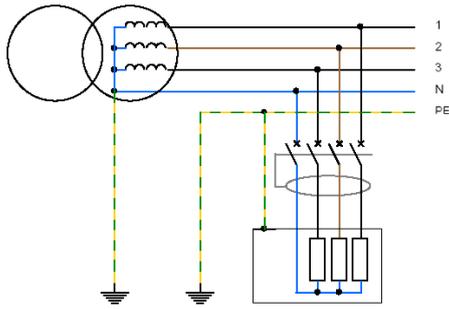


Electricité, Dangers, et sécurité



Plan du chapitre

- 1. Structure des réseaux
- 2. Les risques électriques
- 3. Les textes réglementaires
- 4. Protections préventives en TBT et BT

Plan du chapitre

- 1. Structure des réseaux
 - 2. Les risques électriques
 - 3. Les textes réglementaires
 - 4. Protections préventives en TBT et BT
-

3

1. Structure des réseaux

1.1. Introduction

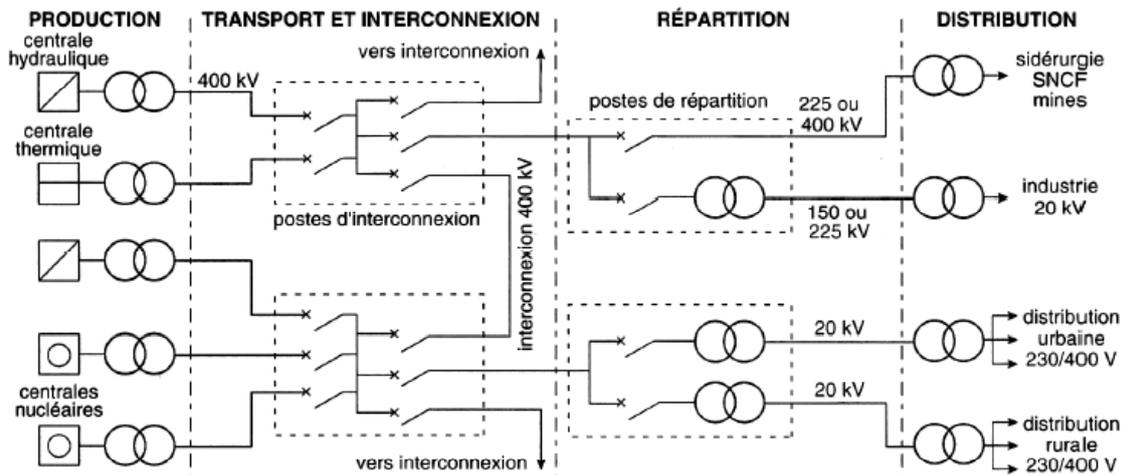
- Chaque fois que l'on allume une lampe électrique ou que l'on démarre un moteur, il faut simultanément produire et transporter l'énergie.
 - L'une des raisons principales du succès de l'électricité tient à ce qu'elle est très facilement transportable.
 - *Les transformateurs sont les liens indispensables entre les différentes parties du réseau national de distribution de l'énergie électrique.*
-

4

1. Structure des réseaux

1.2. Structure du réseau national

- Le schéma ci-dessous illustre la structure du réseau national de transport d'énergie électrique :



5

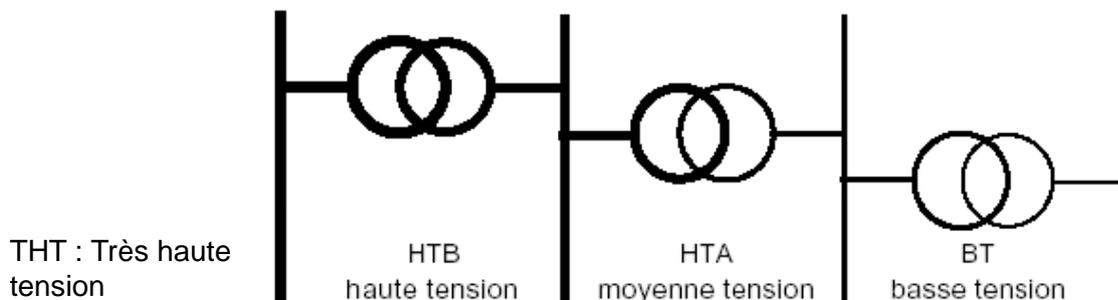
1. Structure des réseaux

1.3. Classification

- Principe :**

Réseau de distribution de courant alternatif

Structure :



6

1. Structure des réseaux

1.3. Classification

■ Nomenclature :

Domaines	Courant alternatif (volts efficaces)	Courant continu lisse (ondulation < 15%)
HTB	$U > 50 \text{ kV}$	$U > 75 \text{ kV}$
HTA	$1 \text{ kV} < U \leq 50 \text{ kV}$	$1,5 \text{ kV} < U \leq 75 \text{ kV}$
BTB	$500 \text{ V} < U \leq 1 \text{ kV}$	$750 \text{ V} < U \leq 1,5 \text{ kV}$
BTA	$50 \text{ V} < U \leq 500 \text{ V}$	$120 \text{ V} < U \leq 750 \text{ V}$
TBT	$U \leq 50 \text{ V}$	$U \leq 120 \text{ V}$

7

1. Structure des réseaux

1.3. Classification

■ Quelques valeurs :

□ Fréquences :

- 50 Hz en Europe
- 60 Hz Angleterre - USA
- 400 Hz Bateaux, Avionique, ...

□ Tensions :

- HTB : 220 kV et 60 kV : 220 kV transport et distribution, 60 kV : alimentation des installations de puissance > 12 MW
- HTA : 20 kV : alimentation des installations de puissance jusqu'à 12 MW, 3kV et 5,5 kV : alimentation des installations de puissance comprise entre 100 et 1500 kW
- BTB : 690V
- BTA : 230 V et 400V/230V : distribution à usage domestique ou artisanal
- TBT : établie en relation avec la tension limite conventionnelle de sécurité U_L .

8

1. Structure des réseaux

1.4. Transport et Perte

- Les supports physique permettant le transport d'un point à un autre (autrement dit les câbles électriques...) sont caractérisés par une certaine résistance interne r_t . Il en résulte donc des pertes en lignes telles que :

$$P_{\text{ligne}} = r_t \frac{P^2}{U^2}$$

Avec P la puissance transportée, U la tension au départ de la ligne.

- Pour une puissance donnée donc, les pertes sont inversement proportionnelles au carré de la tension ce qui explique l'intérêt de la très haute tension (THT) de 400 kV en France et de 750 kV au Canada (le Canada est beaucoup plus grand que la France).

9

1. Structure des réseaux

1.4. Transport et Perte

- Quelques chiffres:

Tableau 1. Résistance linéique des conducteurs en cuivre.

Section (mm ²)	120	185	300	500	800
Résistance (Ω/km)	0,153	0,0991	0,0601	0,0366	0,0221

Tableau 2. Les pertes d'énergie

Année	1950	1960	1970	1980	1990
Énergie transportée (TWh - 10 ¹² Wh)	25,9	57,8	126,5	243,9	386,4
Pertes (TWh)	2,84	3,49	4,1	6	8,7
Pertes (%)	10,95 %	6 %	3,2 %	2,46 %	2,25 %

10

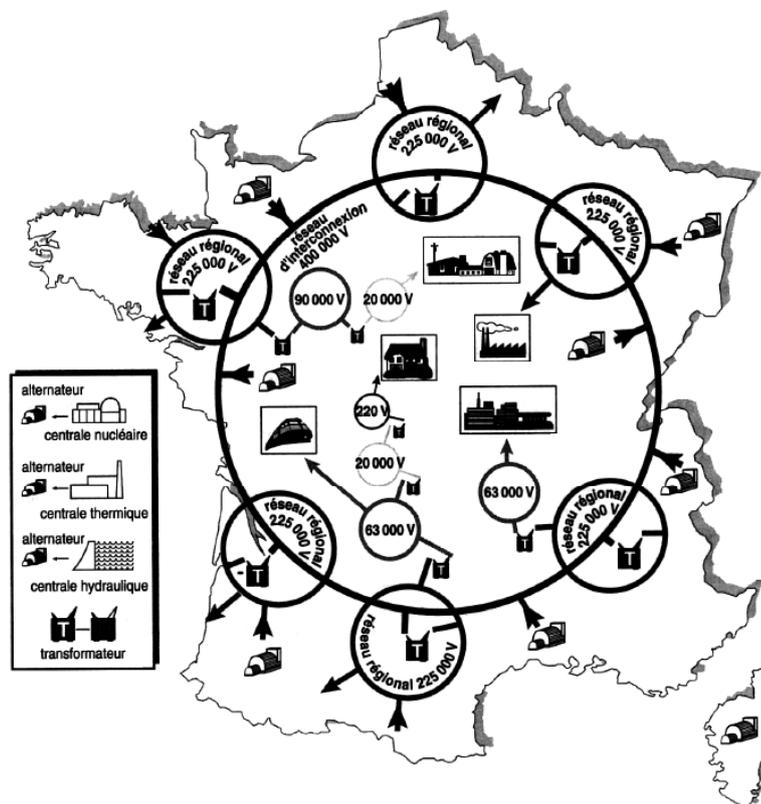
1. Structure des réseaux

1.5. Interconnexion

- Le réseau de transport, par son interconnexion, assure en permanence une liaison entre les centrales de production et les lieux de consommation, sachant que l'électricité ne se stocke pas.
- Toutes les lignes à très haute tension (THT) sont interconnectées, c'est-à-dire qu'elles sont reliées par des *postes d'interconnexion* assurant la continuité entre les lignes de différents niveaux de tension.
- L'interconnexion permet (i) des échanges d'énergie entre les régions; (ii) en cas de défaut sur une ligne ou dans une centrale, l'alimentation par une autre ligne; (iii) des échanges vers les pays voisins (exportation d'énergie).

