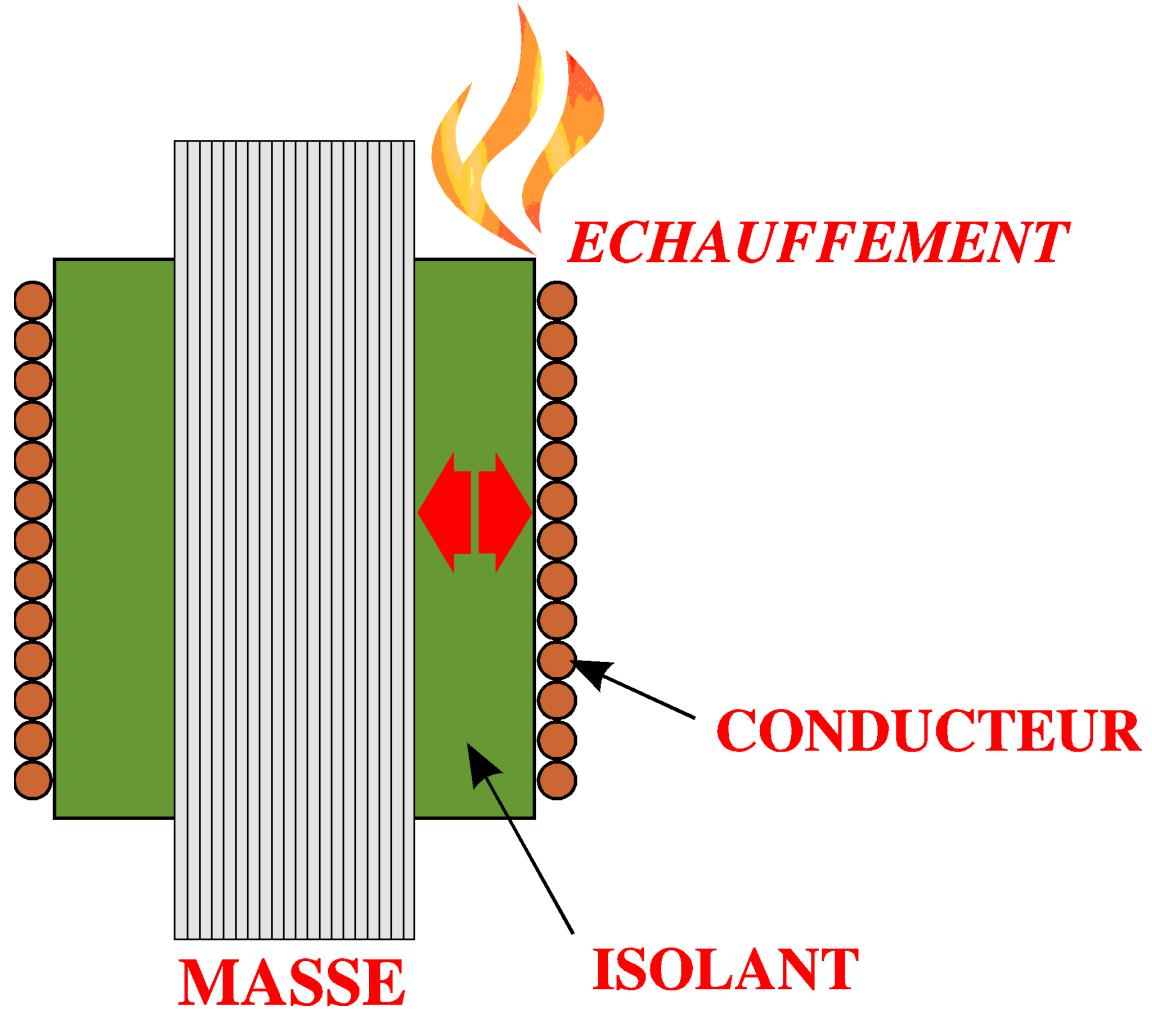


Exemple de situation pouvant donner lieu à un contact indirect

Echauffement anormal d'un matériel ou d'un conducteur

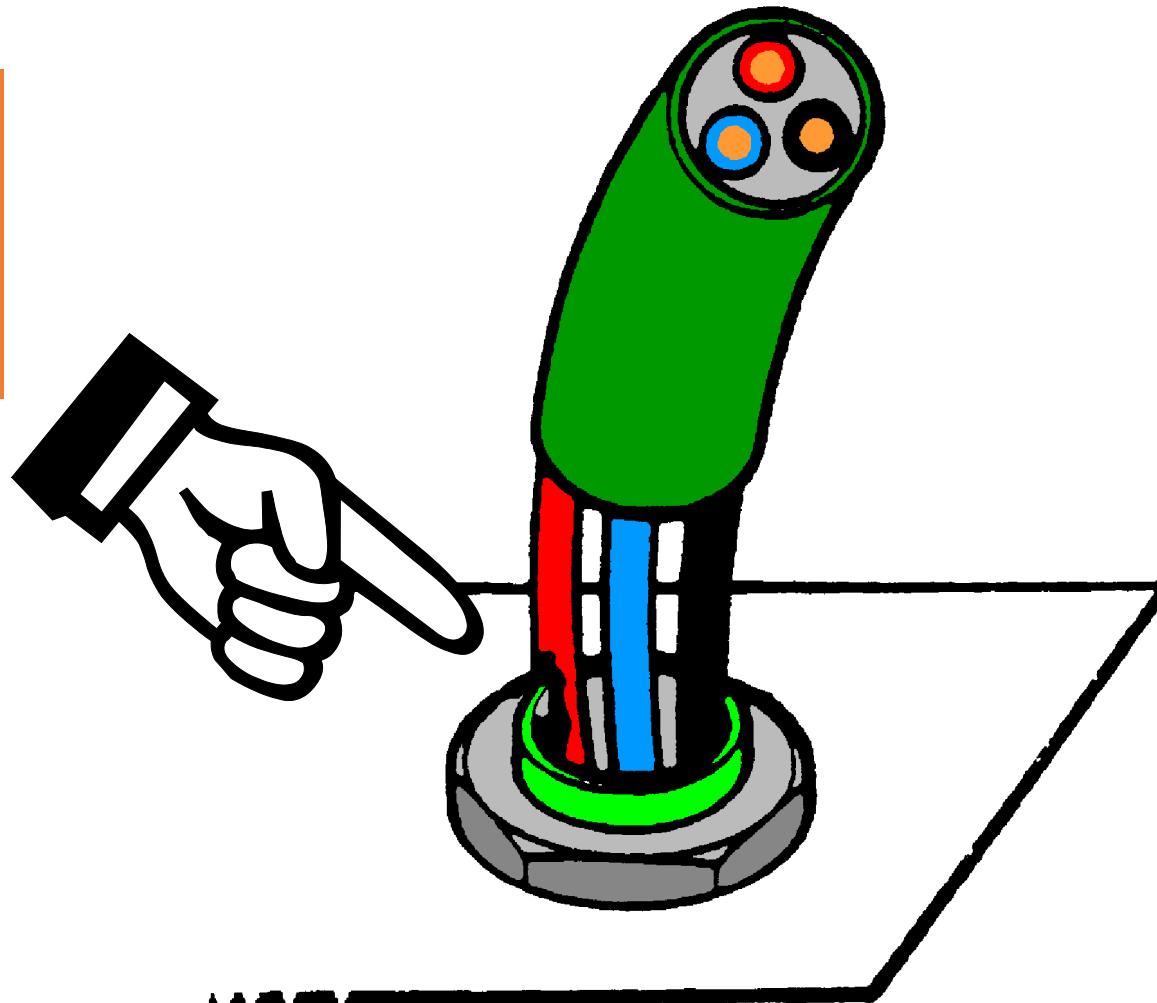


Détérioration de l'isolant



Exemple de situation pouvant donner lieu à un contact indirect

Détérioration de l'isolant d'un conducteur actif





Exemple de situation pouvant donner lieu à un contact indirect

Principes et règles de protection

*Une Personne ne doit pas
pouvoir être soumise
à une tension dangereuse*



**Mesures
passives**

Principes et règles de protection

*Une Personne ne doit pas
pouvoir être soumise
à une tension dangereuse*



**Mesures
passives**



**Impossibilité
de contact**

Principes et règles de protection

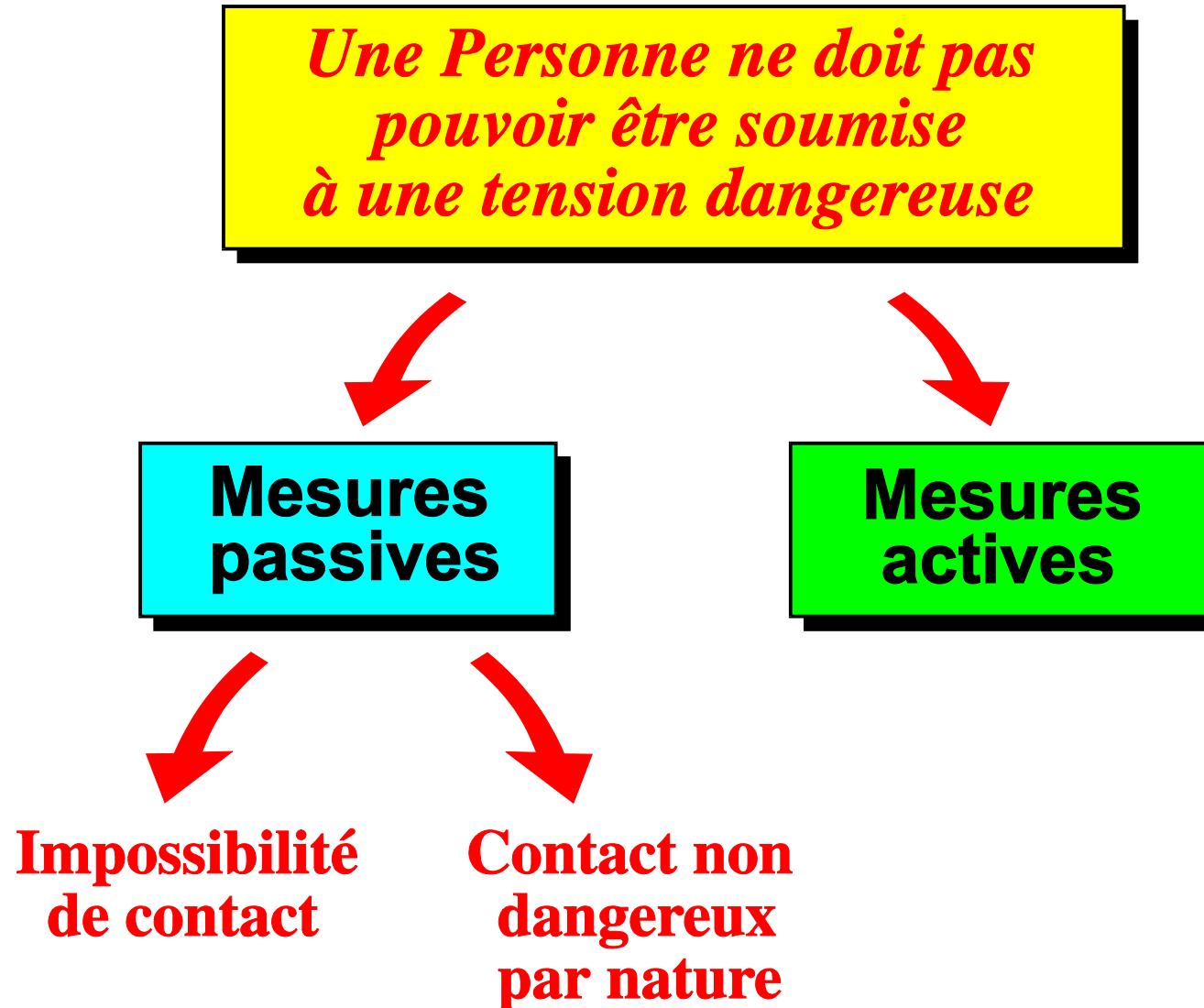
*Une Personne ne doit pas
pouvoir être soumise
à une tension dangereuse*

