

# Sécurité électrique des personnes et des biens.

Le principe général est simple : un accident électrique ne doit jamais arriver !

La référence est la norme **C15-100**

On insère dans les circuits électriques des organes de protection dont le rôle est *d'ouvrir le plus rapidement possible* les circuits s'il y a un défaut quelconque AVANT L'ACCIDENT.

## STATISTIQUES

### Élèves et étudiants de l'enseignement technique

ANNEE	A.T avec arrêt	Indice de taux d'accident avec arrêt en %	A.T avec I.P	Indice de taux d'accident avec I.P en %	Nb de décès
1987	814	1,07	232	3,19	4
1988	893	1,47	309	5,11	3
1989	810	1,12	275	4,37	4
1990	777	0,97	284	3,99	2
1991	826	0,82	224	2,55	2
1992	897	1,09	238	3,5	2
1993	827	1,01	188	2,9	1
1994	787	0,99	193	2,6	3

Les défauts sont :

- \* les surintensités dues à une *surcharge* (une appareil est parcouru par un courant d'intensité supérieure à la valeur qu'autorise l'installation), ou un *court-circuit*.
- \* les courants de fuite lorsqu'un conducteur entre en contact avec la terre.
  - Les dispositifs de sécurité sont de deux sortes :
    - \* le coupe-circuit, fusible, assure une protection contre les surintensités et les courts-circuits.
    - \* le disjoncteur, interrupteur automatique, commandé par une surintensité ou un courant de fuite ; il peut posséder trois "déclencheurs" :
      - thermique contre les surcharges
      - magnétique contre les courts-circuits
  - différentiel contre les courants de fuites (protection des personnes).

## **Les différents dangers : tension, courant et fréquence.**

Dans tous les cas on doit respecter une TENSION maximale à ne pas dépasser.

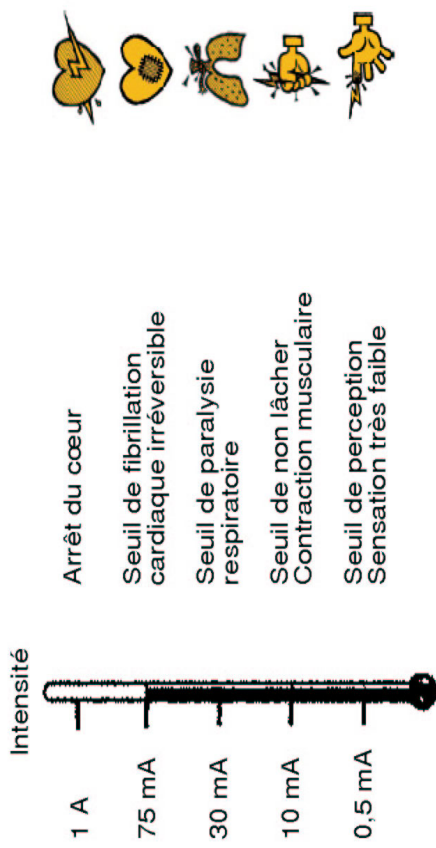
- le courant continu
- le courant alternatif

Ces deux types de courants sont dangereux l'un comme l'autre.

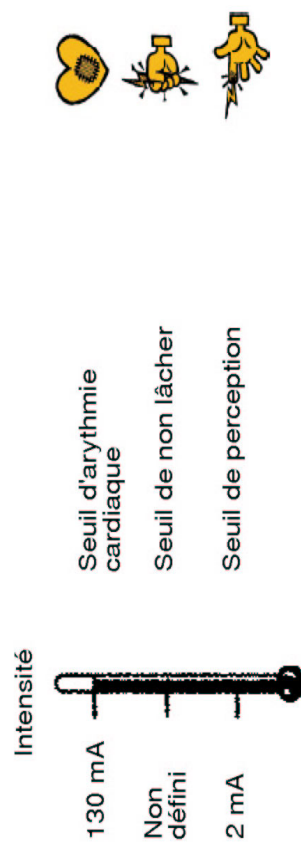
Un générateur de courant continu possède deux bornes : une borne positive et une borne négative.

Le courant alternatif est souvent distribué par l'intermédiaire d'une borne neutre et d'une ou plusieurs bornes phases.

### EFFETS DU COURANT ALTERNATIF\*



### EFFETS DU COURANT CONTINU\*



\* Valeur à vérifier p16 Doc norme : 130mA



## Accidents d'origine électrique

- l'électrisation
- les brûlures de contact et internes
- les brûlures thermiques (arcs électriques, projections...)
- l'électricité peut être aussi à l'origine d'incendie ou d'explosion.

Dans les accidents d'origine électrique touchant les personnes, il faut distinguer l'électrisation de l'électrocution :

- ***l'électrisation*** : c'est la réaction du corps due à un contact accidentel avec l'électricité ;
- ***l'électrocution*** : c'est l'électrisation qui débouche sur une issue fatale.

L'origine de l'accident dépend des types de contact entre la personne et l'élément sous tension.

Ces types de contact sont de deux sortes : les contacts directs et les contacts indirects.

- Contact direct : contact de personne avec une partie active d'un circuit.
- Contact indirect : contact de personnes avec une masse mise accidentellement sous tension à la suite d'un défaut d'isolement.

Décret n° 88-1056

**Partie active** : toute partie conductrice destinée à être sous tension en service normal.

**Masse** : partie conductrice d'un matériel électrique susceptible d'être touchée par une personne, qui n'est pas normalement sous tension mais peut le devenir en cas de défaut d'isolement des parties actives de ce matériel.

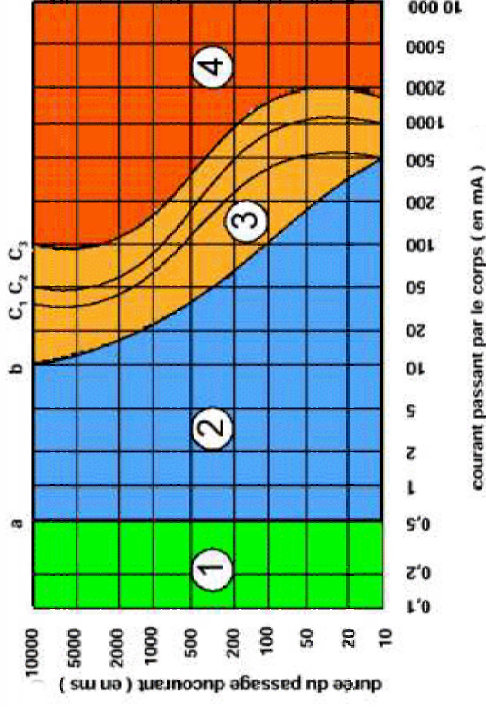
**Défaut d'isolement** : défaillance de l'isolement d'une partie active d'un circuit électrique entraînant une perte d'isolement de cette partie active pouvant aller jusqu'à une liaison accidentelle entre deux points de potentiels différents.

