

UNIVERSITE DE LIMOGES  
FACULTE DE MEDECINE

ANNEE 1993



THESE N° 29 / 1

HISTOIRES DE PECHE :  
ACCIDENTS ELECTRIQUES LIES A L'UTILISATION  
DE CANNES EN FIBRE DE CARBONE

**THESE**

POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN MEDECINE



Présentée et soutenue publiquement le 8 juin 1993

par

**Michel PAILLER**

Né le 25 septembre 1961 à GUERET (Creuse)

**EXAMINATEURS DE LA THESE**

Monsieur le Professeur Claude PIVA .....	Président
Monsieur le Professeur Daniel DUMONT .....	Juge
Monsieur le Professeur Roger GAY .....	Juge
Monsieur le Professeur Jean-Pierre OLIVIER .....	Juge

Ex: 1

Fail:

UNIVERSITE DE LIMOGES  
FACULTE DE MEDECINE

ANNEE 1993

THESE N° 129

HISTOIRES DE PECHE :  
ACCIDENTS ELECTRIQUES LIES A L'UTILISATION  
DE CANNES EN FIBRE DE CARBONE

**THESE**

POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN MEDECINE

Présentée et soutenue publiquement le 8 juin 1993

par

**Michel PAILLER**

Né le 25 septembre 1961 à GUERET (Creuse)

**EXAMINATEURS DE LA THESE**

Monsieur le Professeur Claude PIVA .....	Président
Monsieur le Professeur Daniel DUMONT .....	Juge
Monsieur le Professeur Roger GAY .....	Juge
Monsieur le Professeur Jean-Pierre OLIVIER .....	Juge



# UNIVERSITE DE LIMOGES

## FACULTE DE MEDECINE

\*\*\*\*\*

DOYEN DE LA FACULTE : Monsieur le Professeur BONNAUD

ASSESSEURS : Monsieur le Professeur PIVA  
Monsieur le Professeur COLOMBEAU

### PERSONNEL ENSEIGNANT

#### \* PROFESSEURS DES UNIVERSITES

ADENIS Jean-Paul	Ophthalmologie
ALAIN Luc	Chirurgie infantile
ALDIGIER Jean-Claude	Néphrologie
ARCHAMBEAUD Françoise	Médecine interne
ARNAUD Jean-Paul	Chirurgie Orthopédique et Traumatologique
BARTHE Dominique	Histologie, Embryologie, Cytogénétique
BEAUDET Jean	Clinique obstétricale et Gynécologie
BENSAID Julien	Clinique médicale cardiologique
BONNAUD François	Pneumologie
BONNETBLANC Jean-Marie	Dermatologie
BORDESSOULE Dominique	Hématologie et Transfusion
BOULESTEIX Jean	Pédiatrie
BOUQUIER Jean-José	Clinique de Pédiatrie
BOUTROS-TONI Fernand	Biostatistique et information médicale
BRETON Jean-Christian	Biochimie et Biologie moléculaire
CAIX Michel	Anatomie
CATANZANO Gilbert	Anatomie pathologique
CHASSAIN Albert	Physiologie
CHRISTIDES Constantin	Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
COLOMBEAU Pierre	Urologie
CUBERTAFOND Pierre	Clinique de chirurgie digestive
DARDE Marie-Laure	Parasitologie
DELUMLEY WOODYEAR Lionel	Pédiatrie
DENIS François	Bactériologie-Virologie
DESCOTTES Bernard	Anatomie
DESPROGES-GOTTERON Robert	Clinique thérapeutique et rhumatologique
DUDOGNON Pierre	Rééducation fonctionnelle
DUMAS Michel	Neurologie
DUMAS Jean-Philippe	Urologie