**Mesures
passives**

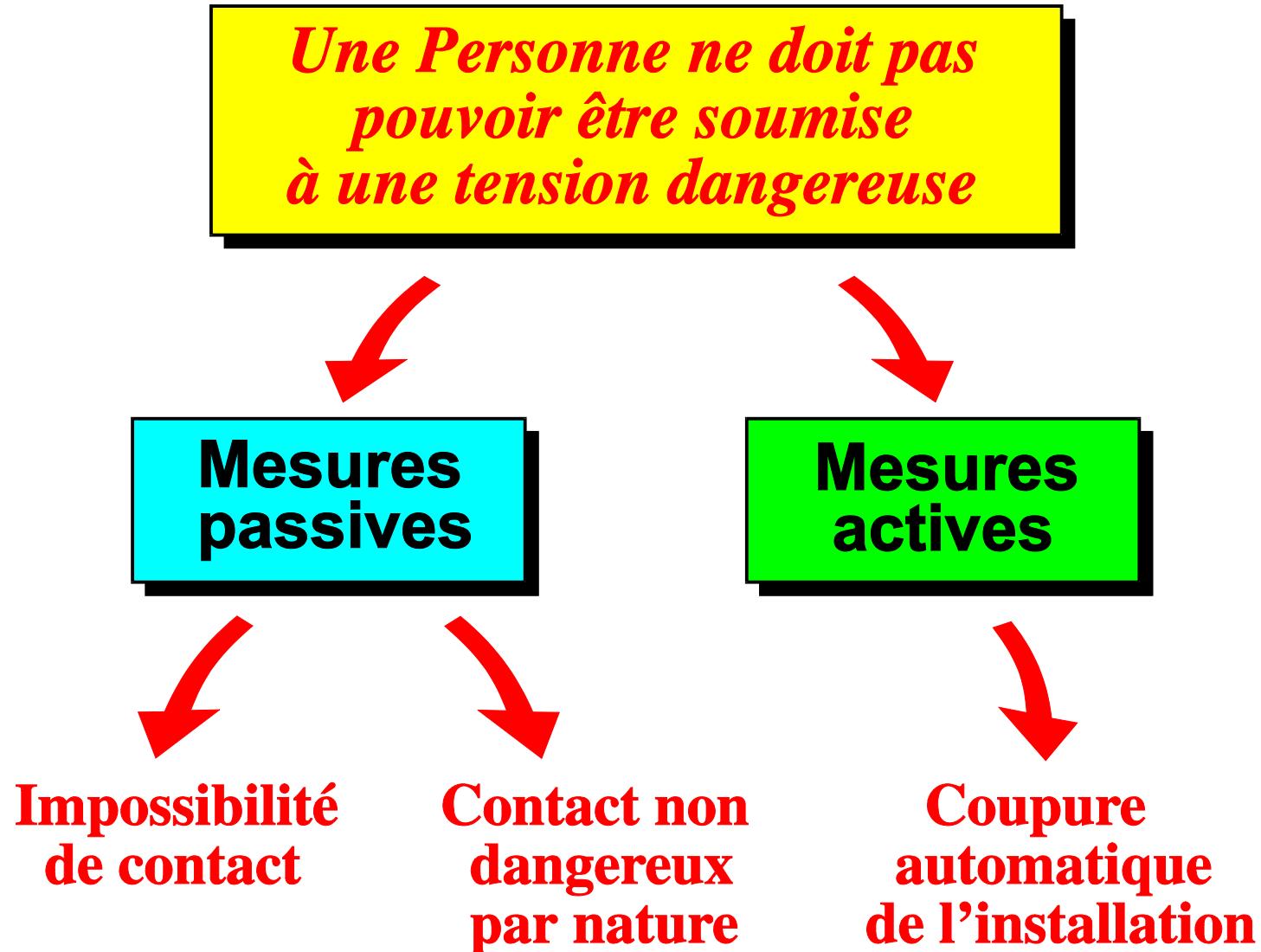
Impossibilité
de contact

Contact non
dangereux
par nature

Principes et règles de protection

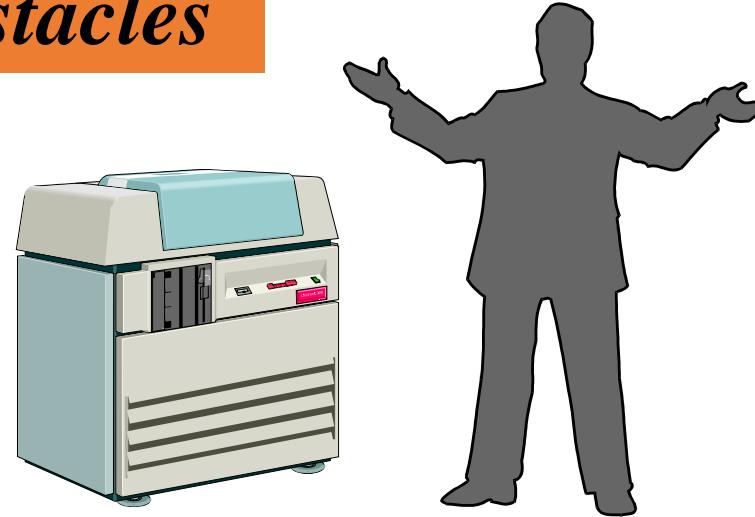


Principes et règles de protection

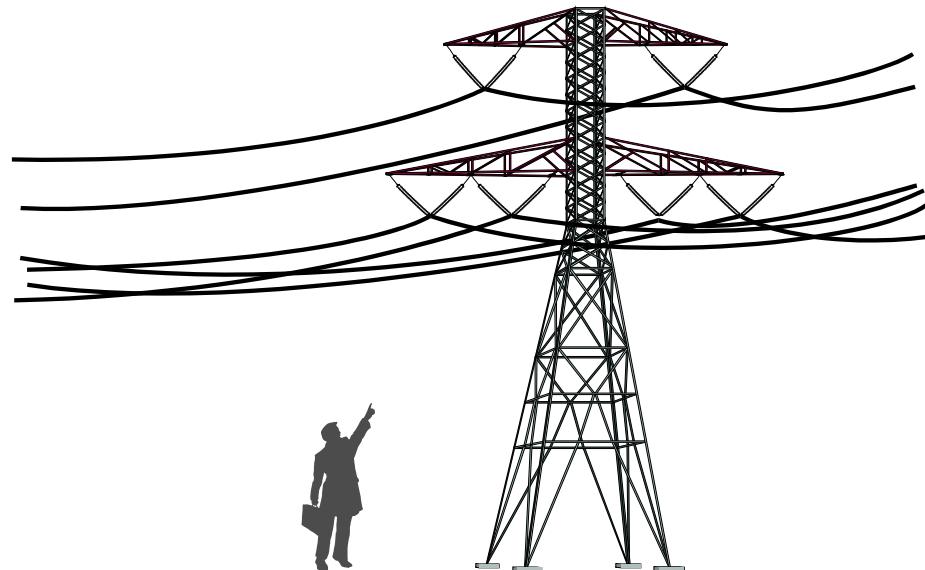


Mesures passives

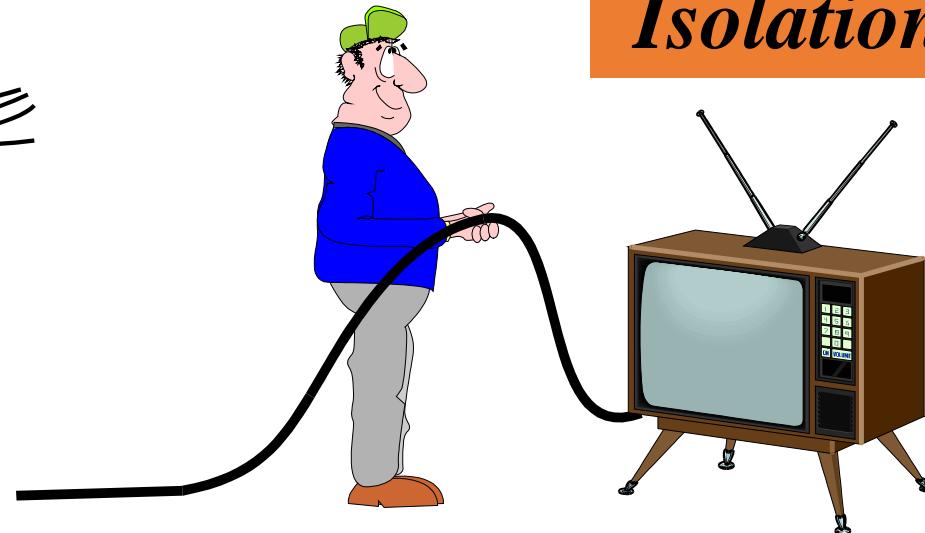
Obstacles



Eloignement



Isolation

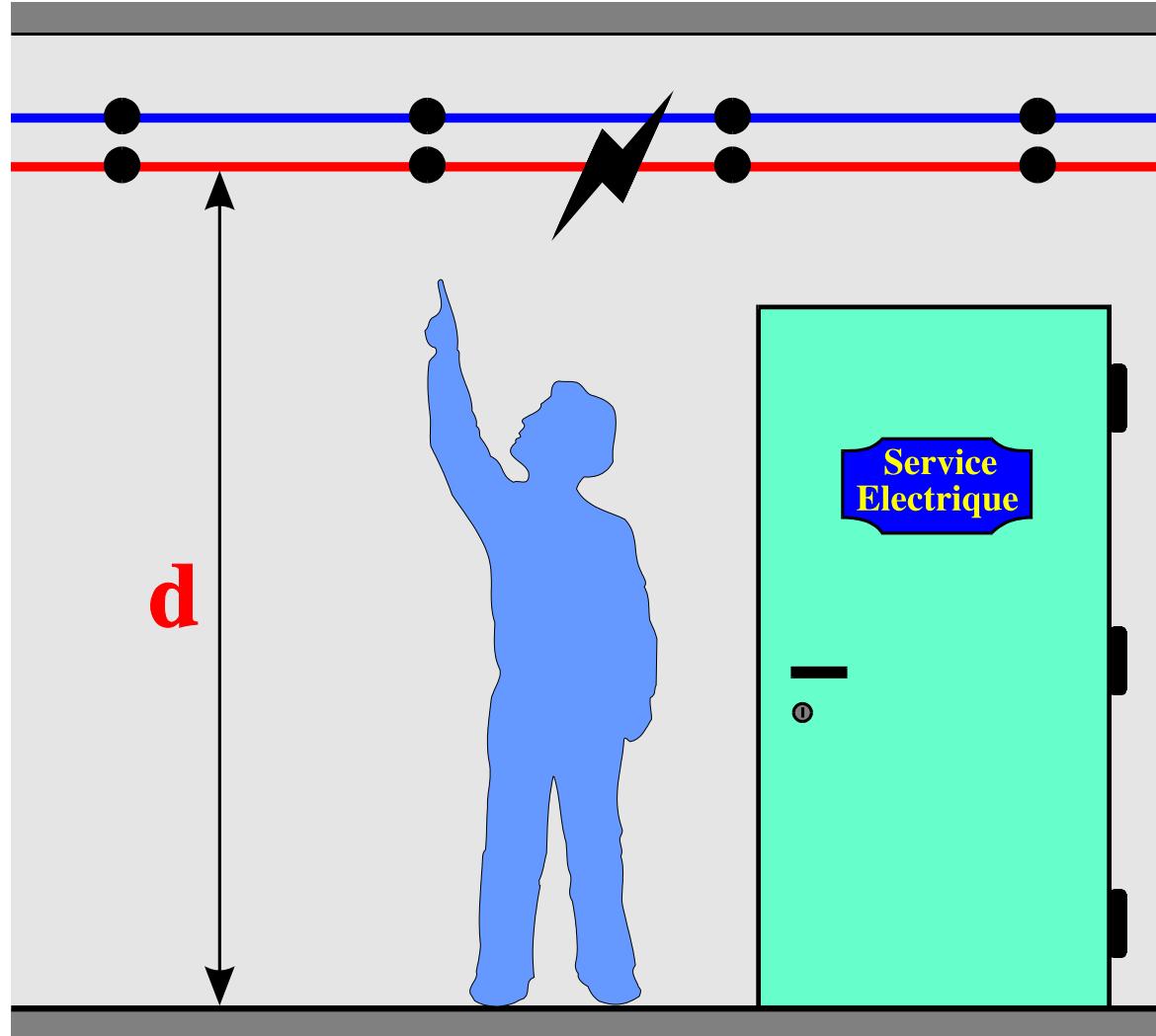


Mesures passives

- Très basse tension de sécurité
- Séparation de sécurité des circuits
- Liaisons équipotentielles locales
(non reliées à la terre)

Distances de sécurité

*Pièces nues
sous tension
surplombant un
passage dans les
locaux de service
électrique*

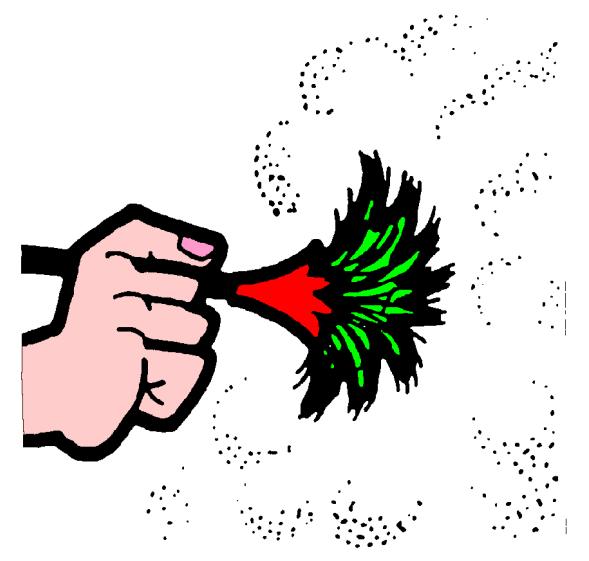


Distances de sécurité

*Pièces nues
sous tension
surplombant un
passage dans les
locaux de service
électrique*

Tension nominale en Volts	Distance au dessus du sol ou plancher en mètres
$50 < U \leq 1\,000$	2,30 m
$1\,000 < U \leq 30\,000$	2,50 m
$30\,000 < U \leq 45\,000$	2,60 m
$45\,000 < U \leq 63\,000$	2,80 m
$63\,000 < U \leq 90\,000$	3,00 m
$90\,000 < U \leq 150\,000$	3,40 m
$150\,000 < U \leq 225\,000$	4,00 m
$225\,000 < U \leq 400\,000$	5,30 m
$400\,000 < U \leq 750\,000$	7,90 m

Degrés de protection procurés par les enveloppes des matériels électriques (IPxx)

1er Chiffre	2ème Chiffre
	
Pénétration des POUSSIÈRES	Pénétration des LIQUIDES

Indice de protection des enveloppes des matériels électriques (IPxx)

1er chiffre : Protection contre les corps solides

Classification	Caractéristiques	Degré IP	Symboles appareils d'éclairage
Négligeable	 Pas de protection	1er chiffre 0 x	

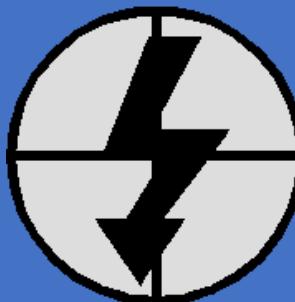
Indice de protection des enveloppes des matériels électriques (IPxx)