**Durée maximale de maintien de la tension de contact  
( 41 GA et 48 GE de la NF C15-100 ).**

Tension de contact en V	Durée maximale de maintien en s	
	Courant alternatif 50 Hz Locaux ou emplacements secs ou humides : UL ≤ 50 V	Courant continu UL ≤ 25 V
< 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
<b>Locaux ou emplacements mouillés : UL ≤ 25 V</b>		
25	5	5
50	0,48	5
75	0,30	2
90	0,25	0,80
110	0,18	0,50
150	0,10	0,25
220	0,05	0,06
280	0,02	0,02



Les données précédentes sont traduites dans la normalisation française par les courbes 41GA et 48 GE de la NFC 15 –100 qui définissent les limites "tension réseau / temps de coupure" à ne pas dépasser en fonction de la tension limite UL. Ces courbes peuvent être établies sous forme de tableau :



La norme CEI 479 donne les courbes de temps en fonction des intensités traversant le corps humain et fixe les zones dangereuses et non dangereuses.

- Zone 1: aucune réaction.
- Zone 2: aucun effet physiologique dangereux.
- Zone 3 : aucun dommage organique, mais probabilité de contractions musculaires et de difficultés de respiration jusqu' à la courbe C 1 .
- Possibilité de risques cardiaques jusqu' à C 3 .
- Zone 4: risque d'arrêt du cœur , de la respiration et de brûlures graves.

## Origine des risques

### *Rôle de la tension*

Le début du processus d'électrisation n'est perceptible qu'à partir d'une certaine valeur de tension.

L'augmentation de la tension appliquée au niveau de la peau entraîne la perforation de celle-ci.

### *Impédance du corps humain*

Les tissus du corps humain peuvent être représentés par une succession de résistances  $R$  et de réactances  $X$  (inductances et capacités), le tout constituant une impédance  $Z$  :

L'impédance du corps humain  $Z$  résulte de la somme des impédances de la peau ou muqueuse aux points de contact  $Z_{p1}$  et  $Z_{p2}$  et de l'impédance interne des tissus  $Z_i$ .

L'impédance interne ( $Z_i$ ) est sensiblement toujours la même pour un même individu, sauf si la surface de contact est très faible, auquel cas elle augmente.

La résistance totale du corps humain décroît rapidement lorsque le courant augmente.

L'impédance de la peau varie pour chaque individu en fonction, essentiellement, des paramètres suivants :

<ul style="list-style-type: none"><li>– la température de la peau</li><li>– la surface et la pression de contact</li><li>– la tension de contact</li><li>– l'état d'humidité et de sudation de la peau</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– le temps de passage du courant</li><li>– l'état physiologique de la personne</li><li>– la morphologie de l'individu</li><li>– le trajet du courant dans le corps humain</li></ul>
--	---

## ***Rôle de l'intensité***

L'intensité est déterminée par la tension et l'impédance du corps humain.

Pour ce qui nous concerne, on distingue, au niveau du corps humain

- les muscles moteurs commandés par le cerveau (cas des muscles des membres) ;
- les muscles autoréflexes qui fonctionnent automatiquement, tels la cage thoracique et le cœur

## **Muscles moteurs**

Le cerveau ne contrôle plus les muscles parcourus par un courant électrique

Ces conditions, générant des mouvements intempestifs, se traduisent par le non lâcher de la pièce, objet de contact, ou par répulsion, compte tenu de la nature du muscle sollicité (fléchisseur ou extenseur).

## **Muscles de la cage thoracique**

La cage thoracique fonctionne automatiquement sous le contrôle du cerveau

L'asphyxie d'origine respiratoire peut donc être due à l'action du courant électrique au niveau :

- des muscles thoraciques provoquant la téτανisation
- du cerveau entraînant l'arrêt respiratoire pur et simple

## **Muscle cardiaque**

Le cœur possède ses propres systèmes de commande automatique.

Le seuil de fibrillation ventriculaire dépend autant de paramètres physiologiques (anatomie du corps, état des fonctions cardiaques, etc.) que de paramètres électriques (durée et parcours du courant, forme de courant, etc.). En courant alternatif (50 ou 60 Hz), le seuil de fibrillation décroît considérablement si la durée de passage du courant est prolongée au-delà d'un cycle cardiaque.

## ***Effets du courant électrique***

Les effets se manifestent différemment à partir de seuils qui sont fonction :

- du type de courant : alternatif ou continu,
- du domaine de fréquence de la tension,
- du type d'onde de courant.

Le choc électrique peut avoir des effets secondaires, parfois plus dangereux que l'électrisation :

- traumatisme suite à une chute,
- troubles auditifs, de la vue,
- troubles nerveux, etc.

La fibrillation ventriculaire est considérée comme la cause principale de mort par choc électrique. Il existe aussi des cas de mort par asphyxie ou arrêt du cœur.

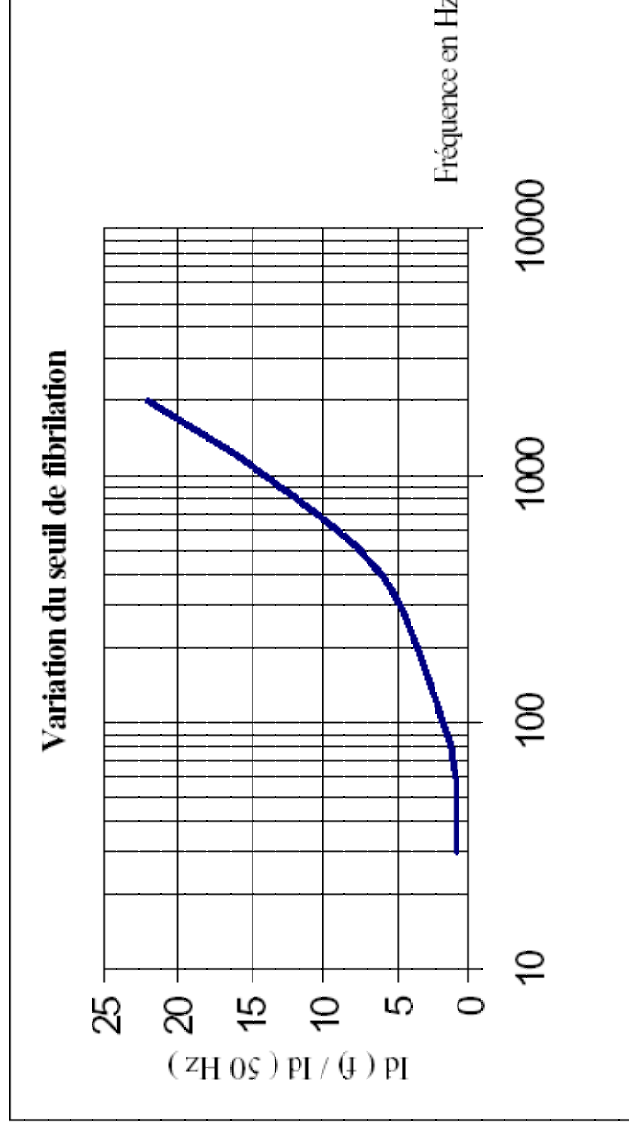
## Valeurs caractéristiques

### Effets du passage du courant alternatif

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 mm 30
	crispations durables	
20 mA	début de téτανisation de la cage thoracique	60 sec
30 mA	paralysie ventilatoire	30 sec
40 mA	fibrillation ventriculaire	3 sec
75 mA	fibrillation ventriculaire	1 sec
300 mA	Paralysie ventilatoire	110 ms
500 mA	fibrillation ventriculaire	100 ms
1000 mA	arrêt cardiaque	25 ms
2000 mA	centres nerveux atteints	instantané