DUMONT Daniel	Médecine du Travail
DUPUY Jean-Paul	Radiologie et Imagerie Médicale
FEISS Pierre	Anesthésiologie et Réanimation chirurgicale
GAINANT Alain	Chirurgie digestive
GAROUX Roger	Pédopsychiatrie
GASTINNE Hervé	Réanimation médicale
GAY Roger	Réanimation médicale
GERMOUTY Jean	Pathologie médicale et respiratoire
HUGON Jacques	Histologie, Embryologie, Cytogénétique
LABADIE Michel	Biochimie et Biologie moléculaire
LABROUSSE Claude	Rééducation fonctionnelle
LASKAR Marc	Chirurgie Thoracique et Cardio-vasculaire
LAUBIE Bernard	Endocrinologie et Maladies métaboliques
LEGER Jean-Marie	Psychiatrie d'adultes
LEROUX-ROBERT Claude	Néphrologie
LIOZON Frédéric	Clinique Médicale A
LOUBET René	Anatomie pathologique
MALINVAUD Gilbert	Hématologie et Transfusion
MENIER Robert	Physiologie
MERLE Louis	Pharmacologie
MOREAU Jean-Jacques	Neurochirurgie
MOULIES Dominique	Chirurgie infantile
OLIVIER Jean-Pierre	Radiothérapie et Cancérologie
OUTREQUIN Gérard	Anatomie
PECOUT Claude	Chirurgie orthopédique et Traumatologique
PERDRISOT Rémy	Biophysique et traitement de l'image
PESTRE-ALEXANDRE Madeleine	Parasitologie
PILLEGAND Bernard	Hépto-Gastro-Entérologie
PIVA Claude	Médecine légale
PRALORAN Vincent	Hématologie et transfusion
RAVON Robert	Neurochirurgie
RIGAUD Michel	Biochimie et Biologie moléculaire
ROUSSEAU Jacques	Radiologie et Imagerie Médicale
SAUTEREAU Denis	Hépto-Gastro-Entérologie
SAUVAGE Jean-Pierre	Oto-Rhino-Laryngologie
TABASTE Jean-Louis	Gynécologie-Obstétrique
TREVES Richard	Thérapeutique
VALLAT Jean-Michel	Neurologie
VALLEIX Denis	Anatomie
VANDROUX Jean-Claude	Biophysique et Traitement de l'image
WEINBRECK Pierre	Maladies infectieuses

SECRETAIRE GENERAL DE LA FACULTE  
CHEF DES SERVICES ADMINISTRATIFS

POMMARET Maryse

Je dédie ce travail :

A Sophie, mon petit rayon de soleil.

A Fatiha, mon épouse : pour ton amour, ta complicité et ta clairvoyance.

A mes parents : pour votre compréhension, votre disponibilité et le réconfort que vous avez toujours su m'apporter. Que ce travail soit le modeste témoignage de ma reconnaissance.

A ma grand-mère : tu as toujours tenu une grande place dans ma vie.

A mon frère Serge et à sa famille : ils savent toute l'affection que je leur porte.

A mes beaux-parents : pour votre constante gentillesse.

A mon parrain, à ma marraine.

A ma famille et ma belle-famille.

A mes amis.

A tous les passionnés...

A NOTRE PRESIDENT DE THESE

Monsieur le Professeur Claude PIVA  
Professeur des Universités de Médecine Légale  
Médecin des Hôpitaux  
Chef de Service

L'attention bienveillante avec laquelle vous nous avez accueilli, dans votre service durant nos études, est toujours présente à notre esprit.

Votre sens pédagogique ainsi que l'étendue de vos connaissances médicales ont été pour nous une grande source d'enrichissement scientifique et humain.

Vous nous faites l'honneur d'accepter la présidence du jury de notre thèse.

Permettez-nous de vous exprimer ici notre sincère reconnaissance et notre respectueuse admiration.

A NOTRE DIRECTEUR DE THESE

Monsieur le Professeur Daniel DUMONT  
Professeur des Universités de Médecine du Travail  
Médecin des Hôpitaux

Nous tenons à vous remercier de toute la peine que vous avez prise pour nous guider tout au long de ce travail.

Vous avez su, par votre attention, votre patience et votre gentillesse, nous apporter la force nécessaire à sa réalisation.