11

1. Structure des réseaux



12

Plan du chapitre

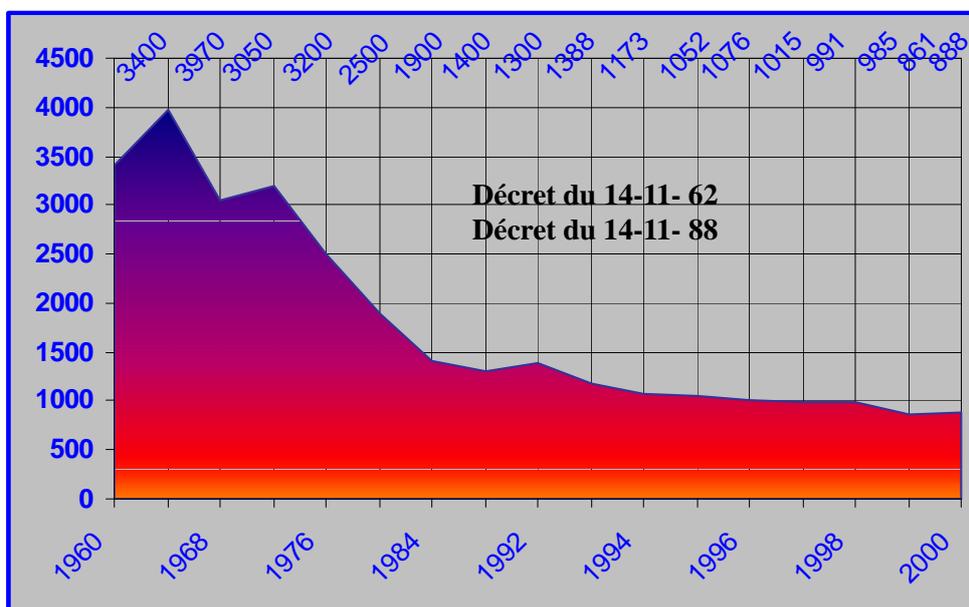
- 1. Structure des réseaux
- 2. **Les risques électriques**
- 3. Les textes réglementaires
- 4. Protections préventives en TBT et BT

13

2. Les risques électriques

2.1. Les effets

- Les chiffres



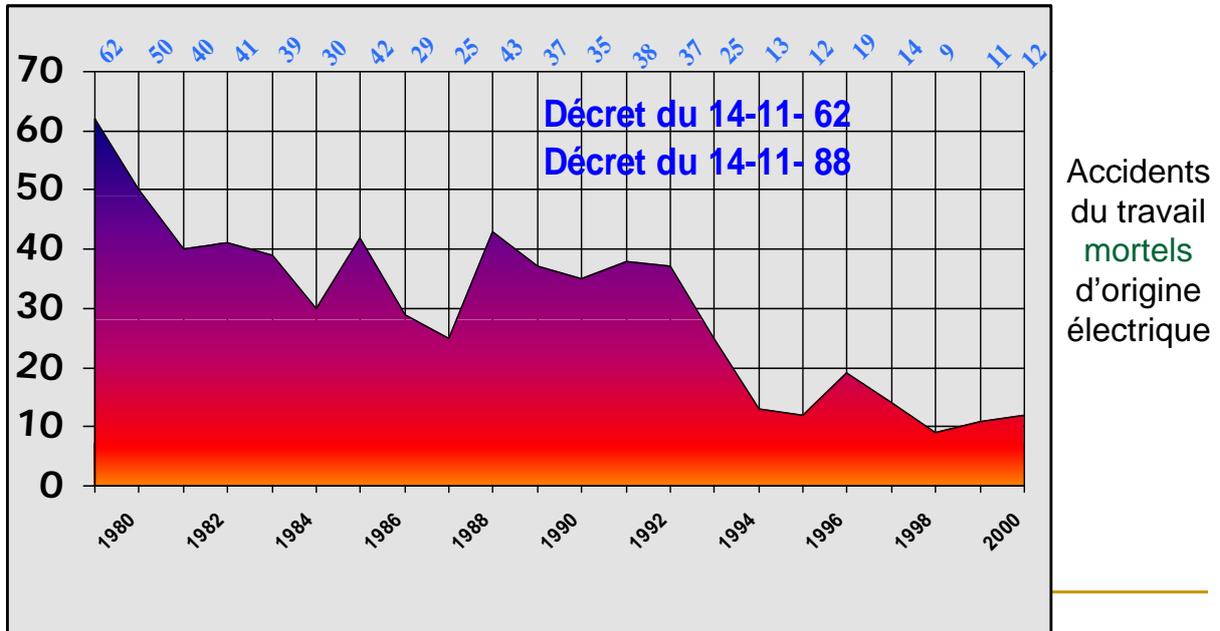
Accidents
du travail
d'origine
électrique