## ***Effets du courant alternatif passant dans le corps humain pour les fréquences supérieures à 50 Hz***

La norme CEI 60479-2 traite des effets du courant alternatif de fréquence supérieure à 50 Hz. Le seuil de fibrillation ventriculaire augmente en fonction de la fréquence du signal selon une courbe définie par l'évolution du facteur de fréquence :



Exemple pour 400 Hz, le facteur de fréquence étant de 6, l'effet physiologique d'un courant de 30 mA 50 Hz sera le même que celui d'un courant 180 mA 400 Hz (On pourra penser à cette courbe lors de l'étude de la résonance dans un circuit RLC ou du montage Puissance en monophasé)

L'énergie électrique sous la forme de courant alternatif de fréquence supérieure à 50/60 Hz est de plus en plus utilisée dans les matériels électriques modernes, par exemple dans l'aviation (400 Hz), les outils portatifs et le soudage électrique (100, 200, 300 Hz et jusqu'à 450 Hz), l'électrothérapie (quelques kHz), les alimentations de puissance de 20 kHz à 1 GHz.

L'impédance de la peau est pratiquement inversement proportionnelle à la fréquence pour des tensions de contact de quelques dizaines de volts.

On estime qu'à 500 Hz, l'impédance de la peau est environ le dixième de celle à 50 Hz, elle peut donc être négligée dans beaucoup de cas.

Dans ces conditions, l'impédance totale du corps humain peut être assimilée à son impédance interne  $Z_i$ , d'où la détermination d'un facteur de fréquence  $F_f$  qui est égal au rapport du seuil à la fréquence  $f_x$  sur le seuil à la fréquence 50/60 Hz pour les mêmes effets physiologiques.

$F_f = \text{seuil à la fréquence } f_x / \text{seuil à la fréquence } 50\text{Hz}$

Les seuils de fibrillation à des fréquences inférieures à 1 000 Hz peuvent être représentés, mais sont encore inconnus pour des fréquences supérieures



## **Autres effets du courant pour des fréquences supérieures à 10 000 Hz**

Pour des fréquences comprises entre 10 kHz et 100 kHz, le seuil de perception s'élève approximativement de 10 mA à 100 mA.

A des fréquences supérieures à 100 kHz, une sensation de chaleur au lieu de picotement caractérise le seuil de perception pour des courants de quelques centaines de milliampères.

Avec des courants de quelques ampères, l'apparition de brûlures est probable en fonction du temps de passage du courant.

Au GHz on pourra demander aux opérateurs téléphoniques de parler de l'innocuité des émissions dans les bandes 980MHz, 1.8GHz ainsi que pour le wifi 2.45GHz (=fréquence des fours micro-ondes).

## ***Les effets du courant continu***

La différence avec les effets du courant alternatif est due à l'excitation des muscles par le courant qui est liée aux variations d'intensité, deux à trois fois plus élevée en courant continu qu'en courant alternatif.

Lors d'un accident en courant continu, le moment le plus dangereux est la mise sous tension et la coupure du courant.

k = facteur d'équivalence entre courant continu et courant alternatif

lcc = courant continu

lca eff = courant alternatif à la valeur efficace

lcc et lca eff représentent la même probabilité de provoquer une fibrillation.

**K**= lcc fibril./ lca fibril eff = 300/ 80 =3.75

### **Autres effets du courant continu**

Pour des courants inférieurs à 300 mA environ, une sensation de chaleur est sentie dans les extrémités pendant le passage du courant.

Les courants transversaux d'intensité au plus égale à 300 mA passant à travers le corps humain pendant plusieurs minutes peuvent provoquer des arythmies cardiaques réversibles, des marques de courant, des brûlures, des vertiges et parfois l'inconscience.

Au dessus de 300 mA, l'inconscience se produit fréquemment.

## ***Le rôle de la tension et de l'intensité conjuguées***

Dans les conditions normales d'utilisation des installations électriques, lorsque l'on est soumis à des tensions de plus en plus élevées au niveau du contact et selon la nature du courant, les accidents encourus par les personnes ou par les biens sont statistiquement différents.

On constate les faits les plus marquants suivants :

- des brûlures de contact dues au port de bague, bracelet, etc.,
- des incendies,
- des explosions.

### **En courant alternatif**

- en dessous de 50 V absence d'accident mortel
- entre 50 et 500 V, on constate de plus grand pourcentage de fibrillation cardiaque
- pour des tensions de l'ordre de 500 à 1 000 V, il y a principalement syncope respiratoire et brûlures
- à partir d'environ 1 000 V, les brûlures internes de type hémorragique avec libération de myoglobine (blocage des reins).

### **En courant continu**

- en dessous de 120 V absence d'accident mortel
- entre 120 et 750 V, tensions peu répandues, où l'on constate des effets d'électrolyse et des brûlures par effet Joule
- à partir d'environ 750 V, les accidents entraînent surtout des brûlures internes et externes.

## CONCLUSION

La loi d'Ohm est considérée comme l'équation du risque électrique :

$$I = U / Z$$

Plus l'intensité  $I$  qui traverse le corps est importante, plus le choc électrique est dangereux. Il faut donc rechercher à diminuer la valeur de  $I$  pour éviter le choc ou mieux le supprimer, c'est l'objet de la prévention des accidents électriques.