1er chiffre : Protection contre les corps solides

Classification	Caractéristiques	Degré IP	Symboles appareils d'éclairage
Gros et moyens objets	 Supérieurs à 50 mm	1er chiffre 1 x	

Indice de protection des enveloppes des matériels électriques (IPxx)

1er chiffre : Protection contre les corps solides

Classification	Caractéristiques	Degré IP	Symboles appareils d'éclairage
Gros et moyens objets	 Supérieurs à 12 mm (doigt d'épreuve)	1er chiffre 2 x	

Indice de protection des enveloppes des matériels électriques (IPxx)

1er chiffre : Protection contre les corps solides

Classification	Caractéristiques	Degré IP	Symboles appareils d'éclairage
Petits objets	 Supérieurs à 2,5 mm (outils, fils)	1er chiffre 3 x	

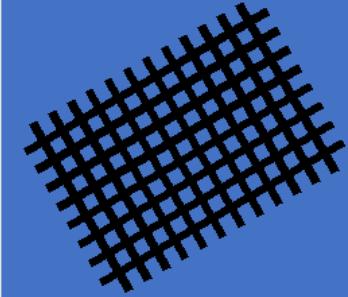
Indice de protection des enveloppes des matériels électriques (IPxx)

1er chiffre : Protection contre les corps solides

Classification	Caractéristiques	Degré IP	Symboles appareils d'éclairage
Très petits objets	 Supérieurs à 1 mm (outils fins, petits fils)	1er chiffre 4 x	

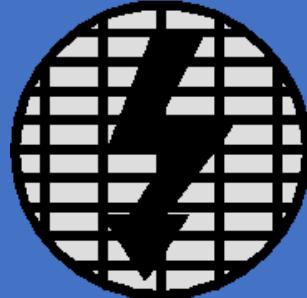
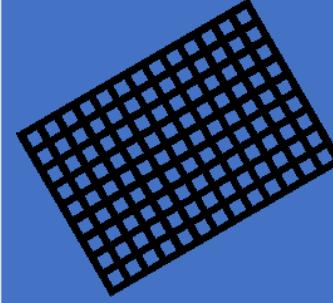
Indice de protection des enveloppes des matériels électriques (IPxx)

1er chiffre : Protection contre les corps solides

Classification	Caractéristiques	Degré IP	Symboles appareils d'éclairage
Poussières	 Poussières (pas de dépôt nuisible)	1er chiffre 5 x ou 6 x	

Indice de protection des enveloppes des matériels électriques (IPxx)

1er chiffre : Protection contre les corps solides

Classification	Caractéristiques	Degré IP	Symboles appareils d'éclairage
Poussières	 Totalement protégé contre les poussières	1er chiffre 5 x ou 6 x	

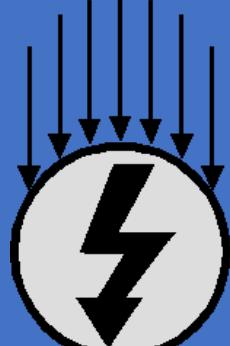
Indice de protection des enveloppes des matériels électriques (IPxx)

2ème chiffre : Protection contre les liquides

Classification	Caractéristiques	Degré IP	Symboles	
			Appareils d'éclairage	Autres appareils
Négligeable	 Pas de protection	2ème chiffre x 0		

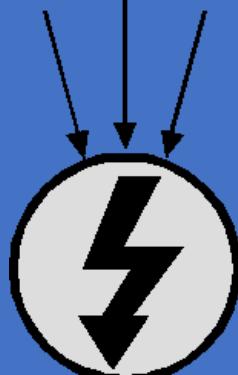
Indice de protection des enveloppes des matériels électriques (IPxx)

2ème chiffre : Protection contre les liquides

Classification	Caractéristiques	Degré IP	Symboles	
			Appareils d'éclairage	Autres appareils
Chutes de gouttes d'eau	 Verticals	2ème chiffre x 1		

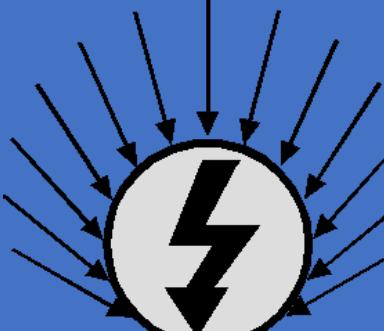
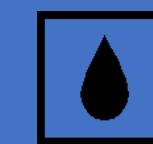
Indice de protection des enveloppes des matériels électriques (IPxx)

2ème chiffre : Protection contre les liquides

Classification	Caractéristiques	Degré IP	Symboles	
			Appareils d'éclairage	Autres appareils
Chutes de gouttes d'eau	 Inclinaison maximale de 15 °	2ème chiffre x 2		

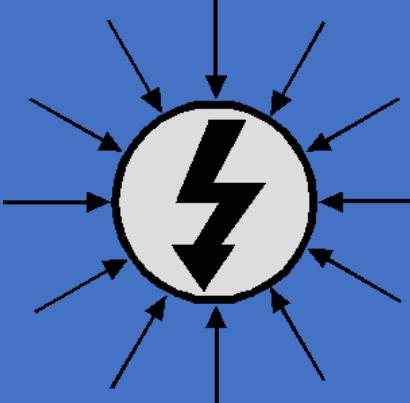
Indice de protection des enveloppes des matériels électriques (IPxx)

2ème chiffre : Protection contre les liquides

Classification	Caractéristiques	Degré IP	Symboles	
			Appareils d'éclairage	Autres appareils
Aspersion d'eau	 Jusqu'à 60° de la verticale	2ème chiffre x 3		

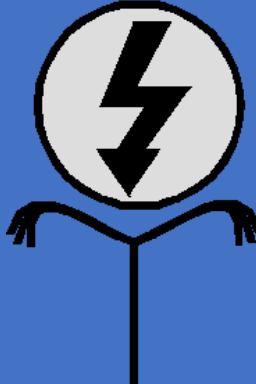
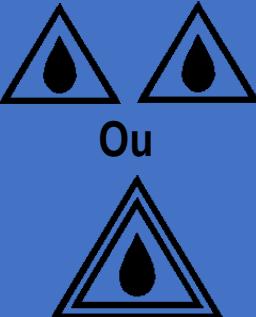
Indice de protection des enveloppes des matériels électriques (IPxx)

2ème chiffre : Protection contre les liquides

Classification	Caractéristiques	Degré IP	Symboles	
			Appareils d'éclairage	Autres appareils
Projection d'eau	 Toutes directions	2ème chiffre x 4		

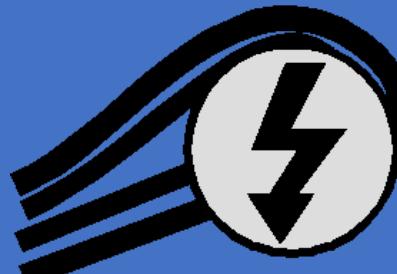
Indice de protection des enveloppes des matériels électriques (IPxx)

2ème chiffre : Protection contre les liquides

Classification	Caractéristiques	Degré IP	Symboles	
			Appareils d'éclairage	Autres appareils
Jets d'eau		Toutes directions à la lance 2ème chiffre x 5		

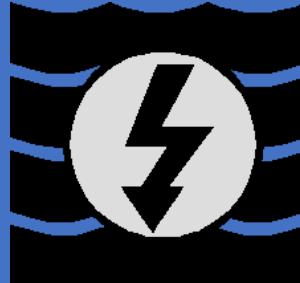
Indice de protection des enveloppes des matériels électriques (IPxx)

2ème chiffre : Protection contre les liquides

Classification	Caractéristiques	Degré IP	Symboles	
			Appareils d'éclairage	Autres appareils
Paquets d'eau	 Paquets de mer	2ème chiffre x 6		

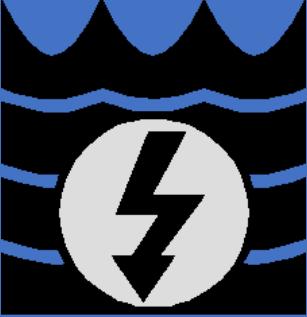
Indice de protection des enveloppes des matériels électriques (IPxx)

2ème chiffre : Protection contre les liquides

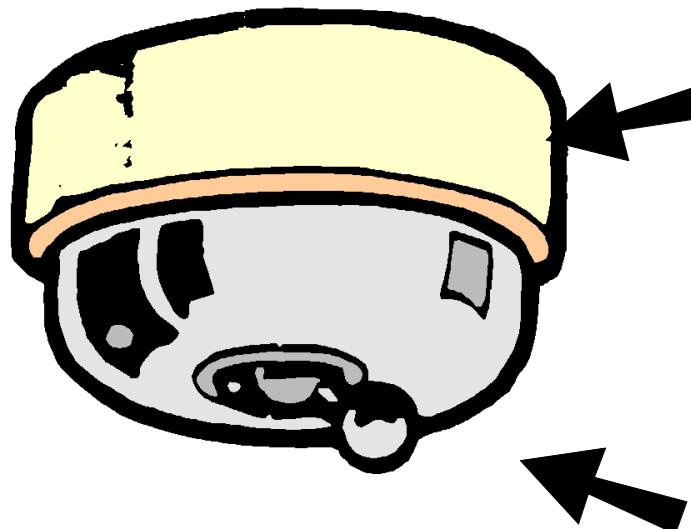
Classification	Caractéristiques	Degré IP	Symboles	
			Appareils d'éclairage	Autres appareils
Immersion		Effets de l'immersion 2ème chiffre x 7		

Indice de protection des enveloppes des matériels électriques (IPxx)

2ème chiffre : Protection contre les liquides

Classification	Caractéristiques	Degré IP	Symboles	
			Appareils d'éclairage	Autres appareils
Submersion	 Effets prolongés Immersion sous pression	2ème chiffre x 8		

Matériel de classe 0 (Zéro)