14

2. Les risques électriques

2.1. Les effets

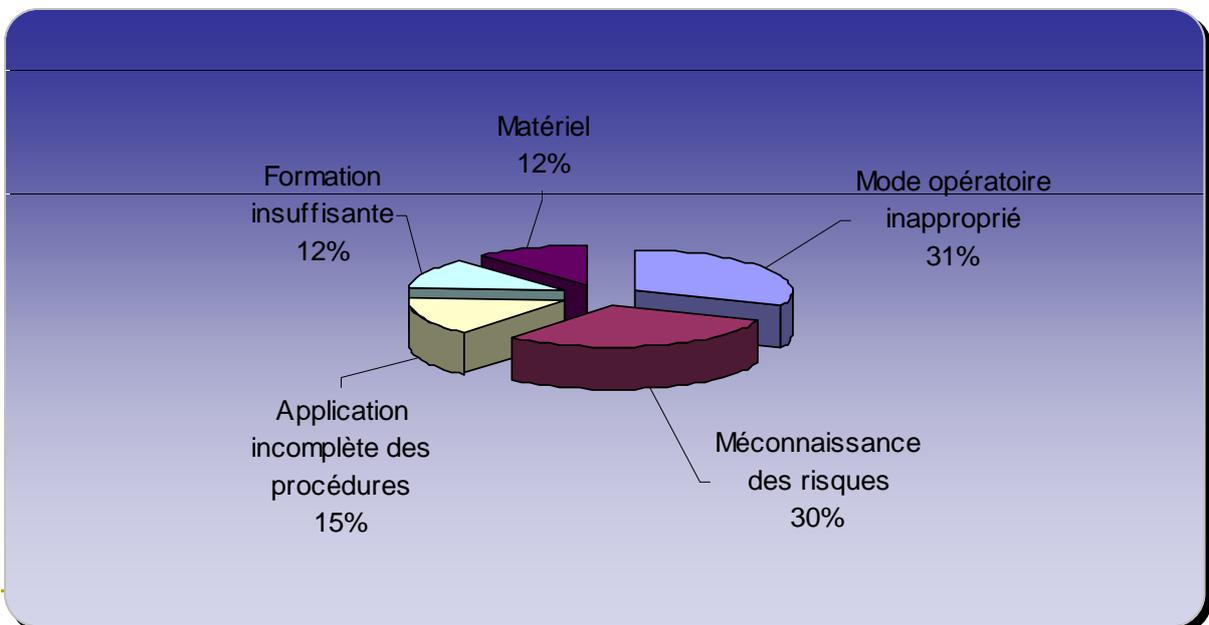
■ Les chiffres



2. Les risques électriques

2.1. Les effets

■ Les chiffres : causes majeurs des accidents



2. Les risques électriques

2.1. Les effets

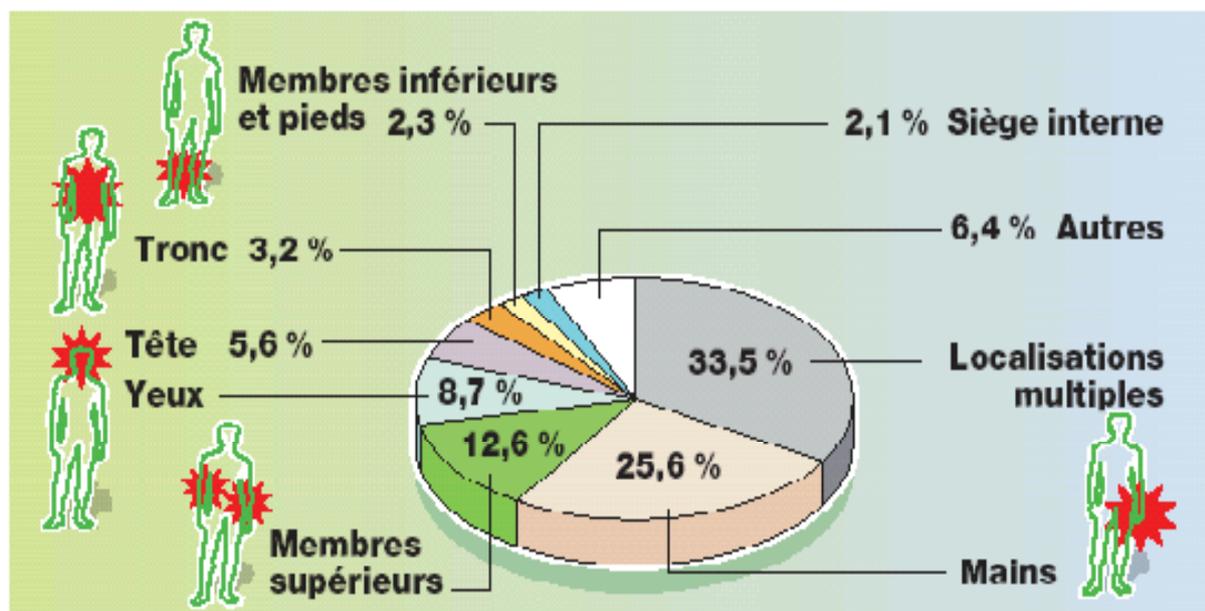
- Le courant électrique agit sur le corps de plusieurs façons :
 - **Tétanisation** : contraction musculaire (membres et cage thoracique notamment) ;
 - **Brûlure** : lésions par effet thermique externes ou internes (les plus graves) ;
 - **Action sur le cœur** : désorganisation complète (fibrillation ventriculaire) ;
 - **Effets secondaires** : complications cardio-vasculaires, neurologiques, rénales, etc.

17

2. Les risques électriques

2.1. Les effets

- Sièges des lésions :

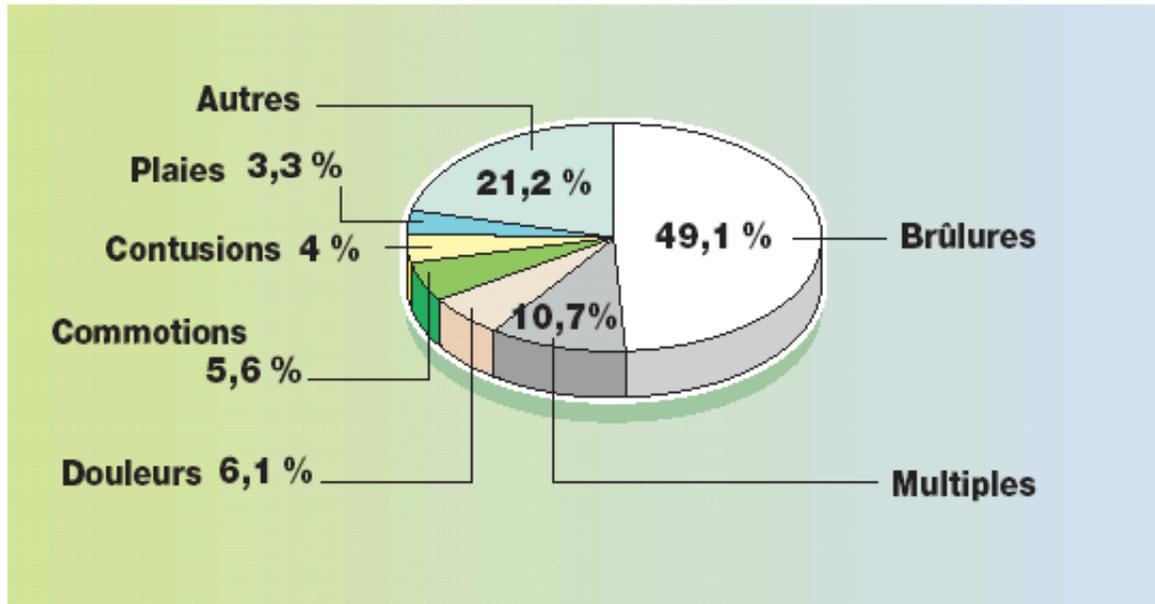


18

2. Les risques électriques

2.1. Les effets

- Natures des lésions en chiffre :



19

2. Les risques électriques

2.1. Les effets

- Le danger d'électrocution est lié à :
 - l'intensité du courant,
 - à sa nature,
 - et à sa durée.

20

2. Les risques électriques

2.1. Les effets

- Paramètres à prendre en compte dans l'évaluation des risques : l'énergie absorbée par le corps est

$$W = R.I_C^2.t$$

Avec I_C : courant circulant dans le corps
 R : résistance du corps
 t : temps de passage du courant dans le corps

21

2. Les risques électriques

2.1. Les effets

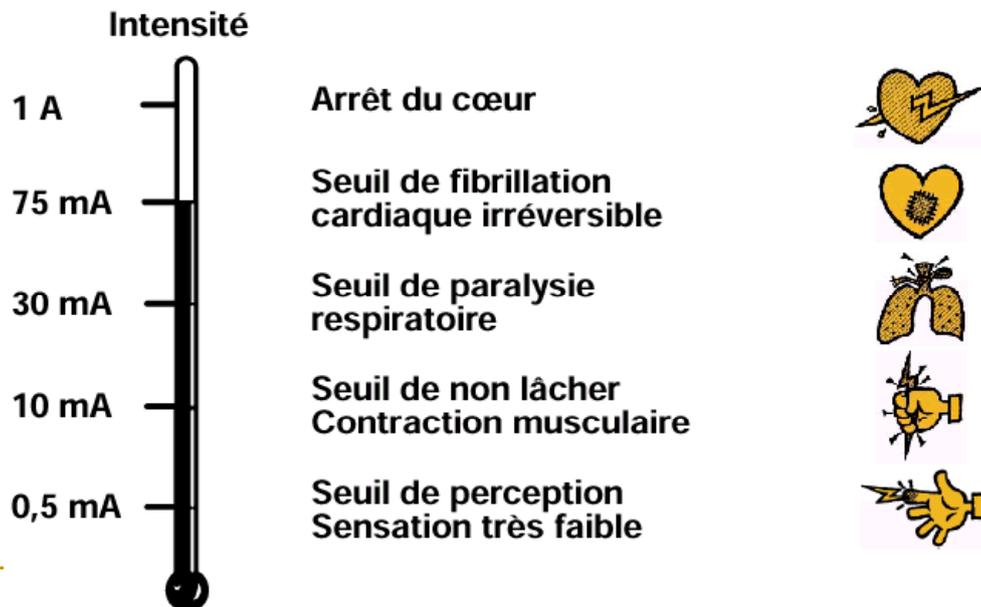
- **Quelques remarques :**
 - Ce n'est pas la tension de contact U_C qui en soit représente un danger, mais le courant I_C , la tension découle de la relation $U_C = R.I_C$;
 - L'énergie absorbée est proportionnelle au temps pendant lequel le corps est soumis au courant I_C . C'est pourquoi les décharges électrostatiques ou les clôtures électriques, qui mettent en jeu des impulsions courtes de tensions élevées sous des intensités faibles, sont sans danger pour les animaux et les humains) ;
 - Les dispositifs de protection (disjoncteurs, fusibles) sont conçus pour limiter les deux paramètres I_C et t .
-

22

2. Les risques électriques

2.1. Les effets

- Effets du courant alternatif :



23

2. Les risques électriques

2.1. Les effets

<u>Effets du passage du courant alternatif</u>		
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	4 mn 30
20 mA	début de téτανisation de la cage thoracique	60 s
30 mA	paralysie ventilatoire	30 s
40 mA	fibrillation ventriculaire	3 s
75 mA	fibrillation ventriculaire	1 s
300 mA	paralysie ventilatoire	110 ms
500 mA	fibrillation ventriculaire	100 ms
1 000 mA	arrêt cardiaque	25 ms
2 000 mA	centre nerveux atteints	instantané

24

2. Les risques électriques

2.1. Les effets

- Effets du courant continu :



25

2. Les risques électriques

2.1. Les effets

- Effets du courant continu:

- le risque de fibrillation cardiaque est 3,75 fois plus petit,
- le moment le plus dangereux est la mise sous tension et la coupure du courant,
- les brûlures sont plus profondes : phénomène d'électrolyse.