## Les dispositifs de sécurité

On ne s'intéresse qu'aux cas usuels 230V 50Hz, on a vu qu'il y a

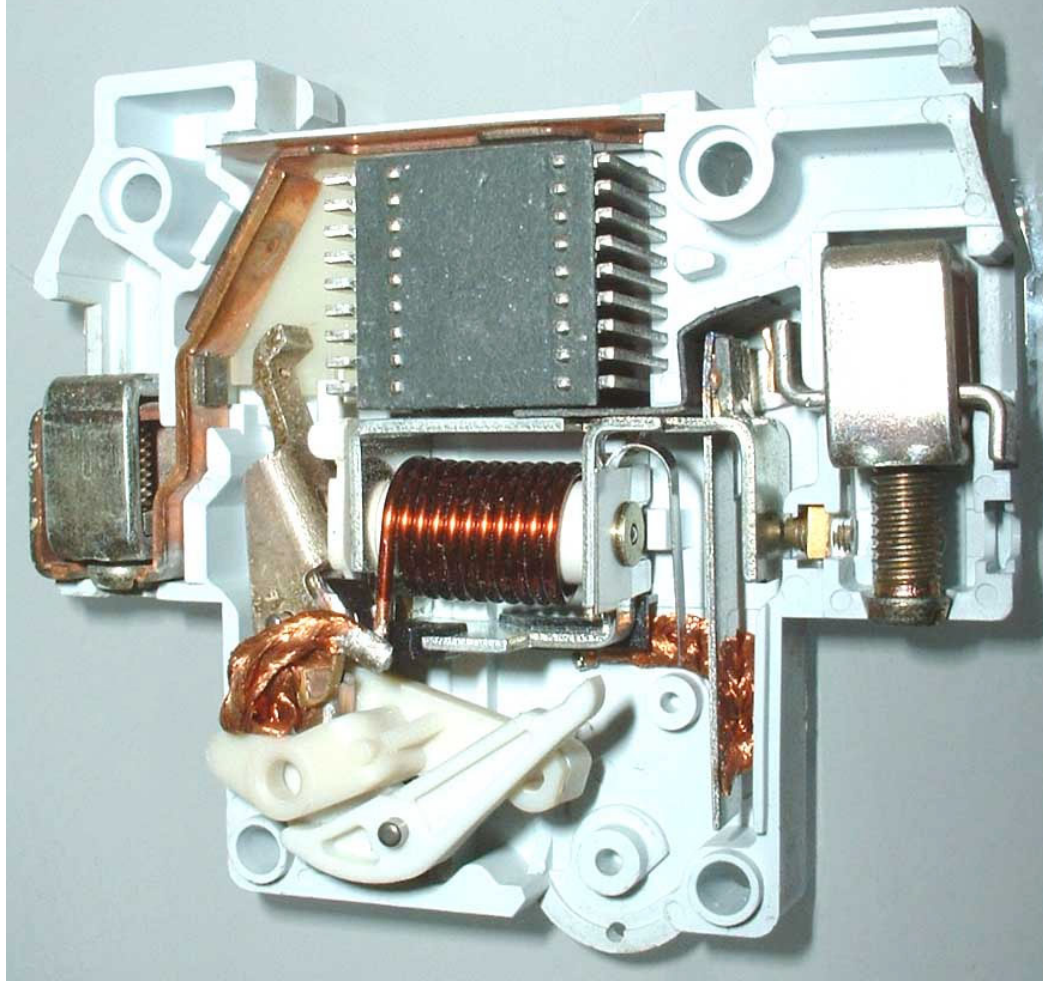
- \* le **coupe-circuit**, fusible, assure une protection contre les surintensités et les courts-circuits.
- \* le **disjoncteur**, interrupteur automatique, commandé par une surintensité ou un courant de fuite ; il peut posséder trois "déclencheurs" :
  - thermique contre les surcharges
  - magnétique contre les courts-circuits
- différentiel contre les courants de fuites (protection des personnes).

**Les coupe-circuits fusibles :**

C'est le dispositif appelé autrefois " plombs "

## Les disjoncteurs divisionnaires

La protection est assurée par un dispositif magnétothermique, fondé sur un bilame et un électroaimant

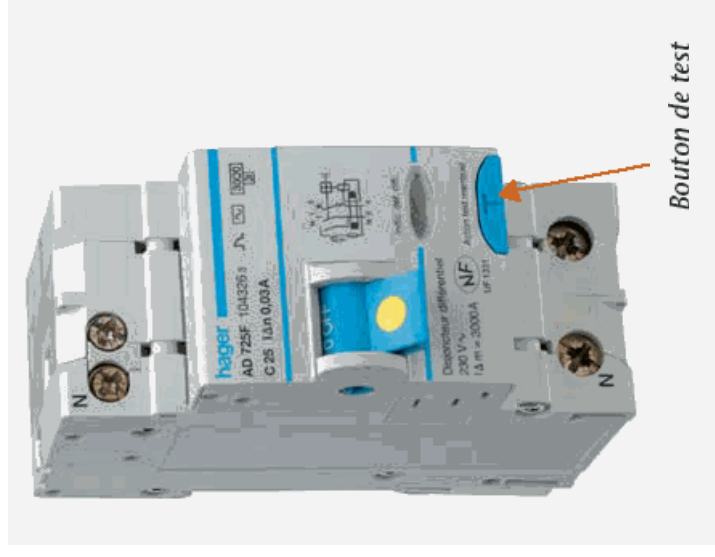




## Les dispositifs différentiels

La norme NF C 15-100 rend obligatoire la protection supplémentaire de tous les circuits par un dispositif différentiel à haute sensibilité 30 mA (DDR).

*Bien entendu, on n'oubliera pas de tester tous les mois les disjoncteurs*



# Appareils de sécurité : VAT (docINRS)

HABILITATION ÉLECTRIQUE  
Publication UTE C 18-510

407-3

## VÉRIFICATEUR D'ABSENCE DE TENSION



- Les vérificateurs d'absence de tension et détecteurs unipolaires doivent répondre aux prescriptions des normes en vigueur (NF C 18-310 et NF C 18-311).
- Les appareils de mesurage ne doivent pas être utilisés à cet usage, pas plus que les vérificateurs d'absence de tension ne peuvent être considérés comme des appareils de mesurage.
- Ils peuvent être du type lumineux ou du type sonore, mais dans tous les cas ils doivent être adaptés à la tension des installations sur lesquelles ils sont utilisés.

**INRS**

ED 1522 - 1995

## VÉRIFICATEUR D'ABSENCE DE TENSION

- Immédiatement avant chaque opération, effectuée avec ce matériel et immédiatement après cette opération, il est indispensable de vérifier son bon fonctionnement, soit à l'aide de parties actives restées sous tension à proximité, soit à l'aide d'un dispositif à source indépendante prévue par le constructeur.
- Lors de l'utilisation de ces appareils en BT, l'emploi de gants isolants est obligatoire lorsque l'opérateur opère à proximité de pièces nues présentant des risques notables de contact direct en cas de faux mouvement.
- L'utilisation d'une lampe montée sur douille à bouts de fils est formellement interdite.



ED 1522 - 1995




## Matériels utilisés

HABILITATION ÉLECTRIQUE  
Outillage électrique portatif à main

902

### MESURES DE PROTECTION

**Le matériel est classé en fonction de sa conception et de la tension d'alimentation**

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, <i>jamais relié à la terre</i>
III		Lampe baladeuse alimentée en TBTS, <i>non reliée à la terre</i>

# Responsabilités

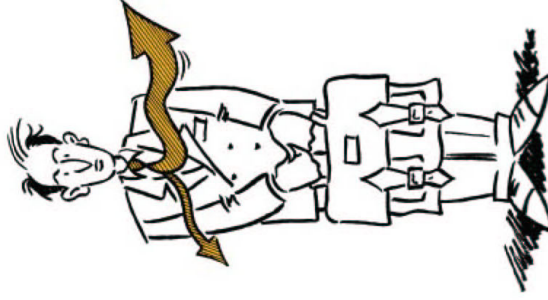
HABILITATION ÉLECTRIQUE  
Publication UTE C 18-510

419

## RÔLE DE L'EMPLOYEUR

Prendre les mesures  
de sécurité

Déterminer  
le rôle de chacun



Former et habiliter  
Fournir le matériel

Organiser  
les opérations



ED 1522 - 1995

## Bibliographie :

Installations électriques à basse tension NF C 15-100 (2002)

Evolutions de la norme électrique Gallauziaux T, Fedullo D , Eyrolles

Installer un tableau électrique Gallauziaux T, Fedullo D , Eyrolles

securiteelectrique ac-poitiersBGT02.pdf

securiteelectriqueAmiensPrp sciences physique\_.pdf

doc INRS ED 1522 (riskelec.pdf)

# Quelques compléments :

Cas particulier des Installations sanitaires, volumes de protection : doc Promotelec Sdb-3vol.pdf

**Les Informations Techniques PROMOTELEC**

**INFO TECH**

**ÉQUIPEMENT ÉLECTRIQUE DE LA SALLE D'EAU**

## I. LES VOLUMES

La salle d'eau est un local à risques particuliers pour les personnes. En effet, la conductibilité électrique d'un corps humain augmente considérablement lorsqu'il est immergé ou implanter dans l'eau.