Puisse cette thèse être un modeste témoignage de notre vive reconnaissance.



A NOTRE JURY DE THESE

Monsieur le Professeur Roger GAY  
Professeur des Universités de Réanimation Médicale  
Médecin des Hôpitaux  
Chef de Service

Nous sommes très honoré que vous ayez accepté de  
juger ce travail.

Nous vous assurons de notre sincère gratitude et de  
notre profond respect.

A NOTRE JURY DE THESE

Monsieur le Professeur Jean-Pierre OLIVIER  
Professeur des Universités de Cancérologie-Radiothérapie  
Electroradiologiste des Hôpitaux  
Chef de Service

Nous avons été très sensible à l'amabilité avec laquelle vous avez accepté de siéger dans notre jury.

Vous nous avez ouvert l'accès de votre service, où vous n'avez cessé de nous faire partager, par votre enseignement, votre expérience de la médecine.

Veillez trouver ici toute notre sympathie et notre sincère reconnaissance.

AUX MEDECINS DE L'HOPITAL DE GUERET (Creuse)

Nous vous remercions pour les années précieuses que nous avons passées dans vos services.

**A MESSIEURS LES DOCTEURS :**

**Patrick BERGER**

**Christian BRISMOUTIER**

**Patrick LASSALLE**

**André MOREAU**

Médecins Généralistes à DUN-LE-PALESTEL (Creuse)

**A Monsieur le Docteur Jean-Luc BERNARD**

Médecin Généraliste à AJAIN (CREUSE)

**A Monsieur le Docteur Jean-Marie CONQUET**

Médecin Généraliste à SAINT-VAURY (Creuse)

**A Monsieur le Docteur Alain GAYAUD**

Médecin Généraliste à GOUZON (Creuse)

**A Monsieur le Docteur Ashock MONANY**

Médecin Généraliste à SAINT-SEBASTIEN (Creuse)

J'ai eu l'honneur et la joie de vous remplacer.

Vous avez su me communiquer la passion de la  
médecine de campagne.

Soyez assurés de ma sincère amitié.

Nous remercions tous ceux qui nous ont aidé à la réalisation de cette thèse, et plus particulièrement :

- Sandrine et ses parents pour leur importante collaboration.
- Madame le Docteur GRAVELAT, médecin du travail à EDF.
- Monsieur GINFRAY, ingénieur à EGS 87 (EDF) pour ses précieuses explications techniques.
- Le Service d'Aide Médicale Urgente de chaque département.
- Henri DEMARS, détaillant d'articles de pêche, pour les contacts qu'il a su nous assurer.
- Antenne 2.

# PLAN

## I - INTRODUCTION

## II - LES FACTEURS D'ACCIDENT

### 2.1 - RAPPELS - DEFINITIONS

- 2.1.1 - Intensité et tension efficace
- 2.1.2 - Loi d'OHM
- 2.1.3 - Impédance
- 2.1.4 - Effet Joule
- 2.1.5 - Domaines de tension
- 2.1.6 - Electrification - Arc électrique

### 2.2 - LE COURANT ALTERNATIF

- 2.2.1 - Production - Transport
- 2.2.2 - Distribution aux utilisateurs
- 2.2.3 - Construction et trajets des lignes aériennes
  - 2.2.3.1 - Critères économiques
  - 2.2.3.2 - Critères politiques
  - 2.2.3.3 - Critères législatifs