26

2. Les risques électriques

2.1. Les effets

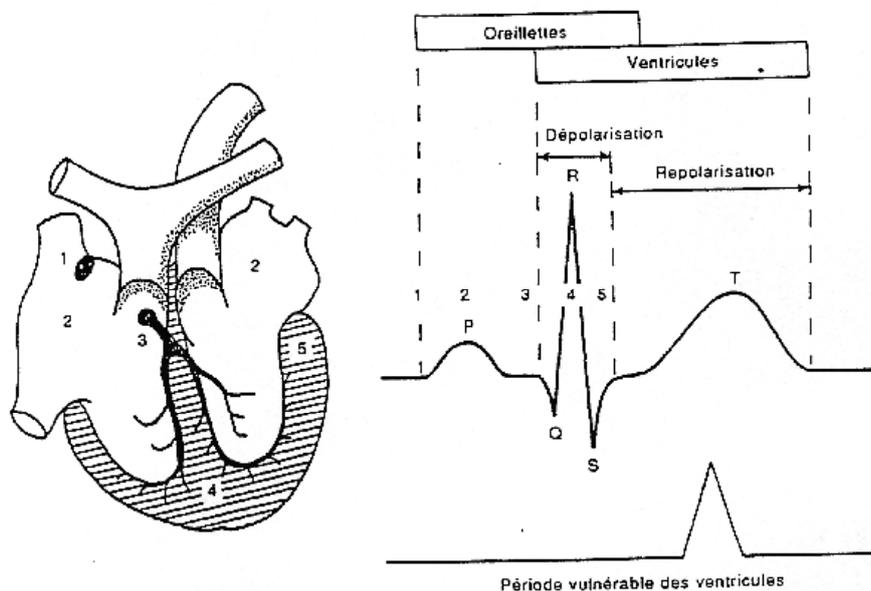
- Les organes fragiles :
 - **ils sont** 40 fois moins résistants que la peau :
 - le cerveau
 - les poumons
 - le cœur
 - le foie
 - les reins

27

2. Les risques électriques

2.1. Les effets

- Le cœur : période vulnérable

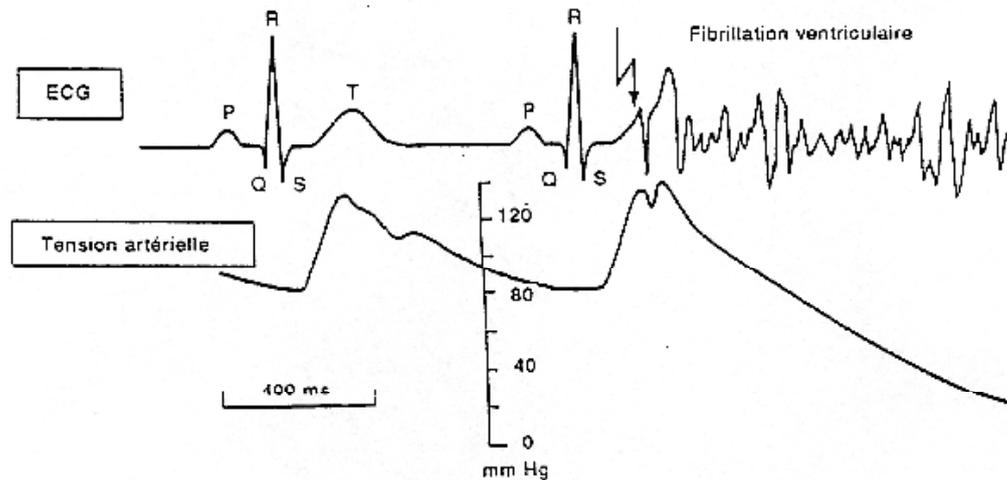


28

2. Les risques électriques

2.1. Les effets

■ Le cœur : fibrillation



29

2. Les risques électriques

2.1. Les effets

■ Résistance du corps humain :

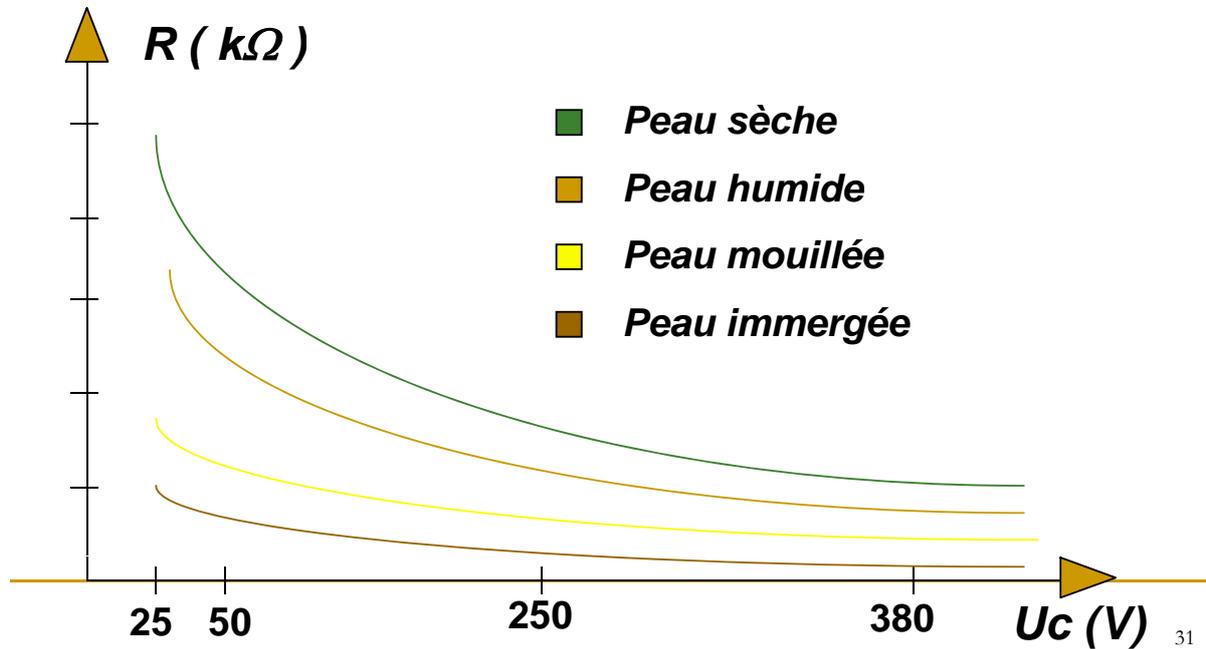
- Elle varie avec :
 - la surface de contact
 - La tension de contact
 - la pression de contact
 - l'épaisseur de la peau
 - la présence d'humidité
 - le poids, la taille, la fatigue...

30

2. Les risques électriques

2.1. Les effets

- Résistance du corps humain :



2. Les risques électriques

2.2. Les types de risques

- On distingue 2 grands types de risques électriques :
 - Les contacts directs,
 - Les contacts indirects.

2. Les risques électriques

2.2. Les types de risques

■ Contact direct Phase Neutre

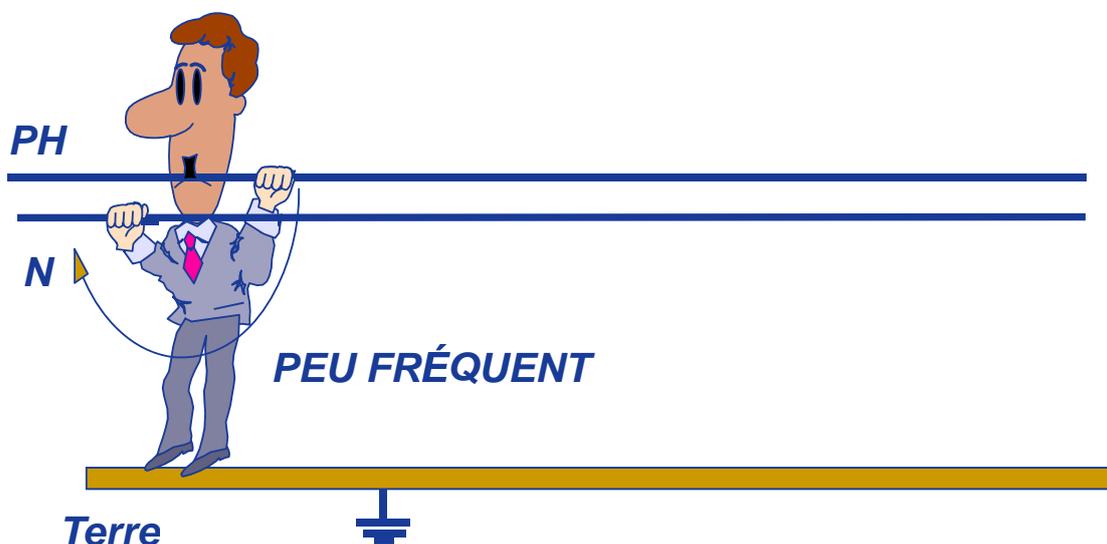
- ❑ Ce cas bien, qu'étant peu fréquent, est le plus défavorable. La personne étant supposée isolée du sol, le courant va circuler directement par la cage thoracique via le système respiratoire et cardiaque.
- ❑ En prenant la résistance du corps humain égale à 1000 ohms, le courant traversant le corps est donc de 220 mA.