C'est pourquoi la norme NF C 15-100 a prévu des dispositions particulières pour ce type de local, en fonction de la proximité d'une baignoire ou d'un receveur de douches.

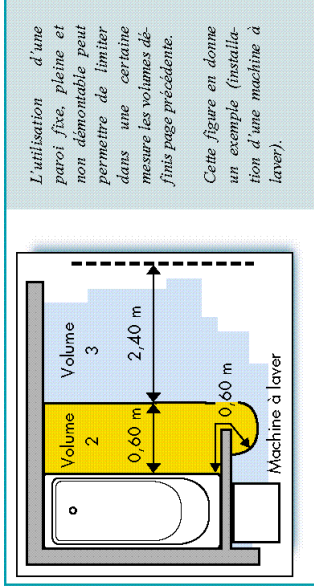
**Quatre volumes** (voir 2) sont définis, dont chacun a des règles précises d'installation de matériels électriques, sont définis par rapport à une baignoire ou à un receveur de douches, quelque soit le local (salle d'eau, salle de bains).

Les autres appareils (lavabos, bidets, éviers et autres points d'eau) ne sont pas concernés.

- Le volume situé au-dessus du volume 3 est hors volume.
- Le volume situé au-dessus des volumes 1 et 2 jusqu'à une hauteur de 3 m au-dessus du sol ou du receveur de douche est le volume 3.
- Le volume situé au-dessus des volumes 1 et 2 jusqu'à une hauteur supérieure à 3 m est hors volume.
- L'espace situé sous la baignoire ne fait pas partie des volumes 0, 1, 2 ou 3 s'il est fermé et accessible seulement par une trappe ne pouvant être ouverte qu'à l'aide d'un outil.
- Dans les cas particuliers, il est soumis aux conditions de la norme NF C 15-100.
- Si le fond de la baignoire ou du receveur de douche est situé à plus de 0,15 m du sol, la hauteur de 2,25 m est prise par rapport à ce fond et non par rapport au sol.

Figure 1

Figure 2



L'utilisation d'une paroi fixe, pleine et non démontable peut permettre de limiter dans une certaine mesure les volumes définis page précédente.

Cette figure en donne un exemple (installation d'une machine à laver).

### On retiendra

Les volumes (illustrés par les figures 1 et 2), sont définis par rapport à une baignoire ou à un réservoir de douche, quelque soit le local. Les autres appareils (lavabos, bidets, éviers et autres points d'eau) ne sont pas concernés.

## II. PROTECTION CONTRE LES CHocs ÉLECTRIQUES

Tous les circuits électriques en basse tension (230/400 V) desservant les volumes définis précédemment doivent être protégés par un ou plusieurs dispositifs différentiels à haute sensibilité (DRHS 30 mA).

Cette mesure de protection, rappelée dans le tableau 1, n'est pas nécessaire pour les circuits en aval d'un transformateur de séparation ou d'un transformateur de sécurité (TBS 12 V).

## III. MATÉRIELS ÉLECTRIQUES

Les tableaux 1 et 2 donnent les matériels électriques autorisés dans chaque volume de la salle d'eau, avec les conditions d'installation :

- mesures de protection contre les chocs électriques
- indices minimaux de protection.

**Tout appareil autorisé dans un volume**

**l'est également dans les volumes d'indice supérieur.**

Dans les volumes 1 et 2, les appareils installés à poste fixe doivent être raccordés directement et non par l'intermédiaire d'une prise de courant.

Les lampes suspendues à bout de fil et les douilles métalliques sont interdites.



## A) MATÉRIELS ÉLECTRIQUES AUTORISÉS DANS LES LOCAUX CONTENANT UNE BAIGNOIRE OU UNE DOUCHE

	MATÉRIELS	MESURES DE PROTECTION CONTRE LES CHOCs ÉLECTRIQUES	DANS LES VOLUMES				
			0	1	2	3	
APPAREILS D'UTILISATION	Machine à laver, à sécher... (1)	Classe I + 30mA					
	Appareils de chauffage (2)	Classe I + 30mA					
		Classe II + 30mA					
		Classe I + 30mA					
		Classe II + 30mA					
		TBIS 12 V	(4)	(4)	(4)		
	Éclairage	Transformateur de séparation (3)					
	Chauffe-eau instantané	Classe I + 30mA		(5)			
	APPAREILLAGE	Chauffe-eau à accumulation	Classe I (30mA recommandé) (7)				
		Interrupteur	30mA				
Prise 2P + T		TBTS 12V					
Prise rasoir (20 à 50 VA)		30mA					
Transformateur de séparation		Transformateur de séparation					
Canalisations		30mA					
	Boîte de connexion			(6)	(6)		
			seul alimentation directe d'un appareil				

Tableau 1

autorisé
interdit

(1) Il convient d'installer, les socles de prise de courant spécialisée destinée aux machines à laver et à sécher le linge à proximité des arrivées et évacuations d'eau nécessaires à ces appareils. L'emplacement des raccordements hydrauliques ne doit pas conduire à installer une machine à moins de 0,60 m du bord d'une baignoire ou d'un receveur de douche.

(2) Dans les volumes 2 et 3 Les boîtes de raccordement des appareils de chauffage doivent être situées derrière ceux-ci.

(3) Un seul appareil d'éclairage par transformateur, dans le cas d'alimentation de deux appliques, on peut également utiliser un seul transformateur, à condition de

relier les masses des deux luminaires entre elles et non à la liaison équipotentielle de la salle d'eau. Dans les deux cas, le transformateur doit être installé en dehors du volume 2.

(4) Le transformateur doit être placé en dehors des volumes 0, 1 et 2.

(5) Si raccordé au réseau d'eau froide par une canalisation métallique fixe.

(6) Limitées à l'alimentation des appareils autorisés dans ces volumes.

(7) 30mA obligatoire si les raccordements au réseau d'eau sont réalisés avec un matériau isolant.

### remarque

Lorsqu'il n'est pas certain que les canalisations d'eau raccordées au chauffe-eau ne sont pas métalliques, il convient de protéger le chauffe-eau par un 30 mA.