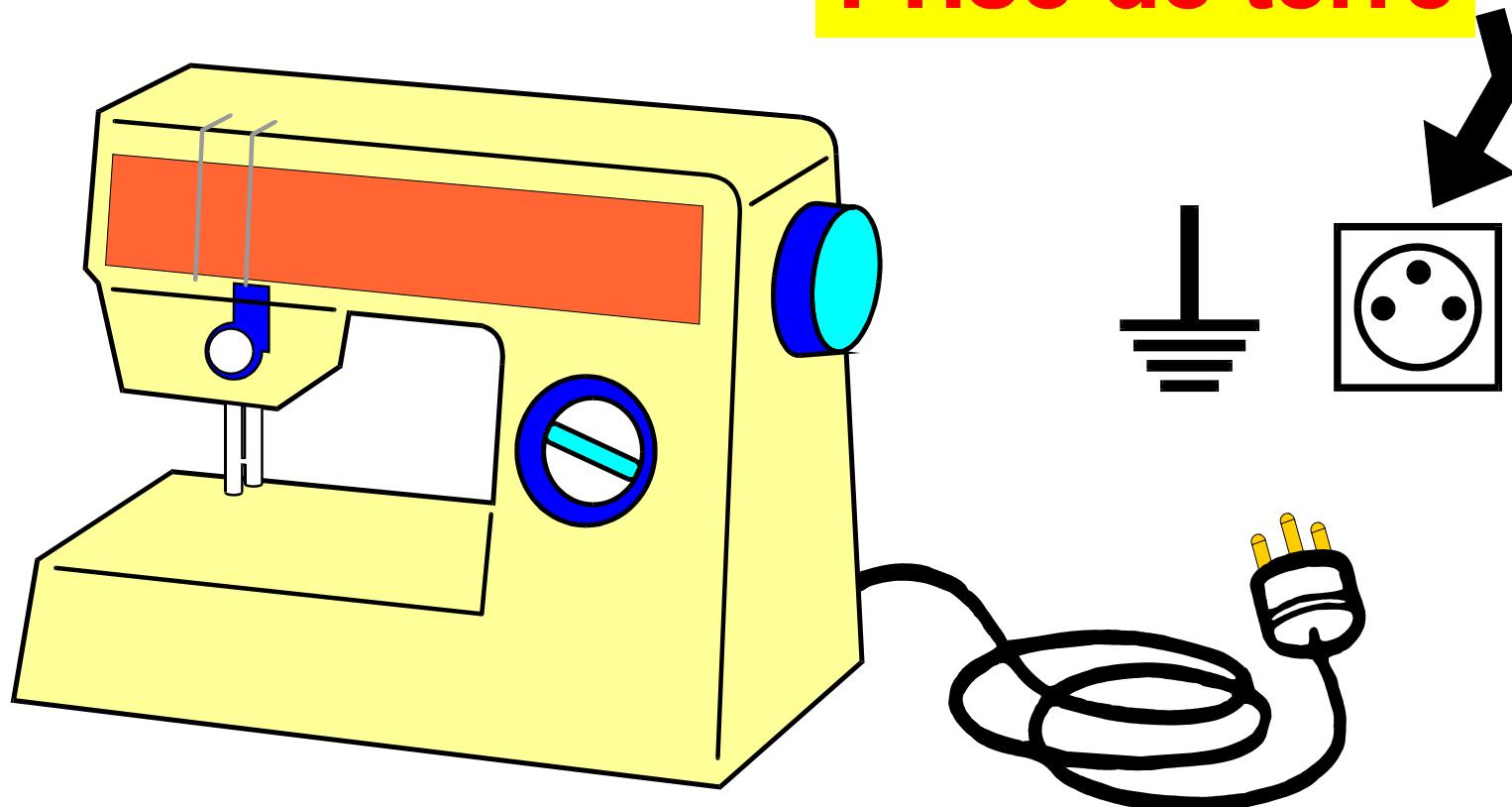
Embase isolante

**Couvercle métallique
accessible**

Classe des matériels

Matériel de classe 1

Prise de terre



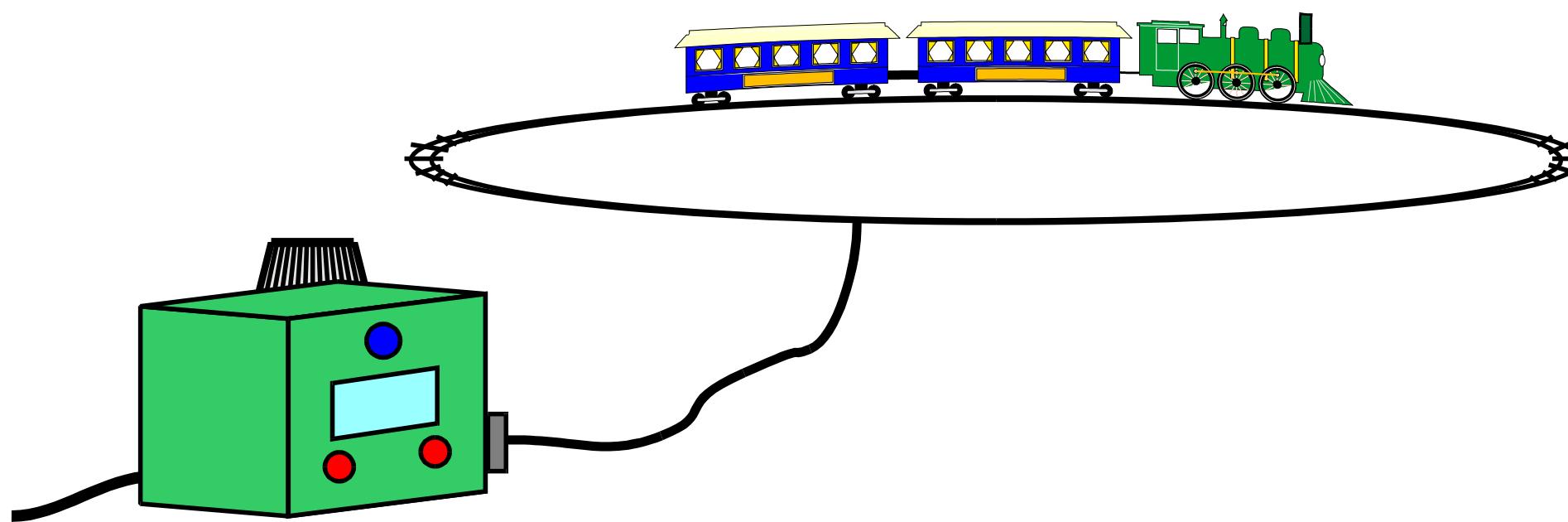
Classe des matériels

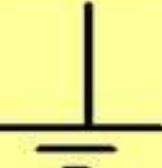
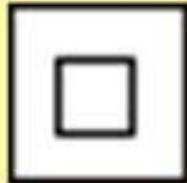


Matériel de classe 2

Classe des matériels

Matériel de classe 3



Classes	Symboles	Exemple
0 : Appareil non isolé	Aucun	
I : appareil dont les masses doivent être relié à la terre		
II : Appareil protégé par une double isolation (pas relié à la terre)		
III : Appareil alimenté en 12 V ou 24 V		

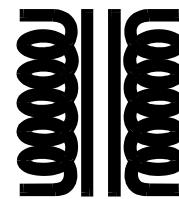
Très basse
tension de
sécurité

TENSION D'ALIMENTATION :

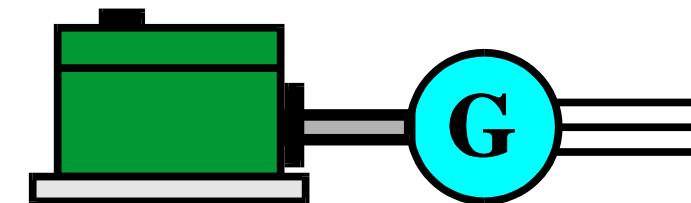
≤ 50 V en alternatif
≤ 120 V en continu

SOURCES :

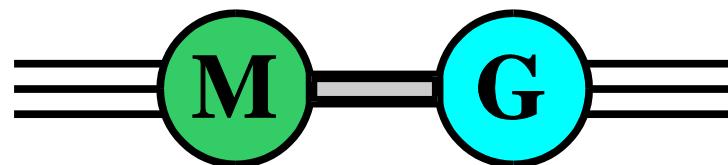
**Transformateur de sécurité
(NF EN 60-742)**



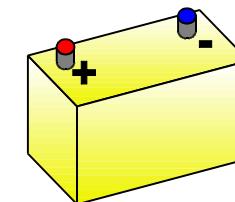
**Groupe moteur
thermique-générateur**



Groupe moteur-générateur



Piles ou accumulateurs



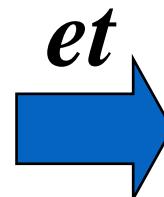
Conditions de réalisation

Très basse tension de sécurité

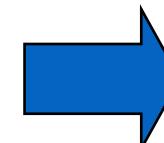
Pas de liaison électrique

Entre

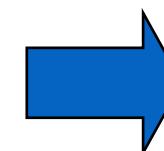
Parties actives
TBT



Parties actives d'autres circuits



Conducteurs de protection d'autres circuits



Terre

Conditions de réalisation

Très basse tension de sécurité

Pas de liaison intentionnelle

Entre

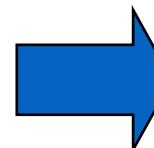
Masse des matériels électriques
TBT

et

Conducteurs de protection ou masses d'autres installations



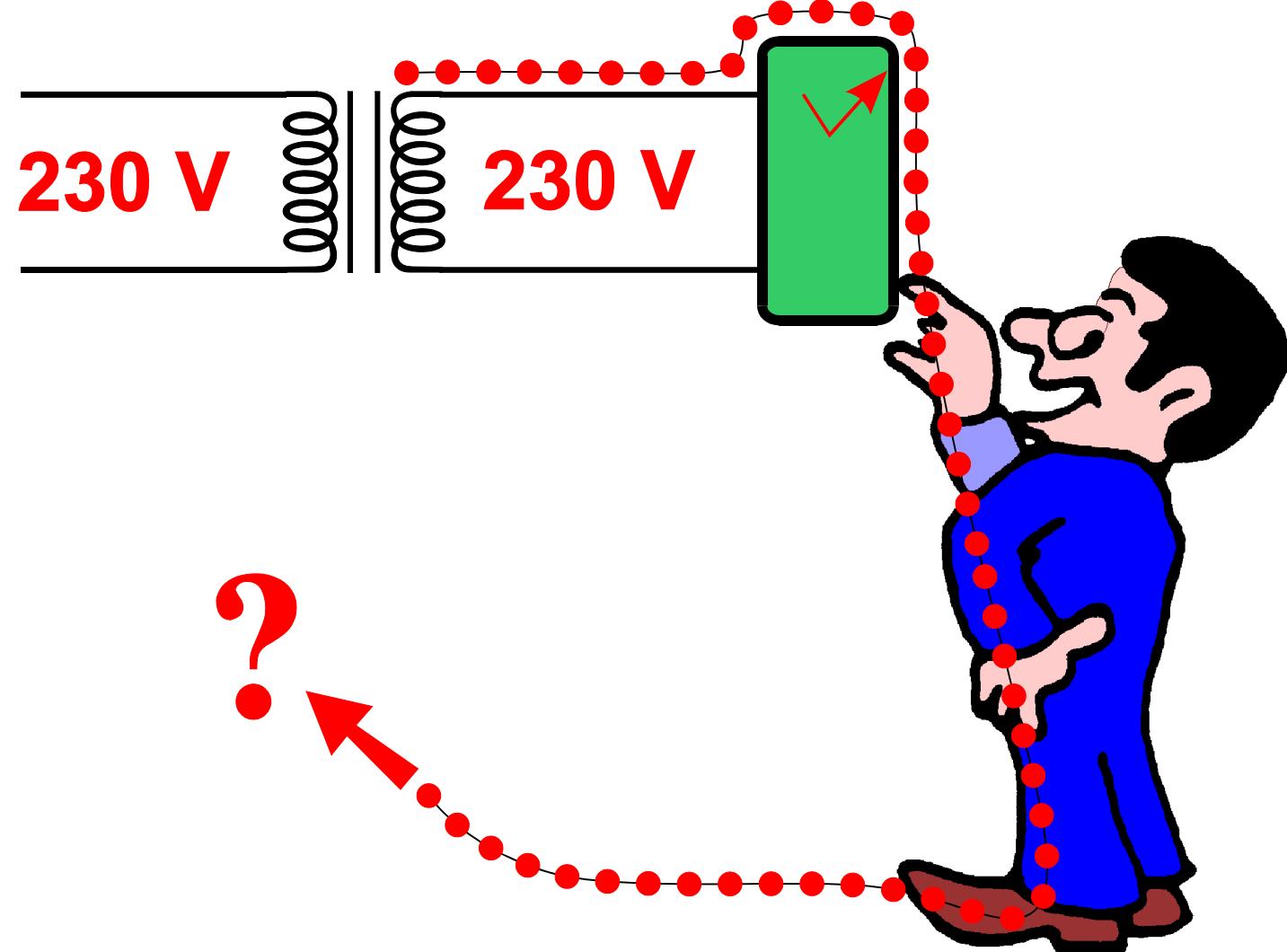
Éléments conducteurs



Terre

Séparation de sécurité des circuits

Principe :



Conditions de réalisation

Séparation de sécurité des circuits

- 
- Source de séparation de classe II
 - Tension nominale du circuit séparé ≤ 500 V
 - Pas de point commun entre :

Circuit séparé et



Autre circuit



Point relié à la terre

Conditions de réalisation

Séparation de sécurité des circuits

- Pas de liaison intentionnelle entre :

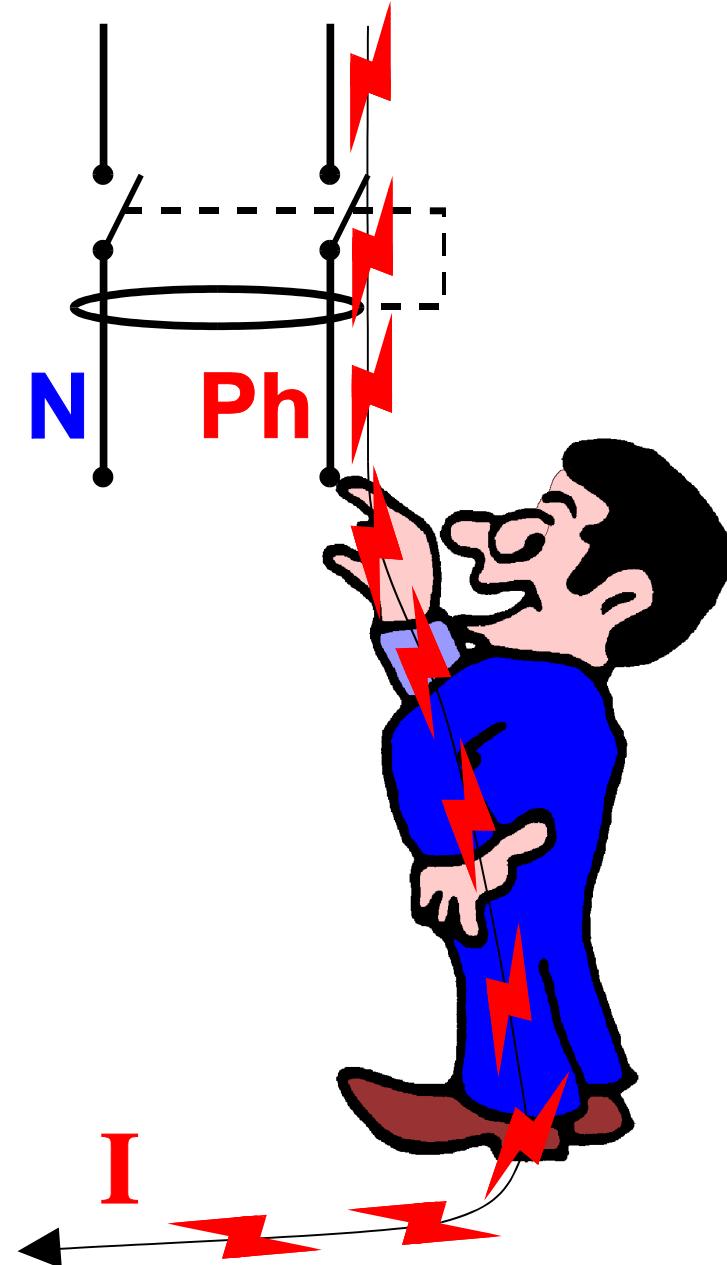
Masse du circuit séparé et :

- Masses d'autres circuits
- Conducteurs de protection d'autres circuits
- Éléments conducteurs
- Terre

Mesures actives (contacts directs)