33

2. Les risques électriques

2.2. Les types de risques

■ Contact direct Phase Neutre



34

2. Les risques électriques

2.2. Les types de risques

■ Contact direct Phase

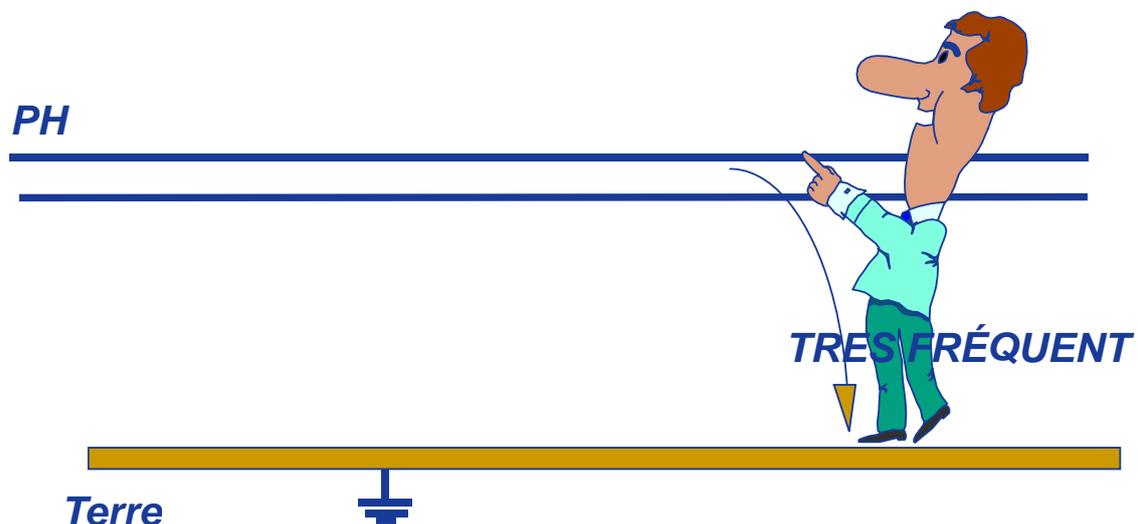
- ❑ Les réseaux de distribution public ont le neutre raccordé à la terre.
- ❑ Ainsi une personne en contact direct avec une phase du réseau se verra soumise à la tension de celui-ci.
- ❑ En prenant la résistance du corps humain égale à 1000 ohms, le courant traversant le corps est donc à nouveau de 220 mA.

35

2. Les risques électriques

2.2. Les types de risques

■ Contact direct Phase



36

2. Les risques électriques

2.2. Les types de risques

■ Contact indirect

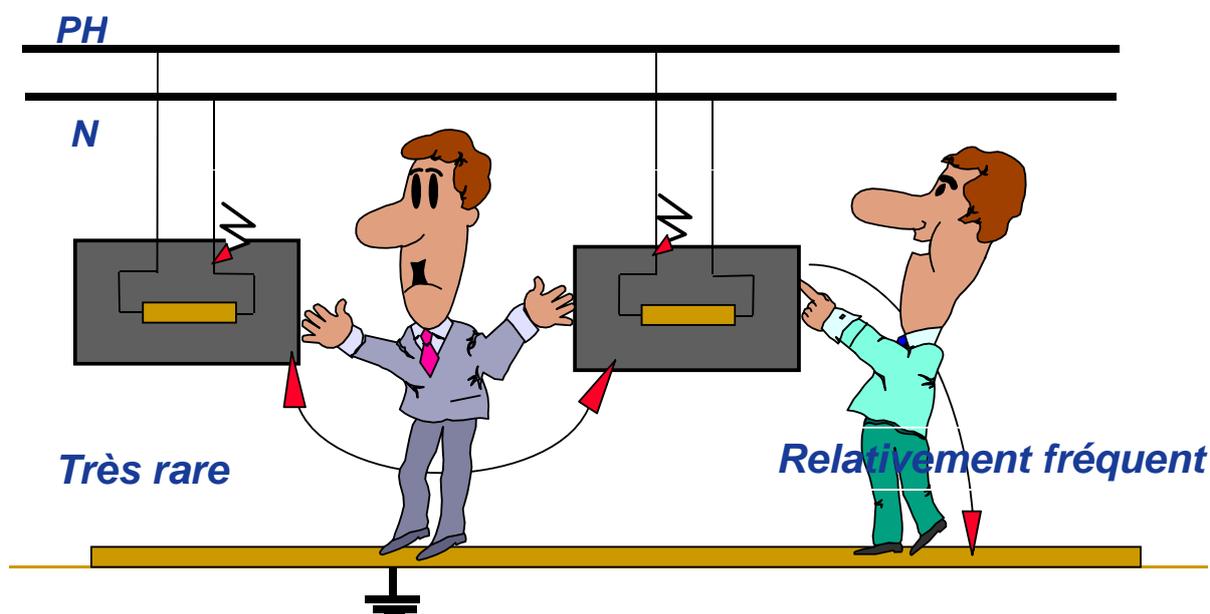
- ❑ Il s'agit du contact d'une personne avec une masse métallique mise accidentellement sous tension par défaut d'isolement.
- ❑ Ce type de contact est très dangereux car, contrairement au contact direct, il n'est pas lié à l'imprudence ou à la maladresse de l'utilisateur.
- ❑ Encore une fois, en considérant que la résistance du défaut est faible, le courant traversant le corps sera de, environ, 200 mA.

37

2. Les risques électriques

2.2. Les types de risques

■ Contact indirect



38

2. Les risques électriques

2.3. Les protections contre les risques

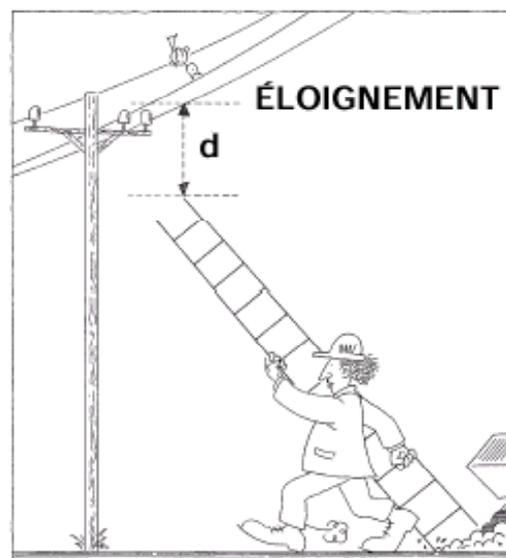
- **Contact direct :**
 - **Prévention** (protection préventive) :
 - Eloignement
 - Isolation des parties actives
 - Enveloppes, coffrets et barrières
 - Eloignement (ex : lignes aériennes)
 - Emploi de TBTS (Très Basse Tension Sécurisée) (fournie par un transfo. de sécurité)
 - **Sanction** (protection complémentaire) :
 - Disjoncteur différentiel (mise hors tension du circuit dans un temps inférieur à x ms).

39

2. Les risques électriques

2.3. Les protections contre les risques

- **Contact direct :**
 - Protection par éloignement des pièces nues sous tension,
 - Distance au dessus du sol :
 - BTA, BTB → 2,3m
 - $1\ 000V < U < 30\ 000V \rightarrow 2,5m$
 - $400\ 000V < U < 750\ 000V \rightarrow 7,9m$



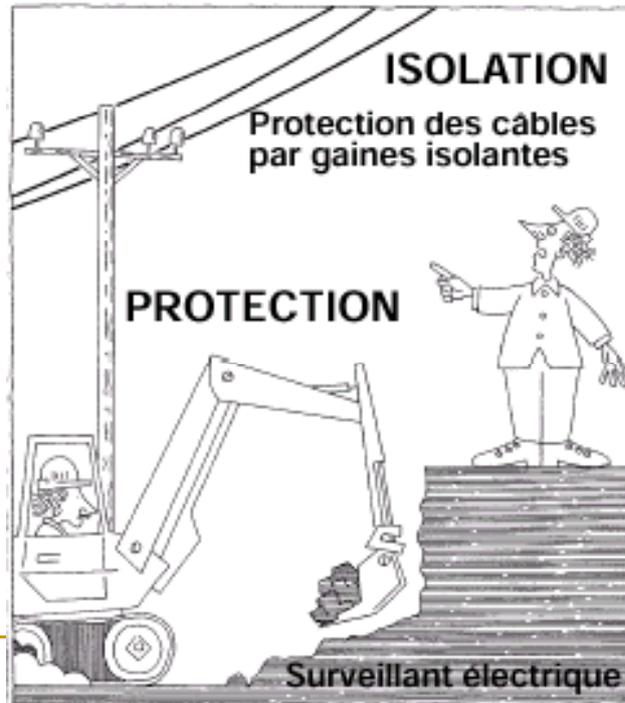
40

2. Les risques électriques

2.3. Les protections contre les risques

■ *Contact direct :*

- Isolation



41

2. Les risques électriques

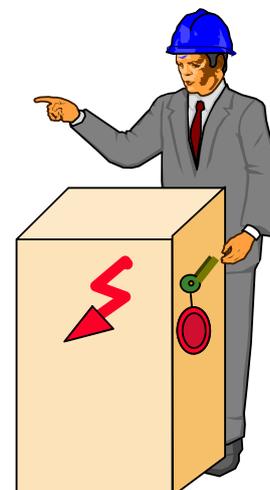
2.3. Les protections contre les risques

■ *Contact direct :*

- Protection par obstacle (écran, grillage, ...)