## B) ARMOIRES DE TOILETTE

- Les armoires de toilette comportant appareil d'éclairage, interrupteur et socle de prise de courant peuvent être installées dans le volume 2 à condition qu'elles répondent aux règles de la classe II et que **le socle de prise de courant soit alimenté par l'intermédiaire d'un transformateur de séparation de faible puissance (20 à 50 VA) intégré à l'armoire.**
- Les armoires de toilette de classe II comportant **un socle de prise de courant 2P + T** peuvent être installées dans le volume 2 à condition que **la partie de ces armoires comportant ce socle de prise de courant 2P + T soit située dans le volume 3.**
- Les canalisations** destinées à raccorder les armoires de toilette ou les appareils d'éclairage avec socle de prise de courant, sont alimentées par les circuits d'éclairage de l'installation. Il en résulte que ces canalisations peuvent être de section 1,5mm<sup>2</sup> cuivre et doivent être commandées par un interrupteur.

## C) INDICES DE PROTECTION EXIGÉS

EMPLACEMENT	DEGRÉ MINIMAL DE PROTECTION <sup>(1)</sup>	SYMBOLES CORRESPONDANTS POUR LA PROTECTION CONTRE L'EAU	
		APPAREILS ÉLECTRO-DOMESTIQUES	LUMINAIRES
Volume 3	IP 21 ou x 1B <sup>(2)</sup>		
Volume 2	IP 23 ou x 3B		
Volume 1	IP 24 ou x 4B		
Volume 0	IP 27 ou x 7B		

Tableau 2

(1) : 1<sup>er</sup> chiffre : degré de protection contre les solides.  
2<sup>ème</sup> chiffre : degré de protection contre l'eau.

(2) : B = impossibilité d'accéder aux éléments sous tension avec un doigt.

## D) CLASSES DES APPAREILS D'UTILISATION

CLASSE I		_____ mise à la terre obligatoire
CLASSE II		_____ pas de mise à la terre
CLASSE III		_____ tension limitée à 12 V

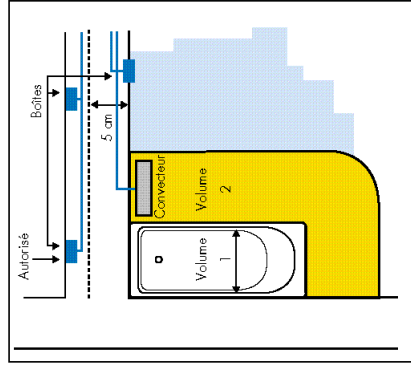
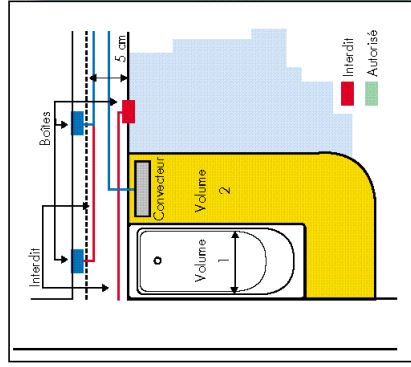
Tableau 3

### remarque

Le matériel portant + peut être placé à n'importe quel endroit de la salle d'eau à l'exception des volumes 0 et 1.

## E) CANALISATIONS

- **Les canalisations ne doivent pas comporter d'éléments métalliques** (armure ou gaine même inaccessible). On utilisera donc des conducteurs isolés dans un conduit isolant ou des câbles multi-conducteurs avec gaine isolante : A 05 W-F, FR-N 05 W-U et R, U 1000 R2V...
- **Les canalisations réalisées avec des profilés plastiques** (plinthes et moulures PVC) devront sur leur parcours en volume 1, 2 et 3 ne contenir que des câbles.
- **Les canalisations ne desservant pas les volumes 1 et 2** et situées dans les parois délimitant les volumes 1 et 2 doivent être encastrées à une profondeur supérieure à 5 cm.

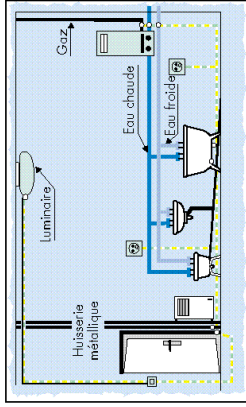


## IV. CONFORMITÉ AUX NORMES DE CONSTRUCTION

Les matériels électriques doivent être conformes aux normes de sécurité établies par l'Union technique de l'Électricité. L'apposition sur le matériel d'une marque NF est une présomption de conformité aux normes.



## V. LA LIAISON ÉQUIPOTENTIELLE LOCALE DE LA SALLE D'EAU (N.701.413)



Éléments de la salle d'eau devant être reliés à la liaison équipotentielle

### ■ Cette liaison équipotentielle locale

consiste, à l'aide de conducteurs, à relier entre eux les éléments conducteurs situés dans les volumes 1, 2 et 3 :

- les canalisations métalliques (eau froide, eau chaude, vidange, chauffage, gaz, etc...),
- les corps des appareils sanitaires métalliques,
- les huisseries,
- les conducteurs de protection.

Il n'y a pas lieu de mettre en oeuvre un conducteur de protection supplémentaire entre cette liaison équipotentielle et le répartiteur de terre du tableau de répartition, du fait que la liaison équipotentielle est mise de fait à la terre par les conducteurs de protection situés dans les volumes 1, 2 et 3.

La liaison équipotentielle locale doit être réalisée dans la salle d'eau. S'il n'est pas possible de relier certains éléments conducteurs à l'intérieur de la salle d'eau, cette liaison peut être réalisée dans les locaux contigus.

- Le conducteur de la liaison équipotentielle locale, de couleur vert-jaune, ne peut en aucun cas être noyé directement sans conduit dans les parois. Sa section est de 2,5 mm<sup>2</sup> s'il est protégé contre les chocs (sous baignoire avec tablier, sous conduit ou sous profilé plastique) ou de 4 mm<sup>2</sup> s'il est posé directement aux parois sans protection mécanique.

■ Une huisserie métallique peut constituer une partie de la liaison équipotentielle locale si sa continuité électrique est assurée. Il n'en est pas de même pour tout autre élément conducteur (canalisation d'eau...).

■ Il est interdit de relier à la liaison équipotentielle locale la carcasse métallique des appareils de classe II.