*Protection
complémentaire
par D.D.R.
haute sensibilité
(< 30 mA)*

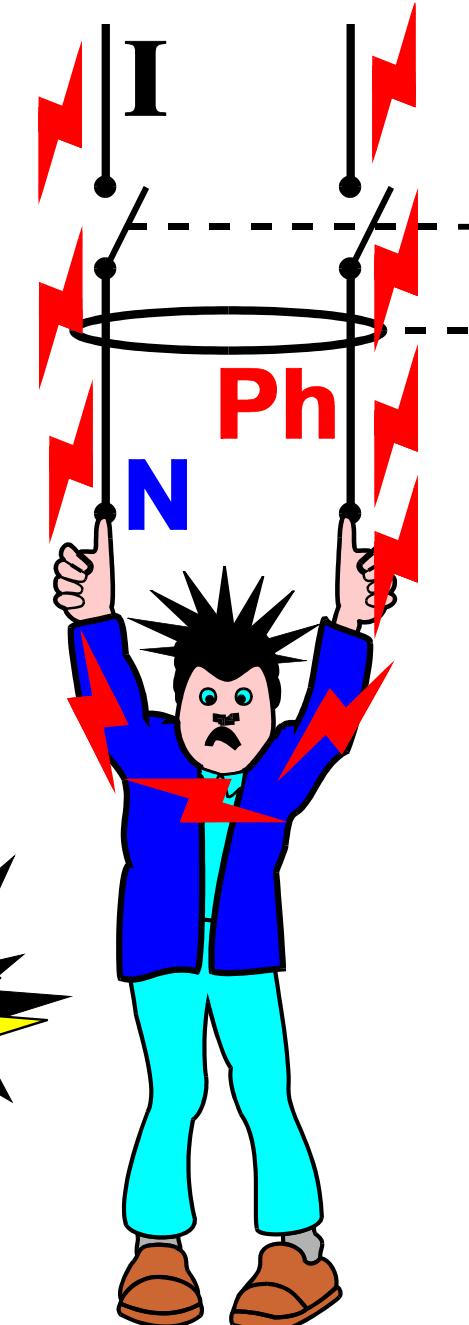
*Protection
assurée*



Mesures actives (contacts directs)

*Protection
complémentaire
par D.R.
haute sensibilité
(< 30 mA)*

*Protection
non assurée*

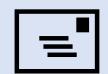


Mesures actives (contacts indirects)



Liaison des masses

- Soit à des prises de terre
- Soit au point neutre de l'alimentation et interconnexion des masses simultanément accessibles



Utilisation des dispositifs de coupure automatique

- Dispositifs Différentiels à courant Résiduel (DDR)
- Disjoncteurs
- Fusibles

Installation de mise à la terre

- 1 : Conducteurs de protection
- 2 : Conducteurs de liaison équipotentielle
- 3 : Conducteur de terre

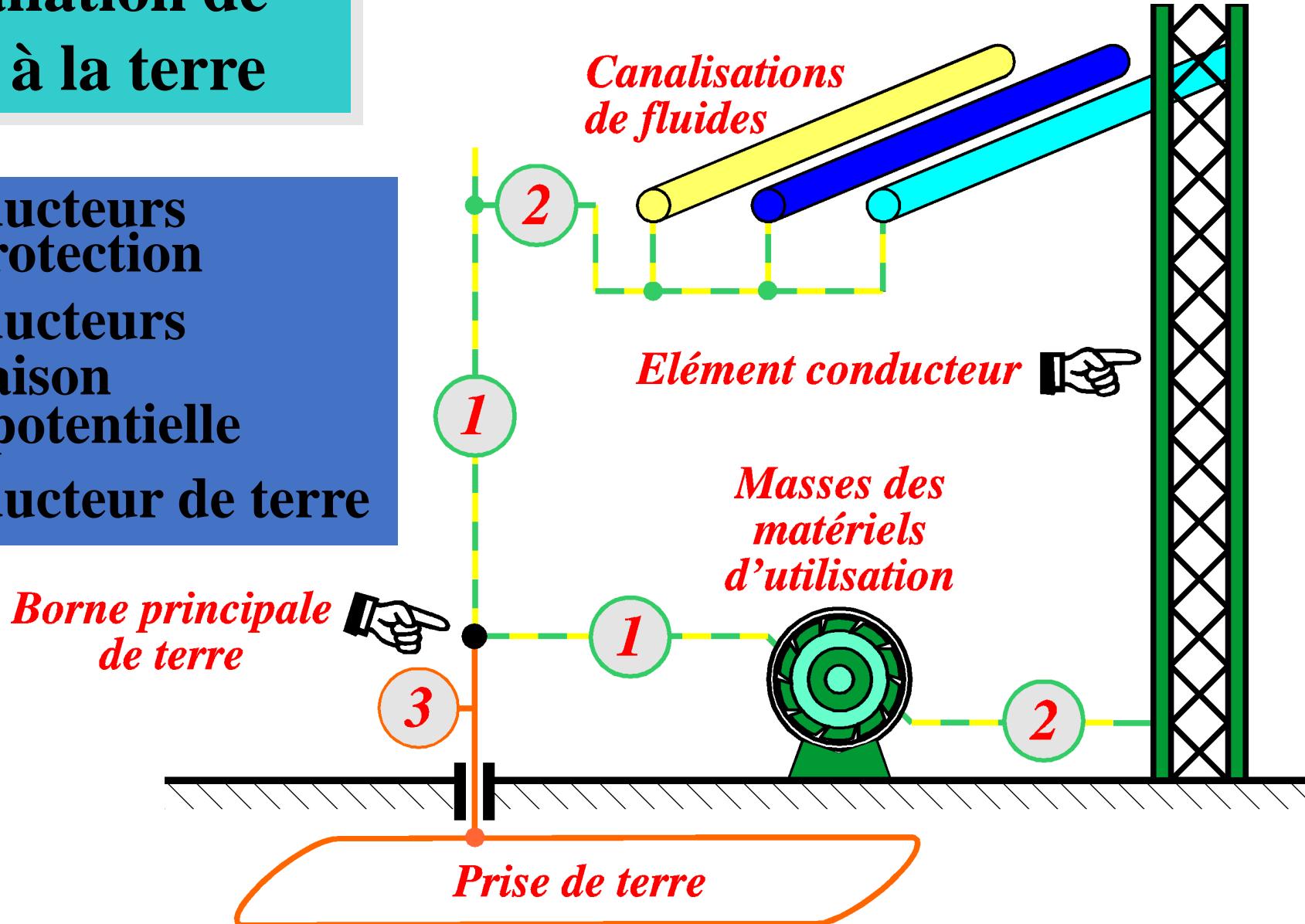


Schéma TT

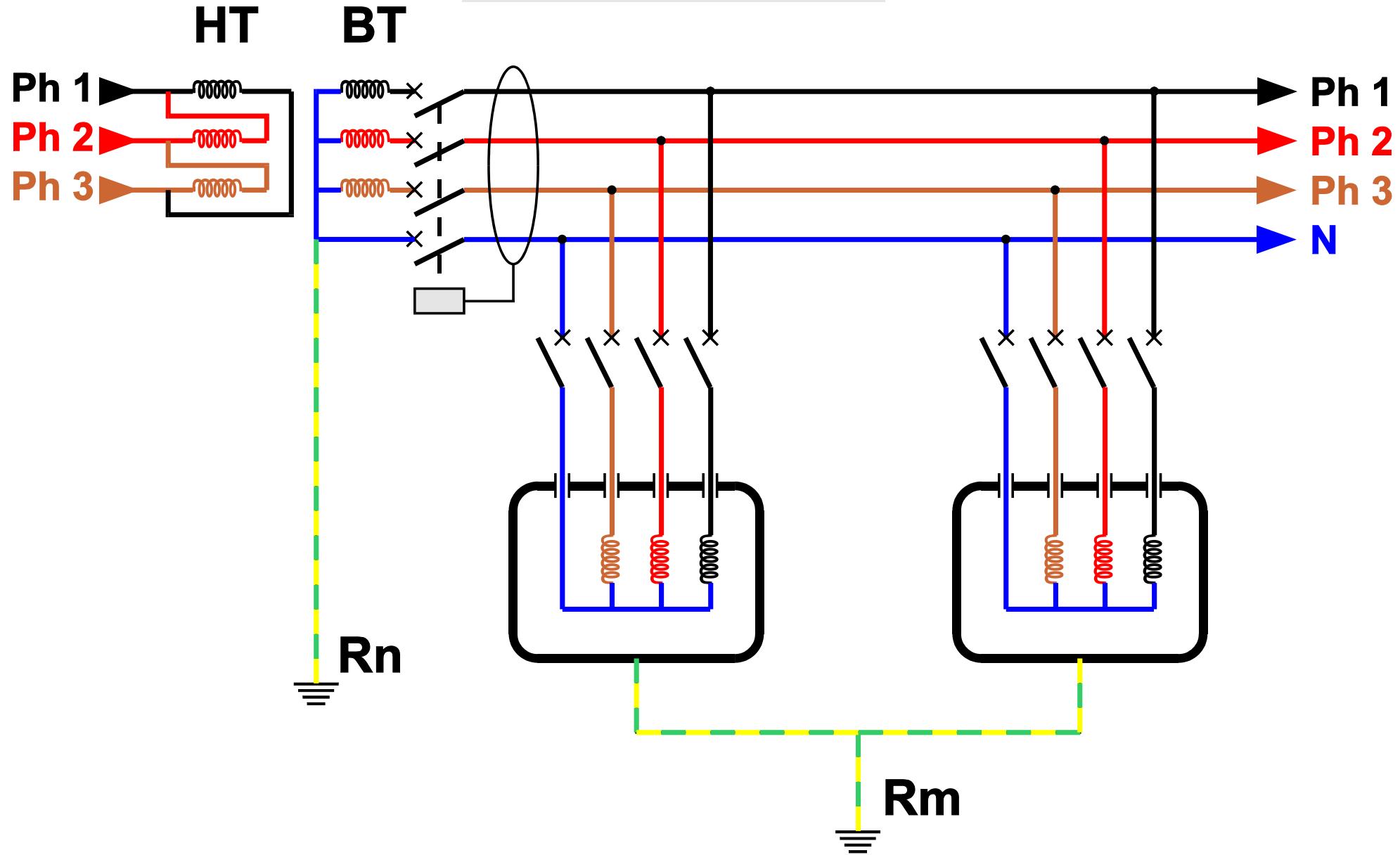
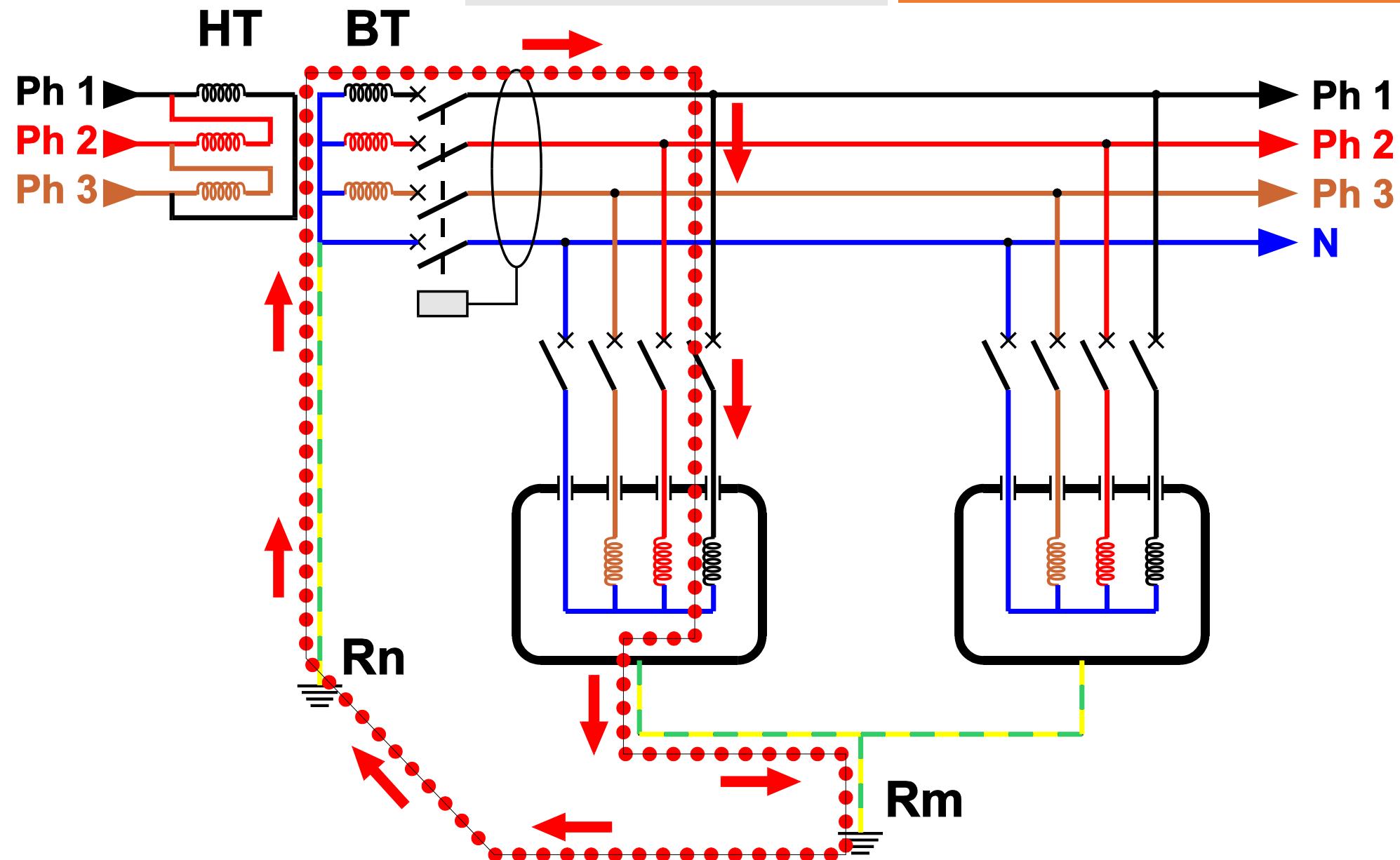
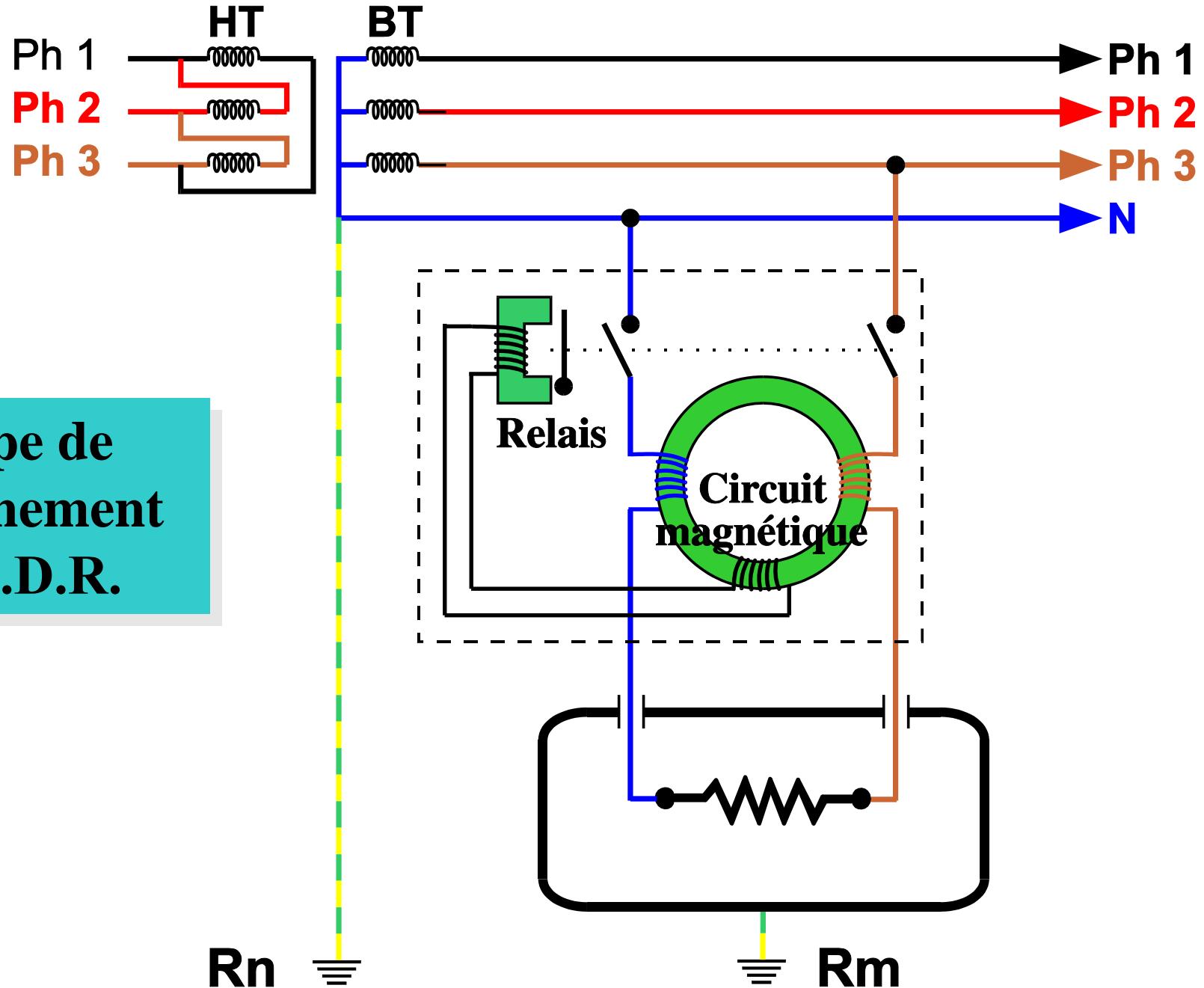