Exemple de protection:

	BTA	BTB	HTA	HTB
latéral	0,2m	0,5m	0,5m	0,8m
Hauteur au dessus du sol		2m	2m	2,3m



42

2. Les risques électriques

2.3. Les protections contre les risques

■ *Contact indirect*

- **Prévention** (protection préventive) :
 - Emploi de matériel de classe II (double isolation)
 - Liaison équipotentielle locale (non reliée à la terre)
 - Séparation électrique (transformateur d'isolement)

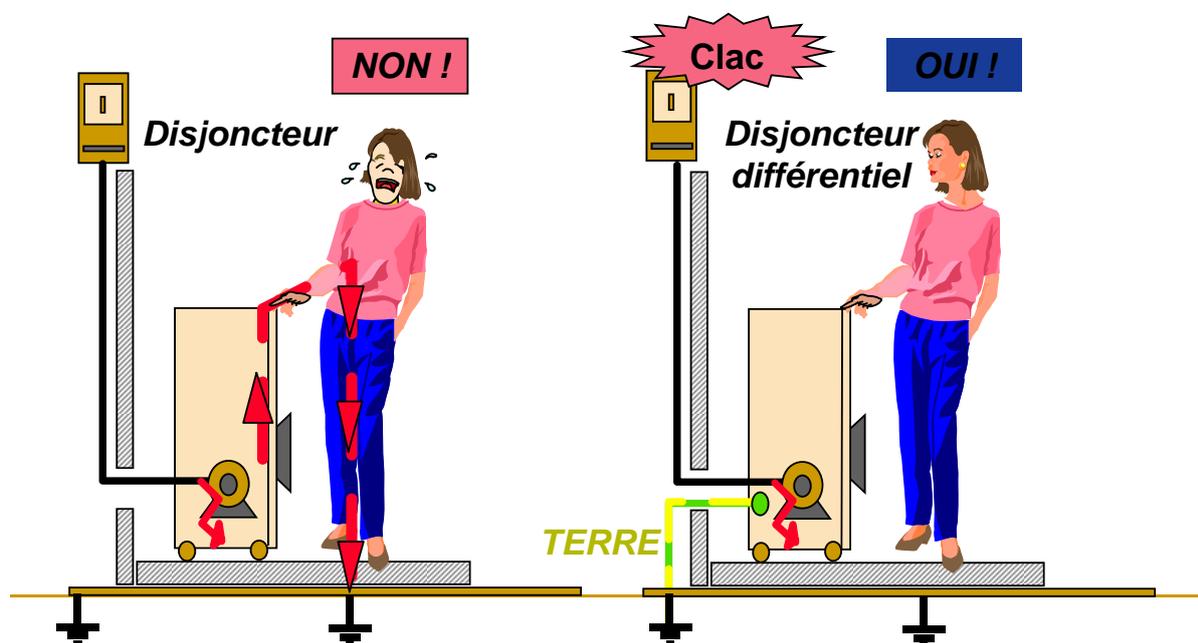
- **Sanction** (protection complémentaire) :
 - Liaison des masses métalliques à la terre
 - Coupure automatique de l'alimentation (Disjoncteurs, cartouches fusibles).

43

2. Les risques électriques

2.3. Les protections contre les risques

■ *Contact indirect*



44

2. Les risques électriques

2.4. Conduite à tenir en cas d'accident

■ La règle : Pr.E.FA.S

- **PR**otéger
 - **E**xaminer
 - **F**aire **A**lerter
 - **S**ecourir
-

45

2. Les risques électriques

2.4. Conduite à tenir en cas d'accident

■ **PR**otéger

■ But:

- soustraire les personnes présentes et l'accidenté de tous conducteurs ou pièces sous tension.

■ Moyens:

- couper ou faire couper l'alimentation en énergie électrique,
 - S'assurer que le remise sous tension ne pourra être effectuée.
-

46

2. Les risques électriques

2.4. Conduite à tenir en cas d'accident

- **Examiner**

- **But:**

- Informer les secours sur l'état de la victime.

- **Moyens:**

- Visuels, auditifs tactiles, etc.
-

47

2. Les risques électriques

2.4. Conduite à tenir en cas d'accident

- **Faire Alerter**

- **But:**

- prévenir les secours à l'aide d'un message d'alerte

- **Moyens:**

- les pompiers : 18
 - le Samu: 15
 - police secours: 17
 - un médecin
 - **112**
-

48

2. Les risques électriques

2.4. Conduite à tenir en cas d'accident

- **Faire Alerter**
 - Il est impératif de préciser:
 - le lieu précis
 - la nature de l'accident
 - le nombre de victimes
 - l'état apparent des victimes
 - les risques particuliers et les moyens à mettre en œuvre

 - **Ne jamais couper la communication le premier, attendre l'ordre du correspondant**
-

49

2. Les risques électriques

2.4. Conduite à tenir en cas d'accident

- **Secourir**
 - **But:**
 - assister la victime dans l'attente de l'arrivée des secours.

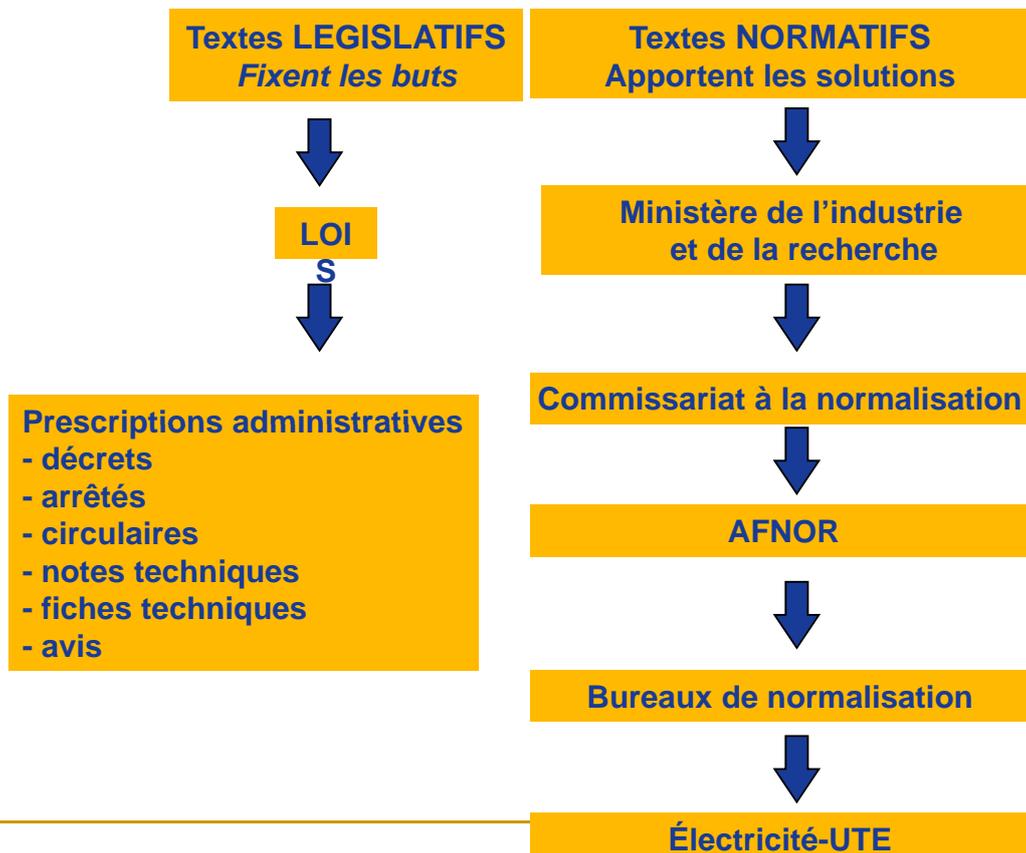
 - **Moyens:**
 - gestes enseignés lors des formations des secouristes, suivant le plan d'intervention.
-

50

Plan du chapitre

- 1. Structure des réseaux
- 2. Les risques électriques
- 3. **Les textes réglementaires**
- 4. Protections préventives en TBT et BT