2.2.3.3.1 - *Distance d'éloignement*

2.2.3.3.2 - *Voisinage des cours d'eau, plans d'eau  
et canaux de navigation*

### 2.3 - LA CANNE AU "COUP" EN FIBRE DE CARBONE

### **III - EFFETS DU COURANT ELECTRIQUE SUR LE CORPS HUMAIN**

#### **3.1 - LES EFFETS IMMEDIATS**

##### **3.1.1 - Effets excitomoteurs**

3.1.1.1 - La durée de l'excitation

3.1.1.2 - Le trajet du courant électrique dans l'organisme

3.1.1.3 - Conséquences immédiates

##### **3.1.2 - Effets thermiques : responsables de brûlures**

3.1.2.1 - Brûlures par arc

3.1.2.2 - Brûlures électrothermiques

3.1.2.2.1 - *Brûlures cutanées*

3.1.2.2.2 - *Brûlures internes*

#### **3.2 - LES ACCIDENTS SECONDAIRES**

##### **3.2.1 - Cardiovasculaires**

3.2.1.1 - Manifestations fonctionnelles

3.2.1.2 - Troubles du rythme - Modifications électrocardiographiques

3.2.1.3 - Lésions coronariennes

3.2.1.4 - Autres manifestations cardiaques

3.2.1.5 - Manifestations vasculaires

##### **3.2.2 - Neurologiques**

3.2.2.1 - Accidents cérébraux

3.2.2.2 - Troubles psychonévrotiques

3.2.2.3 - Complications médullaires

3.2.2.4 - Atteintes nerveuses périphériques

3.2.2.5 - Sensorielles

**3.2.3 - Rénales et métaboliques**

**3.2.4 - Autres**

### **3.3 - LES SEQUELLES**

**3.3.1 - Neurologiques**

**3.3.2 - Sensorielles**

**3.3.3 - Cardiovasculaires**

**3.3.4 - Séquelles rénales**

**3.3.5 - Séquelles liées aux brûlures**

### **3.4 - PHYSIOPATHOLOGIE**

**3.4.1 - Les différents paramètres de l'équation du risque électrique**

**3.4.1.1 - L'intensité**

**3.4.1.2 - La tension**

**3.4.1.3 - La "résistance" du corps humain**

## **IV - ENONCE DES CAS**

## **V - CONDUITE A TENIR DEVANT UN ELECTRISE PAR HAUTE TENSION**

**5.1 - SUR LE LIEU DE L'ACCIDENT**

**5.2 - A L'HOPITAL**

**5.2.1 - Bilan clinique**

**5.2.1.1 - Examens complémentaires**

**5.2.2 - Traitement**

**5.2.2.1 - Médical**

**5.2.2.2 - Chirurgical**



## **VI - MOYENS DE PREVENTION**

### **6.1 - ROLE D'EDF**

#### **6.1.1 - Isolement des lignes**

#### **6.1.2 - Mise sous terre des lignes haute tension**

### **6.2 - ROLE DE L'ECOLE**

### **6.3 - ROLE DES MEDIA**

### **6.4 - ROLE DES FABRICANTS DE CANNES**

### **6.5 - AUTRES MESURES PROPOSEES**

## **VII - CONCLUSION**

## I - INTRODUCTION

La pêche à la ligne est une discipline ancestrale qui, au fil des âges, s'est transformée d'activité de survie en activité de loisirs, que nous connaissons tous.

Depuis quelques siècles, la pêche en eau douce se pratique à l'aide d'une canne, dont le but est d'expédier l'appât plus loin et plus facilement.

Il a longtemps été utilisé des matériaux naturels pour fabriquer ces cannes tels le bambou et le roseau ; leur principal inconvénient était leur poids. Pour cette raison, leur longueur ne pouvait guère dépasser six mètres.

Avec l'essor des disciplines scientifiques, notamment de la chimie, de nouveaux matériaux sont apparus : la fibre de verre dans les années soixante, puis la fibre de carbone dans les années soixante-dix. Elles ont permis la réalisation de cannes toujours plus longues, plus rigides, et plus légères : les modèles les plus sophistiqués dépassent actuellement quinze mètres, pour un poids d'environ 1 500 grammes.

L'apparition de ces cannes en fibres de carbone (matériau hautement conducteur d'électricité) fut à l'origine d'accidents d'électrisation par des lignes aériennes haute tension longeant ou traversant des cours d'eau ou plans d'eau.

La pêche au coup (à poste fixe), activité paisible s'il en est, peut ainsi être à l'origine d'accidents toujours fortement commotionnants (lorsqu'ils ne sont pas mortels).