Schéma TT

défaut d'isolation



Principe de fonctionnement d'un D.D.R.



Principe de fonctionnement d'un D.D.R.

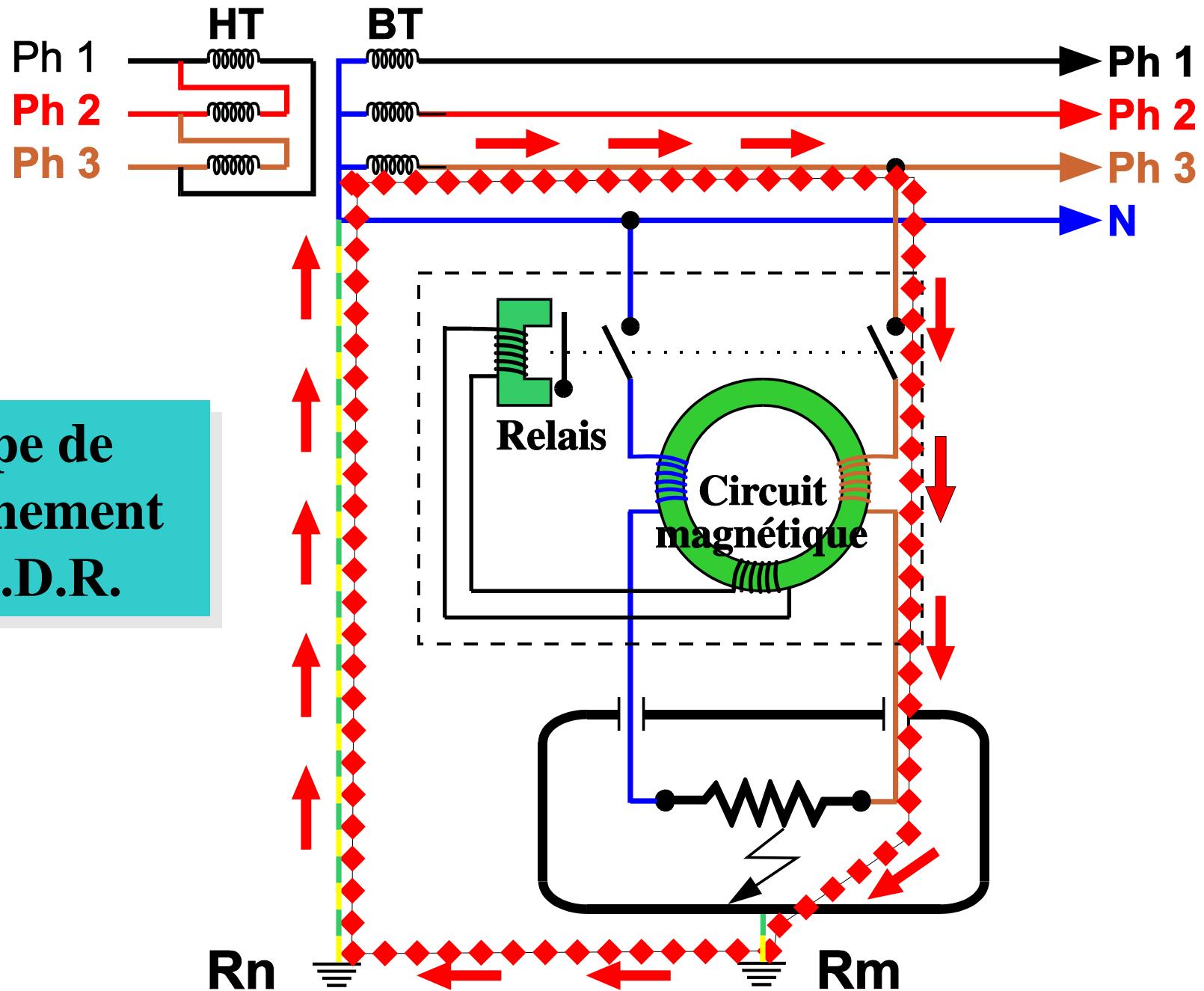


Schéma TNS

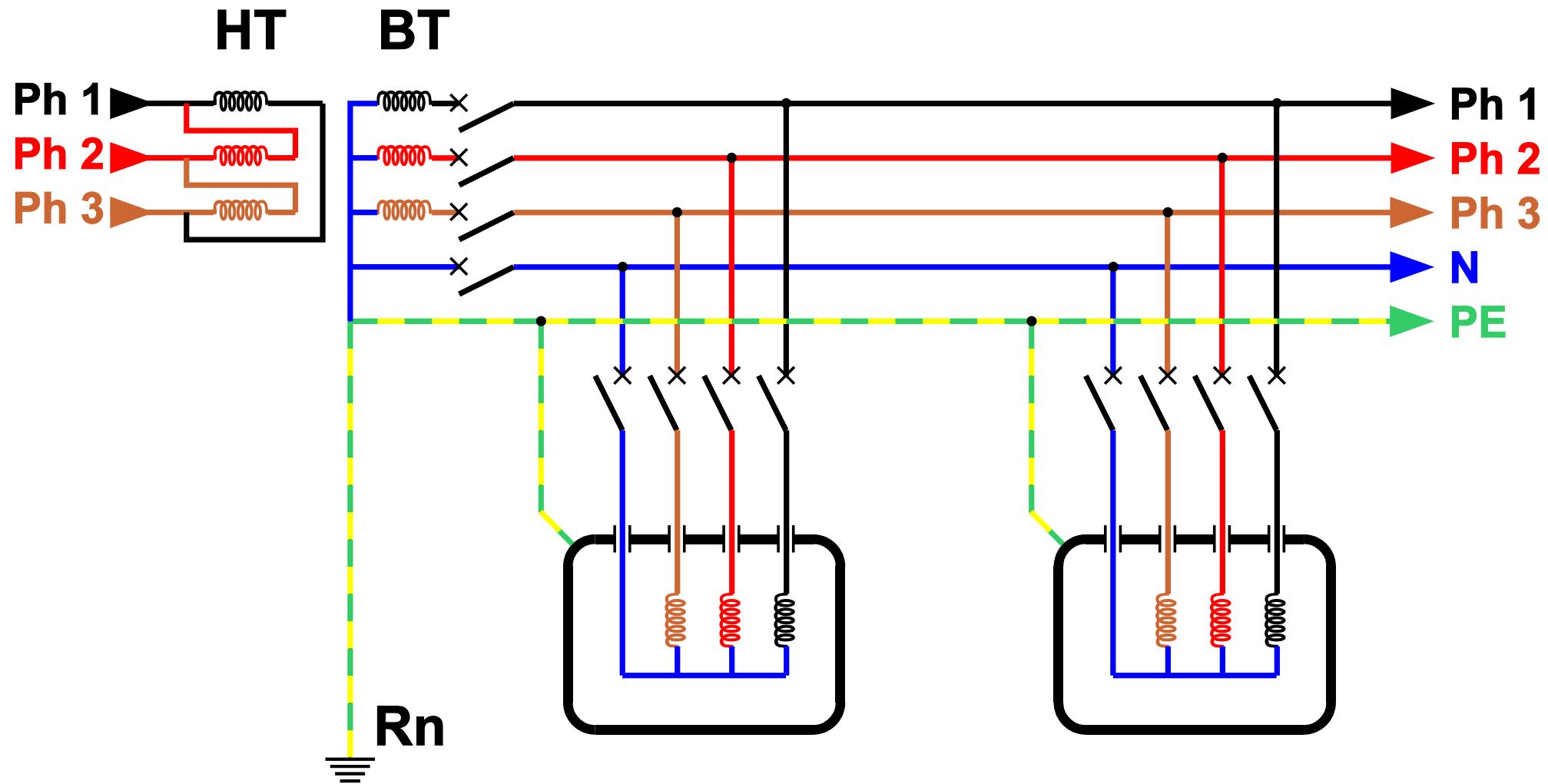


Schéma TNS

défaut d'isolation