51



52

3. Les textes réglementaires

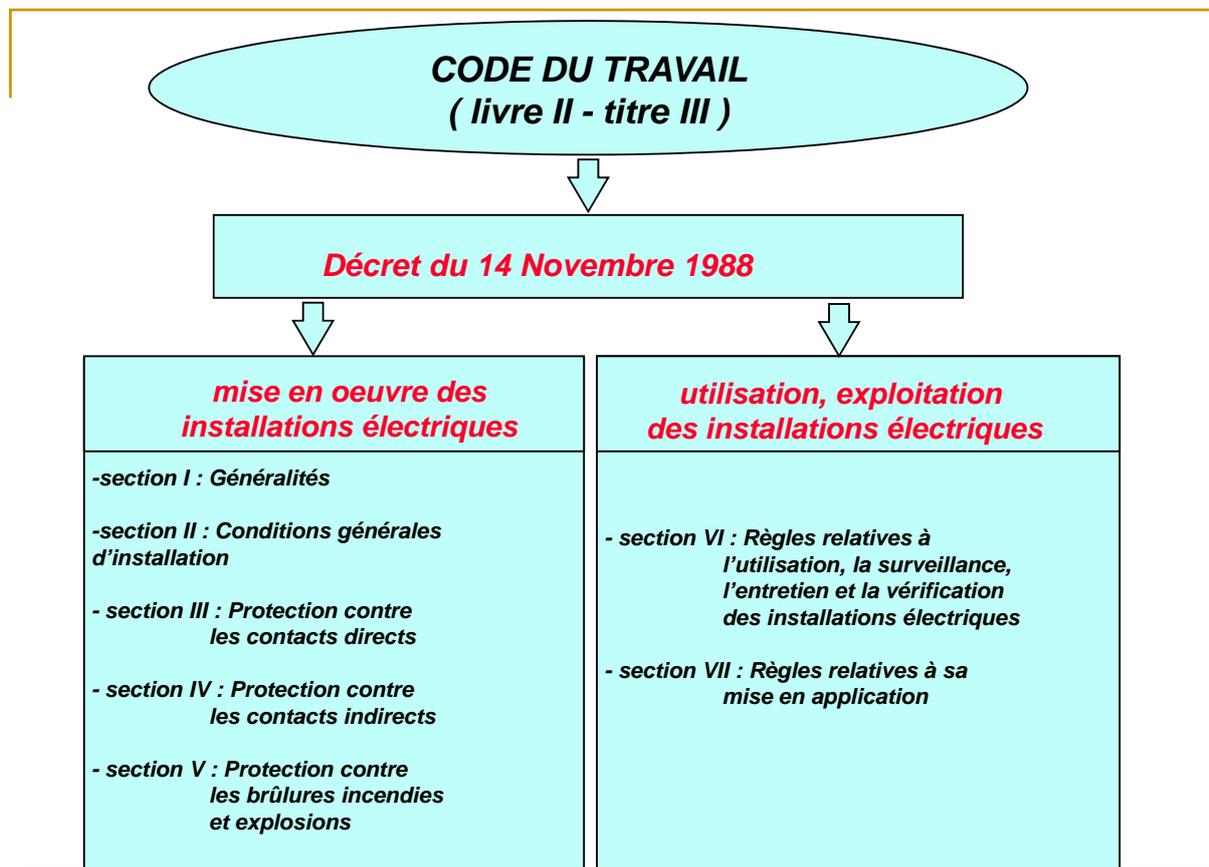
3.1. Contexte réglementaire

- la CEI (international)
 - publications et recommandations

- le CENELEC (européen)
 - documents d'harmonisation (HD) ou normes européennes (EN)

- l'UTE (français)
 - normes homologuées, guides et publications.

53

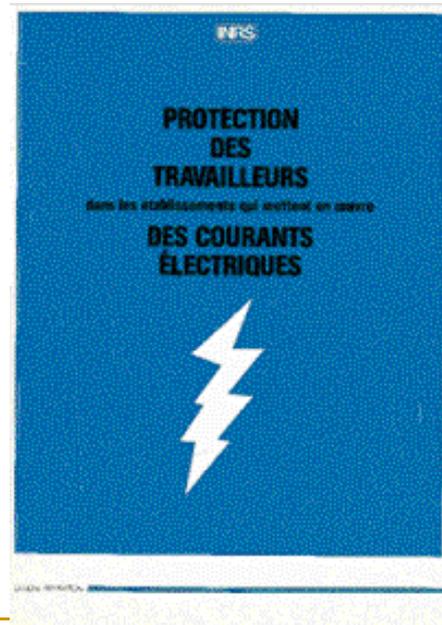


54

3. Les textes réglementaires

3.1. Contexte réglementaire

- Décret 88-1056 du 14 novembre 1988:
 - ce décret traite de la protection des travailleurs dans les établissements assujettis au code du travail (livre 2, titre 3) qui mettent en œuvre des courants électriques.

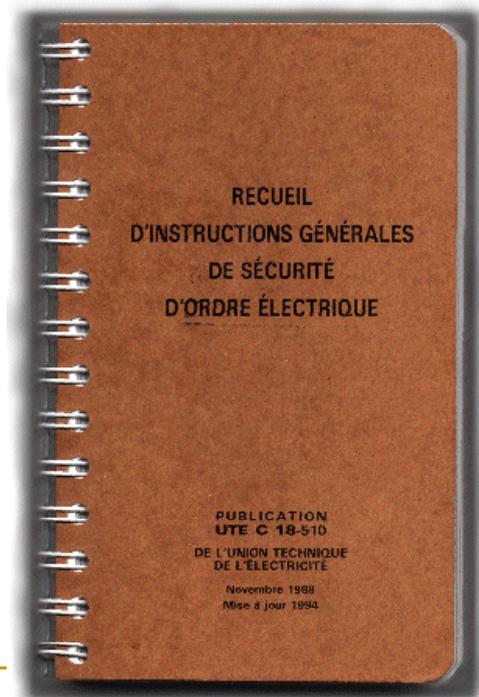


55

3. Les textes réglementaires

3.1. Contexte réglementaire

- La publication UTE C 18-510
 - Ce recueil d'instructions générales de sécurité d'ordre électrique est une mise en application du décret 88-1056 du 14 novembre 1988



56

3. Les textes réglementaires

3.1. Contexte réglementaire

- Les normes françaises de réalisation :
 - NF C 15-100
 - installations électriques à basse tension
 - NF C 13 100
 - postes de livraison
 - NF C 14 100
 - Installations de branchement (basse tension)
-