■ Il n'est pas nécessaire de relier à la liaison équipotentielle locale :

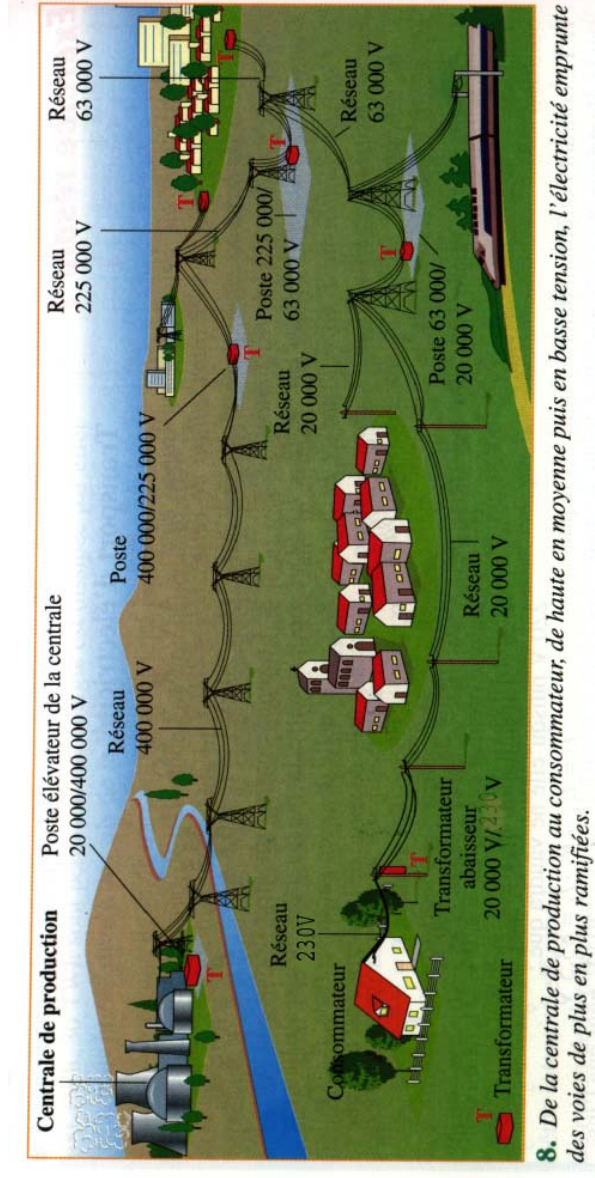
- les radiateurs, équipés ou non d'une résistance électrique, alimentés en eau chaude par des canalisations isolantes,
- les porte-serviettes métalliques non chauffants,
- les robinets reliés à des canalisations isolantes,
- les bords et les siphons,
- les bouches métalliques de ventilation si le conduit, la dérivation ou le piquage ne sont pas tous métalliques.
- les pare-douches.

Il n'est pas nécessaire de shunter les raccords filetés des canalisations métalliques d'eau, du fait que le filetage avec un élément de bourrage assure une continuité suffisante.



# Le transport du courant électrique

EDF distribue une tension finale aux utilisateurs particuliers de 230V monophasé ou 230/400V en triphasé



# Transformateurs

## 3 Réseaux

Statistiques de l'Énergie Électrique en France 2003

### B Postes

Postes	Etat au 31 décembre 2003					
	400 kV	225 kV	150 kV	90 kV	63 kV	Total
Propriété RTE	125	505	27	534	1 250	2 441
Lines propriétaires*	166	690	39	760	2 174	3 829

\* postes cédés de RTE

### C Transformateurs propriété de RTE

Il comprend les transformateurs de réseau, ainsi que quelques transformateurs maître-ressauveteur de centrale, appartenant à RTE.

Niveau primaire	Niveau secondaire							Total
	225 kV	150 kV	90 kV	63 kV	45 kV	MT		
400 kV	nombre puissance (MVA)	4 2 472	34 7 100	17 3 950				364 119 071
225 kV	nombre puissance (MVA)	16 1 029	172 19 010	578 58 378	609 26 696	5 260	96 26 956	108 039 108 039
150 kV	nombre puissance (MVA)		25 1 331	25 1 314	8 414	78 414	2 1 823	45 1 823
90 kV	nombre puissance (MVA)			15 865		24 707	24 707	39 1 552
63 kV	nombre puissance (MVA)					11 458	24 484	35 942
45 kV	nombre puissance (MVA)					1 10	1 10	1 10

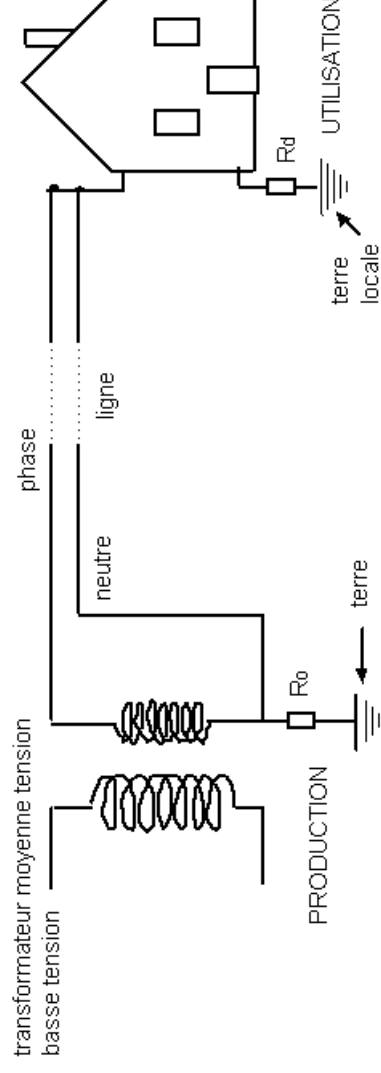
### D Lignes transfrontalières vues du réseau RTE

Lignes	Etat au 31 décembre 2003						
	220 kV cc	400 kV	225 kV	150 kV	90 kV	63 kV	Total
Ensemble France	4	16	12	4	2	6	44
dont :							
Lignes d'interconnexion	4	16	12	3			35
Allemagne pour RTE		4	2				6
Allemagne		2	2				4
Belgique		2	2	2			6
Espagne		2	2				4
Grande-Bretagne		3	1				4
Italie		5	5				10
Suède				1	2		3
Autres lignes transfrontalières				1	2	6	9

## Installation domestique

Le monophasé domestique BT est pris entre phase et neutre du réseau triphasé EDF.

Au niveau du transformateur BT alimentant un immeuble ou un village, EDF fabrique un neutre (qui n'existe pas en MT et HT) et distribue les 3 phases entre les utilisateurs de manière équilibrée.



## Pourquoi 50Hz ?

Réponse EDF

Comme tous les choix en matière de standardisation, il s'agit d'un compromis entre un besoin d'ordre technique et un calage à une valeur arrondie.

La fréquence industrielle doit se situer dans le domaine des basses fréquences :

- à un niveau compatible avec le dimensionnement et le coût des générateurs, des moteurs et des transformateurs (exemple : fréquence et capacité varient en sens inverses)
- ni trop bas, pour ne pas créer de gêne (exemple : acceptabilité par l'oeil des fluctuations de tension),
- ni trop haut, pour éviter les déperditions d'énergie (exemple : la chute de tension en ligne est fonction de la réactance, elle même proportionnelle à la fréquence).

On lit dans la littérature que c'est Nikola Tesla qui a promu le 60 Hz aux Etats-Unis, le jugeant approprié pour l'éclairage public. C'était à la fin du 19<sup>e</sup> siècle, il y avait alors différents choix de fréquence en fonction des usages. Les réalisations de réseaux au début du 20<sup>e</sup> siècle ont poussé rapidement à des standardisations, généralement entre 40 et 80 Hz , le niveau étant plus faible en Europe qu'en Amérique du nord.



La France a fait son choix à la fin de la première guerre mondiale. Elle a alors retenu 50 Hz, qui, selon de nombreux auteurs, constitue ce qu'il est courant d'appeler une valeur préférentielle : milieu de l'intervalle 0-100 (associé aux valeurs préférentielles [10, 20, **50**, 100] , comparativement à 60 milieu de l'intervalle 0-120 (associé à un ensemble de valeurs [10, 20, **60**, 120]).