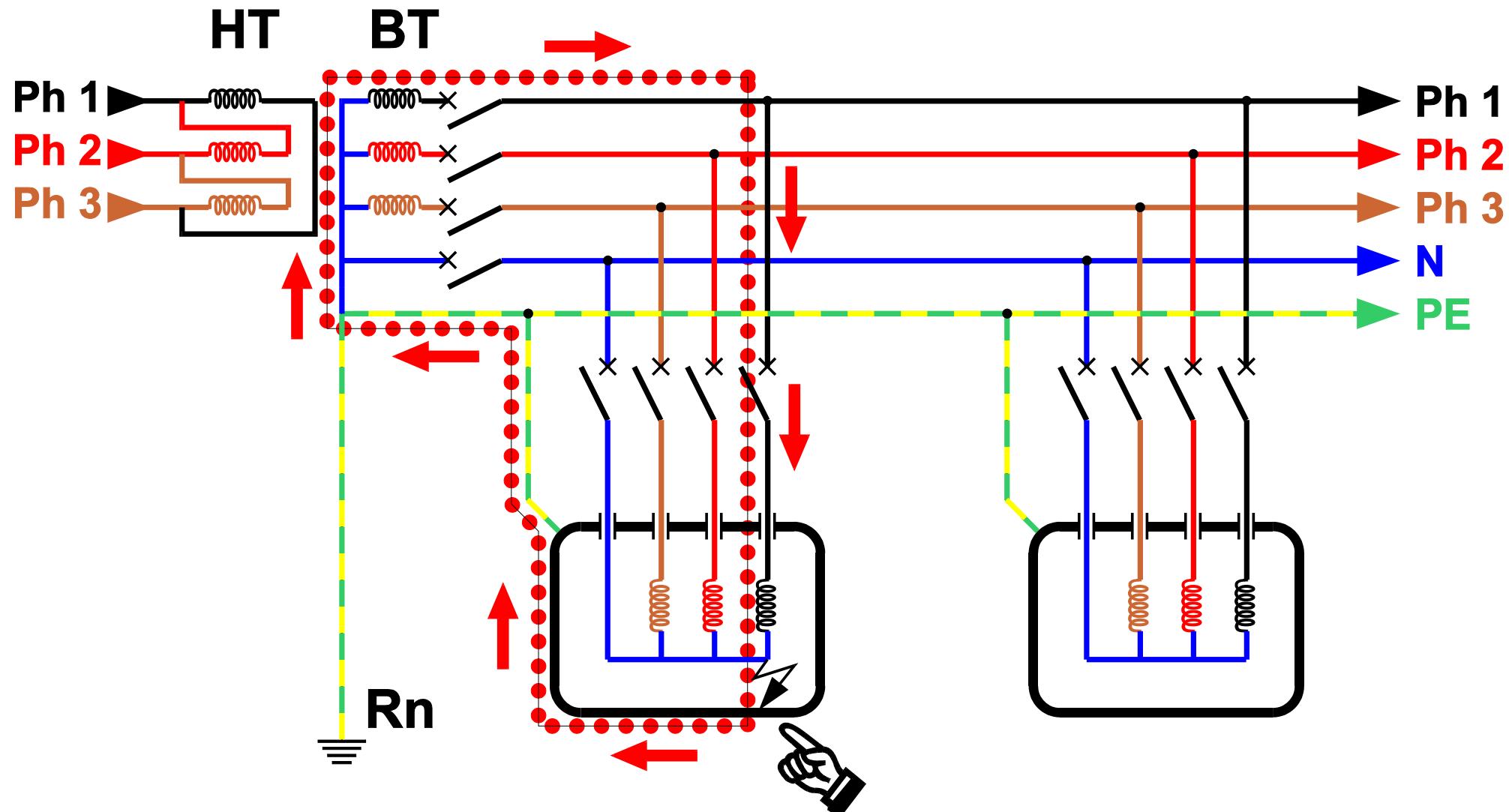


Schéma TNC / TNS

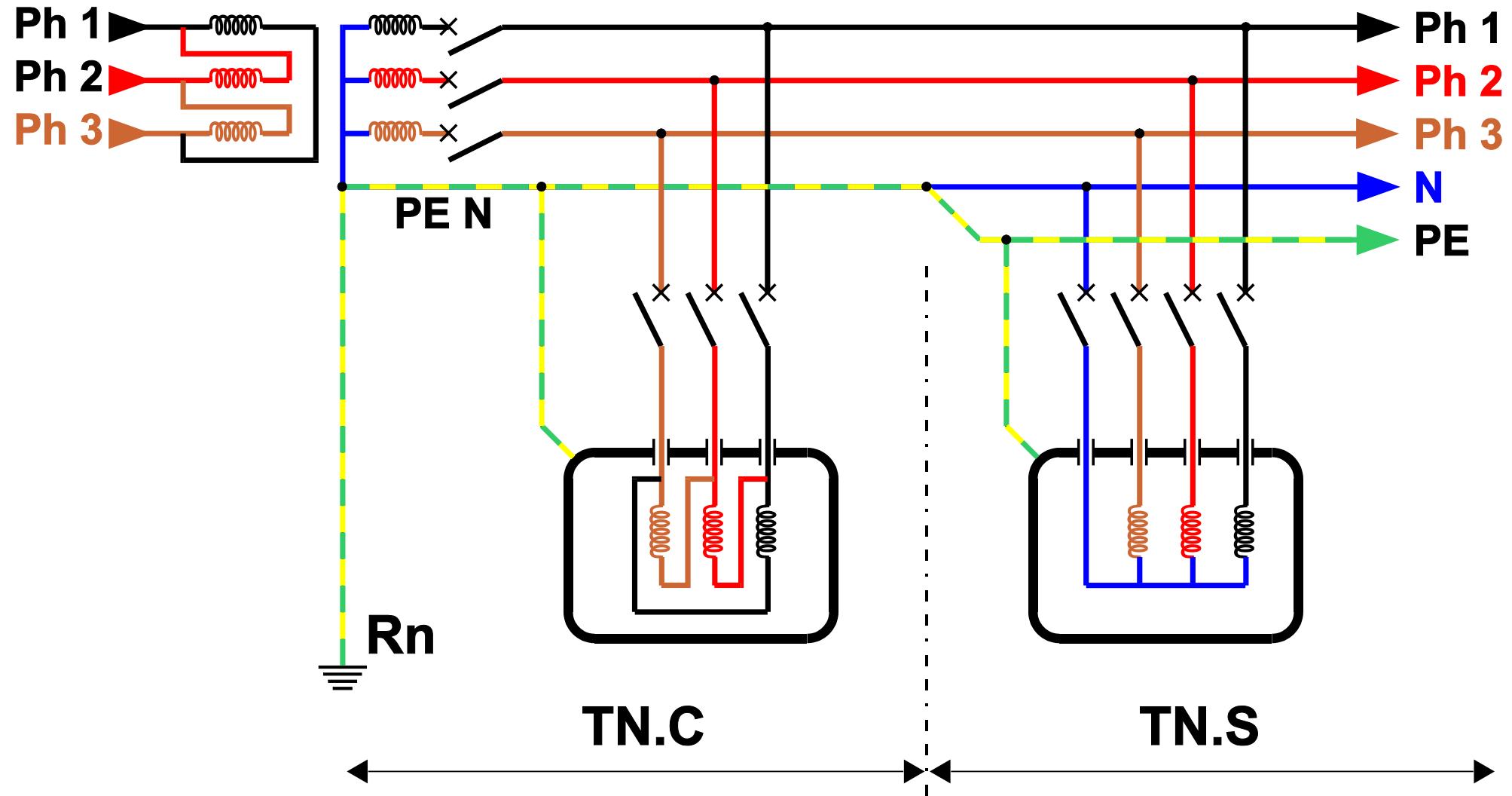
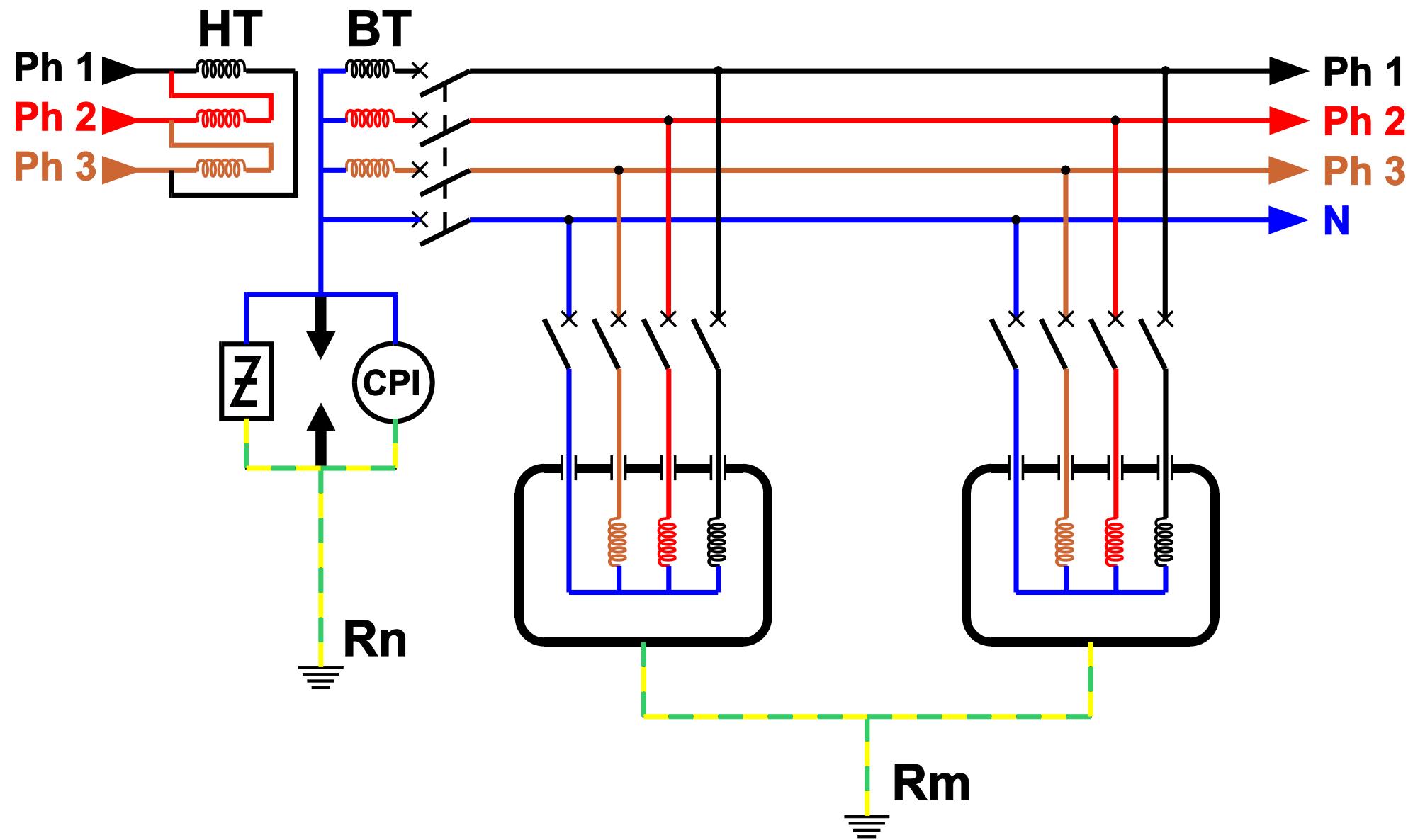


Schéma IT



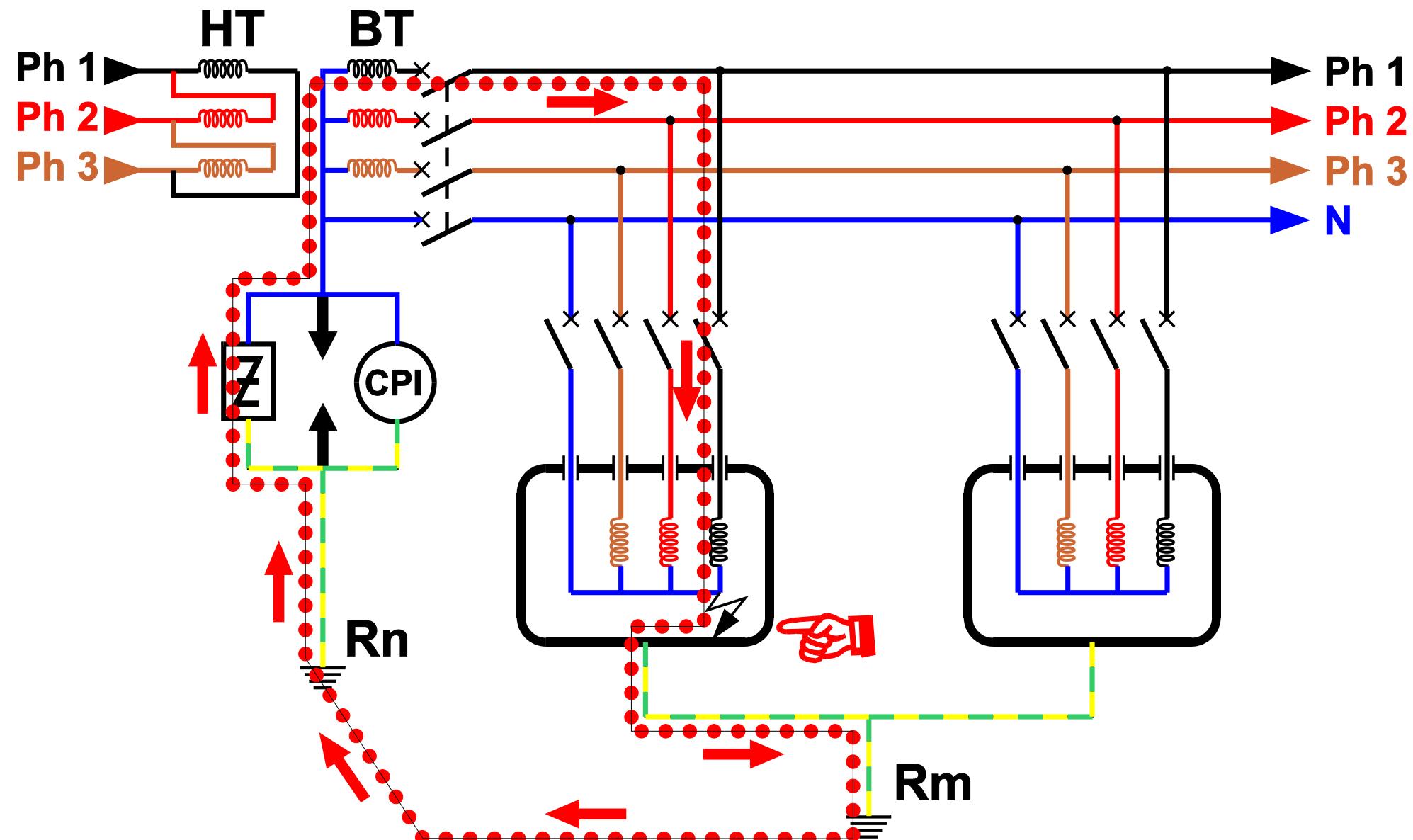
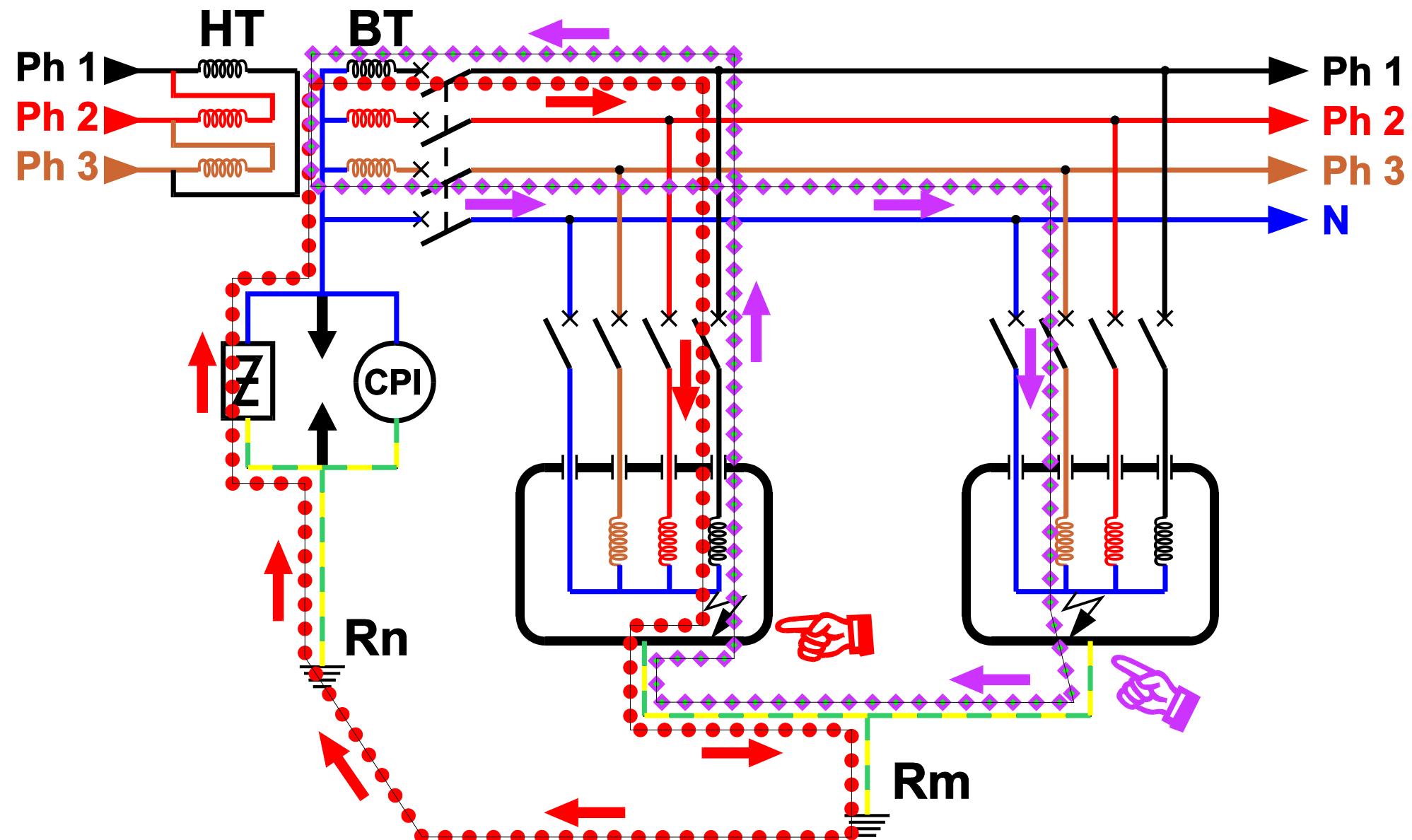