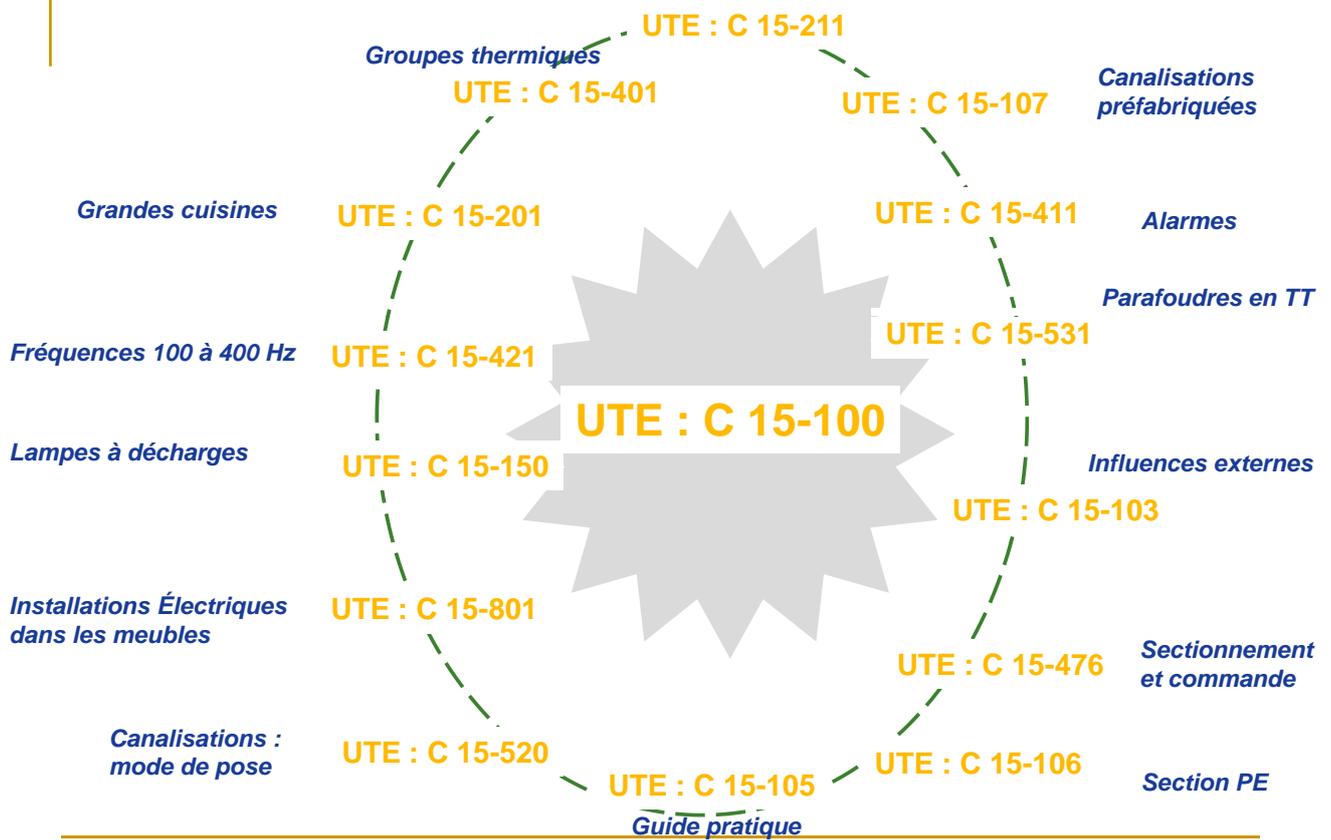
57

3. Les textes réglementaires

3.1. Contexte réglementaire

- Les normes françaises de conception :
 - NF C 15-100
 - classification des degrés de protection
 - NF C 20 030
 - Protection contre les chocs électriques
 - NF C 71 008
 - baladeuses
-

58



Plan du chapitre

- 1. Structure des réseaux
- 2. Les risques électriques
- 3. Les textes réglementaires
- 4. **Protections préventives en TBT et BT**

4. Protections préventives

4.1. Les régimes TBT

■ **TBTS :**

- TBTS : Très Basse Tension de Sécurité : par principe, sécurité assurée en toute circonstance, à l'aide d'une alimentation de sécurité à double isolation.
- Les instruments utilisés en instrumentation doivent être préférentiellement réalisés dans ce mode.
- Le régime TBTS est nécessaire dès qu'il y a possibilité de contact avec des conducteurs nus : il est recommandé pour tous les circuits de commande et de mesure en instrumentation.



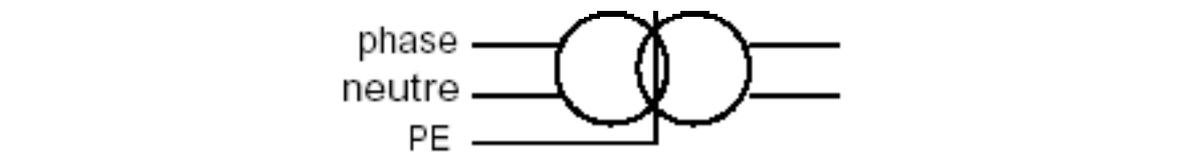
61

4. Protections préventives

4.1. Les régimes TBT

■ **TBTP :**

- TBTP : Très Basse Tension de Protection : même dispositif qu'en TBTS mais avec une liaison supplémentaire à la terre (PE).
- Remplace la TBTS par nécessité fonctionnelle, notamment en électronique lorsqu'une mise à la terre est indispensable au bon fonctionnement des circuits (par ex. : blindage HF, règles CEM, etc.).



62

4. Protections préventives

4.1. Les régimes TBT

■ **TBTF :**

- TBTF : Très Basse Tension Fonctionnelle : utilisée à défaut de TBTP, lorsque le matériel ne répond à aucune spécification particulière (pas de transformateur de sécurité par exemple).



En TBTF, toutes les règles de sécurité de la BT doivent être appliquées ! (différentiel obligatoire)

63

4. Protections préventives

4.1. Les régimes TBT

■ **Résumé :**

Catégorie	Tension limite U_L (Veff)				Transfo (U < UL)	Liaison à la terre des parties actives	Sectionnement et protection contre les courts-circuits	Protection contre les contacts indirects	Protection contre les contacts directs	Récepteur
	mouillé		sec							
	AC	DC	AC	DC						
TBTS	25	60	50	120	Tr. de sécurité norme CEI 742	Interdite	tous conducteurs actifs	NON	NON	
TBTP	12,5	30	25	60	Tr. de sécurité norme CEI 742	OUI	tous conducteurs actifs	NON	NON	
TBTF	50	120	50	120	Transfo. quelconque	OUI	tous conducteurs actifs	OUI	OUI (IP 2X)	

64

4. Protections préventives

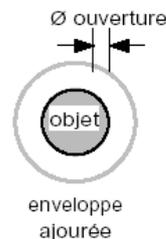
4.2. Indices IP et IK

■ **Principe :**

- Il s'agit d'indices caractérisant la protection des enveloppes des appareils électriques BT.

■ **Exemple :**

- Indice IP $X_1X_2(X_3)$; indice IK X_3
 - X_1 : 1er chiffre : protection contre les corps solides. Spécifie la taille maximale des objets susceptibles de pénétrer l'enveloppe de protection de l'appareil.



65

4. Protections préventives

4.2. Indices IP et IK

■ **Exemple :**

- Indice IP $X_1X_2(X_3)$; indice IK X_3
 - X_2 : 2ème chiffre : protection contre les liquides.
 - X_3 : 3ème chiffre ou indice IK : protection contre les chocs.

■ **Les plus courants :**

- IP 2X (impossibilité de toucher un conducteur actif avec le doigt)
- IP 3X (impossibilité de toucher un conducteur actif avec un outil)
- IP X1 (protégé contre les chutes verticales de gouttes d'eau)
- IP X4 (protégé contre les projections d'eau dans toutes les directions)
- IP X7 (matériel utilisable en immersion)

66

4. Protections préventives

4.3. Classes de protections

- L'appareillage électrique de mesure est classé selon la norme CEI 1010 (ou norme européenne EN 61010-1)
- On distingue les classes 0, I, II et III

67

4. Protections préventives

4.3. Classes de protections

- Description :

CLASSE	SYMBOLE	UTILISATION
0	Pas de symbole	Interdite dans l'industrie
I		Matériel devant être relié obligatoirement à la terre
II		Matériel à double isolation, jamais relié à la terre
III		Lampe baladeuse alimentée en TBTS, non reliée à la terre

68

4. Protections préventives

4.3. Classes de protections

■ **Classe 0 :**

- ❑ Matériel dans lequel la protection contre les chocs électriques repose sur l'isolation principale.
 - ❑ Ceci implique qu'aucune disposition n'est prévue pour le raccordement des parties conductrices accessibles (masses)
-

69

4. Protections préventives

4.3. Classes de protections

■ **Classe 1 :**

- ❑ matériel dans lequel la protection contre les chocs électriques ne repose pas uniquement sur l'isolation principale mais qui comporte une mesure de sécurité supplémentaire sous forme de moyens de raccordement des parties conductrices accessibles (masses)
-

70

4. Protections préventives

4.3. Classes de protections

■ **Classe 2 :**

- Matériel dans lequel la protection contre les chocs électriques ne repose pas uniquement sur l'isolation principale mais qui comporte des mesures supplémentaires de sécurité telles que la double isolation ou l'isolation renforcée .

4. Protections préventives

4.3. Classes de protections

■ **Classe 3 :**

- Matériel dans lequel la protection contre les chocs électriques repose sur l'alimentation sous très basse tension de sécurité TBTS.

4. Protections préventives

4.5. La norme CE

- La mise sur le marché de tout équipement électrique ou électronique impose de respecter les exigences essentielles des directives européennes.
- La conformité à ces directives permet au fabricant ou au mandataire d'apposer le marquage **CE** sur ses produits et ainsi d'accéder à leur libre circulation dans la Communauté Européenne.
- Deux directives sont applicables à l'ensemble des produits intégrant de l'électronique :
 - La directive Compatibilité Electromagnétique (CEM) 89/336/CEE obligatoire depuis le 01/01/1996.
 - La directive sécurité électrique ou Directive Basse Tension (DBT) 73/23/CEE obligatoire depuis le 01/01/1997

73

4. Protections préventives

4.5. La norme CE

- La DBT rassemble toutes les normes de sécurité électrique (indice de protection, classe, catégorie de surtension). Les principales normes sont les suivantes :
 - EN 60950 : machines de bureau et de traitement de l'information
 - EN 60335-1 : appareils électro-domestiques et analogues
 - EN 61010-1 : appareils de tests et de mesures de laboratoire
 - EN 60204-1 : équipement électrique des machines industrielles
 - EN 60598-1 : luminaires
 - EN 61131-2 : automates programmables, spécifications et essais d'équipement

74

4. Protections préventives

4.6. Conclusion

- L'ensemble de ces protections préventives, ne saurait être suffisant pour une sécurité complète de l'utilisateur, sans la prise en compte de normes d'installation électrique de connexion au réseau EDF.
- C'est ce que permettent les *disjoncteurs, les cartouches fusibles, les relais thermiques, les régimes de neutre et les règles de dimensionnement.*

75

FIN

à suivre...

76