Le choix date d'il y a près de 90 ans et tout n'a pas été fidèlement mémorisé : il convient d'être prudent avant d'en faire des certitudes !

## Extrait de la « Nouvelle encyclopédie pratique d'électricité » T1 – 1939

p602 - Réseaux de la région parisienne

gie s'effectuent sous forme de courants alternatifs triphasés. Quoique l'utilisation de courant continu sous plusieurs centaines de milliers de volts puisse être une solution très avantageuse, il ne semble pas qu'elle doive encore entrer prochainement dans la pratique.

Ainsi que nous l'exposerons plus loin, l'interconnexion des usines présente des avantages au double point de vue de la sécurité et de l'économie. Mais le fonctionnement en parallèle d'un nombre élevé d'usines puissantes pose une quantité de problèmes parmi lesquels nous citerons

1° la limitation des courants de court-circuit,

2° la localisation des perturbations,

3° la répartition des puissances.

Avant de traiter ces questions importantes, le lecteur trouvera ci-après quelques renseignements sur un certain nombre de grands réseaux.

375. DONNEES RELATIVES A QUELQUES GRANDS RESEAUX. - Réseaux de la région parisienne. - Réseaux français d'interconnexion. -

Nous nous proposons de suivre rapidement l'évolution des réseaux de la région parisienne depuis leur création jusqu'en 1934.

Nous assisterons à la naissance de l'interconnexion et verrons comment un grand nombre de petits réseaux ont fusionné peu à peu pour aboutir à la forme actuelle.

Les réseaux de banlieue ont peu évolué, du moins quant à leur schéma général, depuis leur création jusqu'en 1919. Après avoir débuté sous forme de réseaux locaux à courant continu, ils produisirent l'énergie et la distribuèrent dès **1900**, sous forme alternative. Chacun d'eux s'étant constitué isolément, on s'est trouvé en présence d'une variété extraordinaire de natures de courants (triphase, diphasé), de tensions et de fréquences.

L'Est Lumière, créé en 1900, produisait du courant triphasé **5 000 V, 50 périodes**. L'Ouest Lumière reprenait en 1900 le réseau de la Société Urbaine d'Éclairage à **3 000 V, 53 1/2 périodes**. La Société d'Éclairage et Force par l'Électricité exploitait la région Nord de la banlieue en courant diphasé, **41 2/3 périodes**.

On a vu simultanément des réseaux fonctionnant aux **fréquences suivantes 25, 14 2/3, 50, 53 1/3**.

Nous ne décrivons pas davantage ces réseaux; contentons-nous de citer les noms des sociétés qui les exploitaient Compagnie Générale de Distribution d'Énergie Électrique, Énergie Électrique de la Seine, Société des Engrais complets, Énergie Électrique de la Région Parisienne, Secteur de la Rive gauche, Le Triphasé, Société d'Électricité de Paris.

Six compagnies se partageaient la presque totalité du territoire de la ville de Paris. Comme en banlieue, par suite de l'ignorance où l'on se trouvait à cette époque des avantages et des inconvénients des différents modes de distribution, chaque société constitua à son gré son réseau. Aussi vit-on simultanément se développer des réseaux à courant continu 3 fils et 5 fils et des distributions à courant alternatif monophasé et diphasé. Chaque secteur était alimenté par une, puis plusieurs usines, que l'on dut établir au fur et à mesure du développement de la consommation. Le croquis de la figure 1655 indique grossièrement la répartition des différents secteurs.

Le secteur de la Compagnie Continentale Edison distribuait le courant produit par trois usines, situées avenue Trudaine, faubourg Montmartre et à St-Denis, au moyen de feeders **3 fils 2 x 120 volts**. L'usine de St-Denis envoyait du courant continu **2 x 1 200 volts** dans une sous-station qui le transformait à l'aide de groupes moteurs-générateurs en **2 x 120 volts**.

La Société d'Éclairage et Force par l'Électricité à Paris distribuait du **courant continu 110 V**, produit quai de Seine à St-Ouen.

Les usines de la Compagnie Parisienne de l'Air comprimé, au nombre de trois, étaient installées dans Paris. Elles distribuaient du courant **continu système 5 fils, sous 440 V** entre extrêmes.

Le Secteur de la Place Clichy ne possédait qu'une usine, située rue des Dames et distribuait aussi du **courant continu (5 fils sous 440 V)**.

Les autres compagnies, Société d'Éclairage Électrique du Secteur des Champs-Élysées et Compagnie Électrique du Secteur de la Rive Gauche, distribuaient l'énergie en courant alternatif, à **40 périodes par seconde sous 3 000 volts**. Leurs usines étaient situées, la première, à Levallois-Perret, la seconde à Issy-les-Moulineaux.

De ce bref aperçu se dégage l'impression d'un ensemble hétérogène, où tensions et genres de courant étaient disparates. Les usines étaient de faible puissance, situées dans la ville ou dans la banlieue immédiate.

**A partir de 1907** une seule compagnie groupa les différents secteurs et reçut la concession de la distribution et de la production dans Paris. Cette société fut appelée la **Compagnie Parisienne de Distribution d'Electricité**. Elle entreprit sinon l'uniformisation de la distribution, ce qui eut entraîné des dépenses considérables, du moins celle de la production qui fut concentrée dans deux usines situées hors Paris, à St-Ouen et à Issy-les-Moulineaux.

Le tableau ci-après donne les noms des sociétés exploitant la région parisienne en 1919, ainsi que les usines productrices et les zones qu'elles alimentaient.

Si 1907 marque le début de la concentration de la production à Paris, **1919 voit se dessiner le regroupement de la production dans la banlieue**.

En 1919, en effet, s'ouvrent les chantiers de la Centrale de Gennevilliers.

De 1921, date de la mise en service de cette usine, jusqu'en 1927, la fréquence est unifiée dans tous les réseaux de banlieue dont les usines sont fermées au fur et à mesure de la construction du grand réseau de l'Union d'Electricité. Parallèlement, de 1926 à 1930, la **Société d'Electricité de Paris et la Compagnie Parisienne de Distribution d'Electricité unifiaient la fréquence de leur réseau à la valeur 50 p : s adoptée pour la banlieue**.

Réseaux de la région parisienne - 603

A partir de 1928 les quatre compagnies productrices de la région parisienne, à savoir

- la Compagnie Parisienne de Distribution d' Electricité,

- l'Union d'Electricité,

- la Société d'Electricité de Paris, - la Société d'Electricité de la Seine,

ont entrepris un vaste plan d'interconnexion à 60 000 V dans le but d'utiliser de la manière la plus rationnelle l'ensemble des moyens de production thermique et hydraulique et de répartir l'énergie hydraulique provenant des grands réseaux.

En 1930, la Compagnie Parisienne de Distribution d'Electricité confiait la gérance de ses usines à un Consortium constitué par l'Union d'Electricité, la Société d'Electricité de Paris et la Société d'Electricité de la Seine.