Schéma IT

2^e défaut d'isolation



Danger Additionnelle : Éclair D'arc

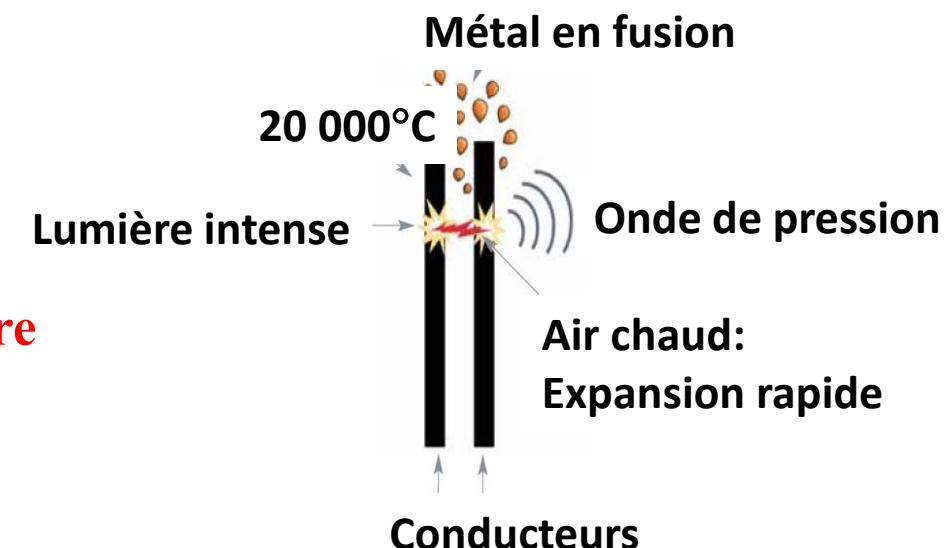
Un arc électrique est une explosion ou une décharge électrique soudaine qui se produit lorsque le courant électrique se déplace dans l'air d'un conducteur à un autre (deux phases, ou une phase et le neutre ou la terre)



La foudre est un exemple naturel

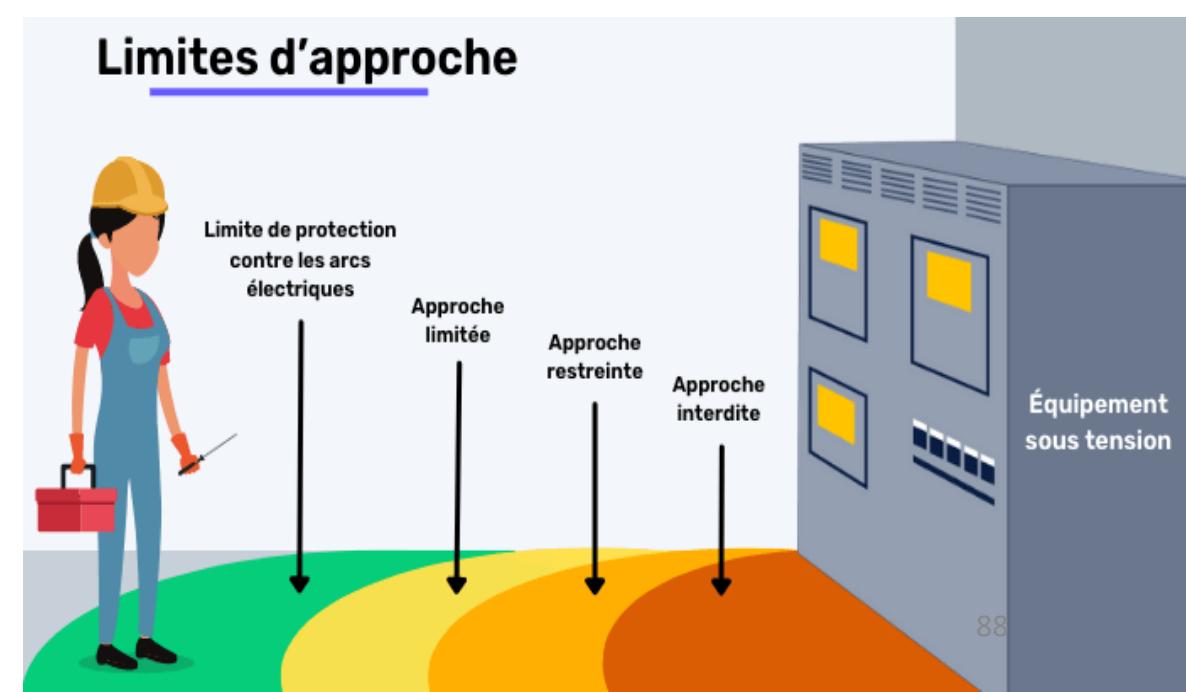
Un arc peut dégager une énorme énergie

- Déflagration à haute température (20.000°C)
- Détonation, explosion due à l'expansion des gaz
- Onde de choc due à l'expansion subite du cuivre (le cuivre vaporisé peut se dilater 67000 fois son volume solide)



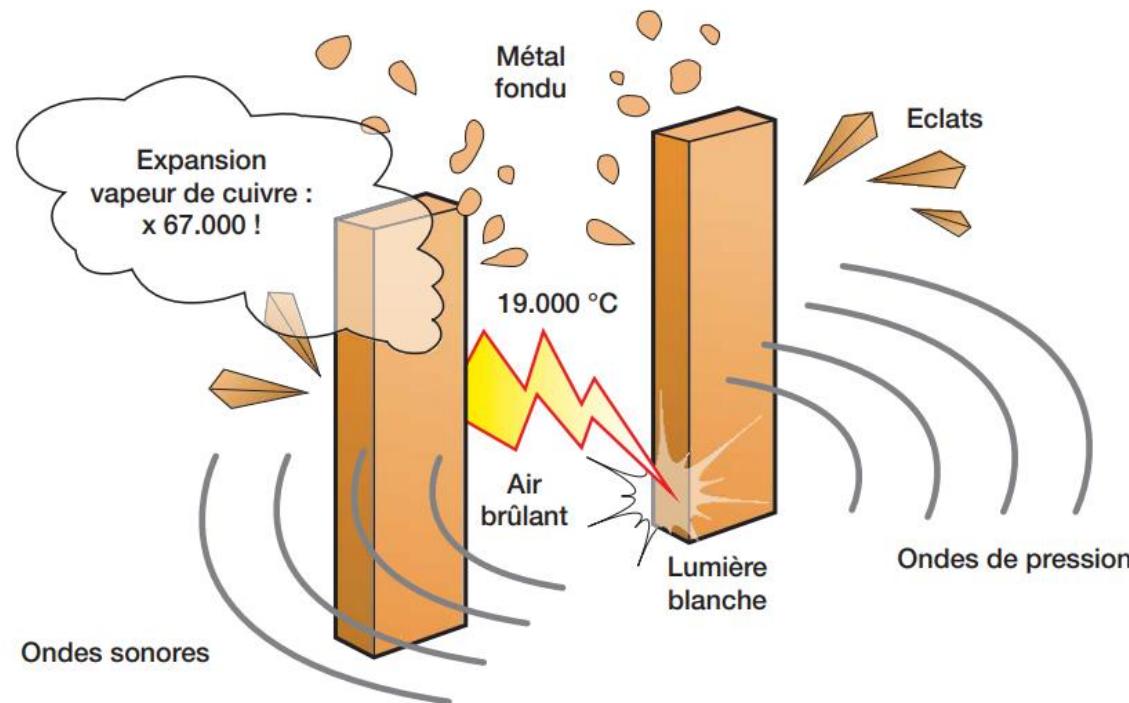
Éclair D'arc : Sources Possibles Et Importance

- Outil tombe entre deux conducteurs
- Isolation défectueuse
- Lors d'une prise de mesure: amorce d'arc par les sondes
- La majorité des blessures d'origine électrique sont dues aux arcs électriques et non aux chocs



Comment calculer le risque d'Arc électrique ?

Un risque d'arc électrique est exprimé sous forme d'énergie "incidente" en cal/cm² et indique le rayonnement subi par la peau d'un employé en présence d'un arc électrique. Il s'agit ici surtout d'énergie rayonnante. Un minimum de 1,2 cal/cm², pendant 1 seconde, est déterminé comme le point auquel l'énergie peut provoquer des brûlures au second degré, qui est le risque contre lequel il faut se protéger. Plus il y a de calories, plus l'énergie incidente sera élevée et plus la protection devra être efficace. Cependant, plusieurs facteurs (variables) peuvent venir influencer et compliquer la détermination du nombre de cal/cm² :



Comment calculer le risque d'Arc électrique ?

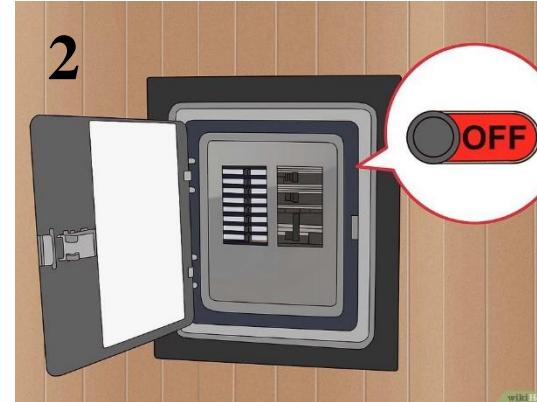
- La puissance de l'électricité (tension) : haute ou basse tension.
- La durée de l'arc électrique : elle dépend fortement de la vitesse de coupure du disjoncteur. Plus elle est rapide, moins il y a de risques.
 - La distance de l'employé jusqu'à l'installation électrique : plus il est éloigné, moins le risque est élevé (facteur de réduction 4). L'idéal est d'éloigner l'employé de l'armoire électrique pendant qu'il travaille, de sorte qu'il ne puisse PAS subir de brûlure au second degré en cas d'arc électrique. Cette distance est également appelée “distance limite d'approche prudente”. En travaillant quand même dans cette limite, Il faut absolument utiliser les EPI nécessaires.
 - La puissance maximale de l'arc de court-circuit (exprimée en kA).

La Conduite À Tenir En Cas D'accident D'origine Électrique

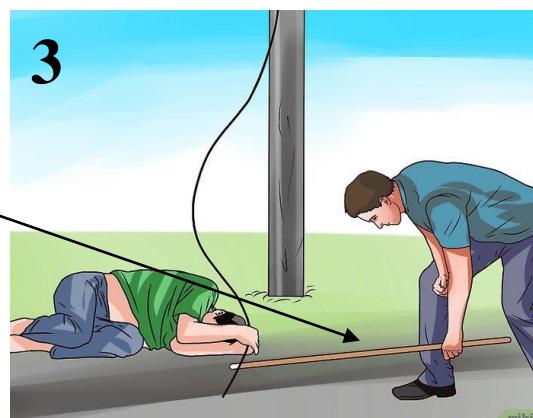
Observer la situation



Couper le courant



Dégager la victime



Noter: Objet isolant

Appeler les secours