Le premier cas d'électrisation de ce type a été signalé entre 1975 et 1980. D'autres cas ont été rapportés depuis, principalement par la presse régionale.

Il se produit sans doute un arc électrique entre l'extrémité de la canne et la ligne haute tension.

L'arc électrique est par définition une décharge électrique produite dans le volume d'air compris entre deux conducteurs portés à des potentiels différents, se manifestant par le dégagement de parcelles incandescentes. Les lois régissant sa production font intervenir de nombreux paramètres (tension, nature et forme des électrodes, distance entre électrodes, vitesse de rapprochement des électrodes) (3).

Cet arc se produit suffisamment loin de la victime pour ne pas engendrer de brûlures par lui-même.

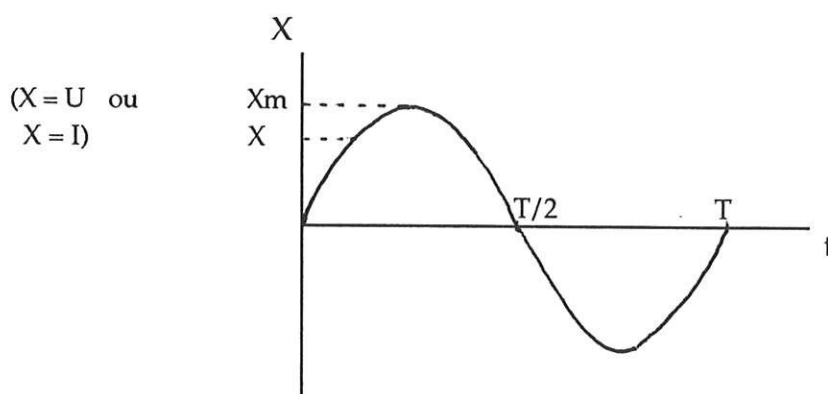
## II - LES FACTEURS D'ACCIDENT

### 2.1 - RAPPELS - DEFINITIONS

#### 2.1.1 - Intensité et tension efficace

L'énergie électrique est distribuée sous forme de tension alternative avec une fréquence de 50 Hertz.

Comme la tension, le courant s'inverse 100 fois par seconde, en passant par des minima et des maxima.



On appelle valeur efficace d'une fonction sinusoïdale la valeur :

$$X = X_m / \sqrt{2} = 0,707 X_m$$

Quand on indique sans autre précision l'intensité ou la tension d'un courant alternatif, c'est toujours de l'intensité ou de la tension efficace qu'il s'agit.

#### 2.1.2 - Loi d'OHM

Appliquée à un conducteur électrique, elle définit la relation qui existe entre :

- la différence de potentiel ou tension U
- la résistance R
- l'intensité du courant I

$$\text{selon la formule} = \begin{array}{ccccc} & U & = & R & I \\ & \downarrow & & \downarrow & \downarrow \\ & \text{Volts} & & \text{Ohm} & \text{Ampère} \end{array}$$

### 2.1.3 - Impédance

L'impédance (symbole  $Z$ ) est une grandeur qui est pour le courant alternatif l'équivalent de la résistance pour le courant continu, et s'exprime également en ohm.

Néanmoins, dans le cadre du corps humain, nous parlerons de résistance pour simplifier.

### 2.1.4 - Effet Joule

Il correspond à l'apparition d'énergie calorifique dans un conducteur traversé par un courant.

Cette quantité de chaleur  $Q$  dégagée par un courant dans un conducteur est définie par la loi de JOULE :

$$Q = R \ I^2 \ t = U^2 t / R \quad (U \text{ en Volt})$$

$$\begin{array}{ccccccc} \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & & & \\ \text{Joule} & \text{Ohm} & \text{Ampère} & \text{seconde} & & & \end{array}$$

### 2.1.5 - Domaines de tension

	Très Basse Tention (TBT)	Basse Tension A (B.T.A.)	Basse Tension B (B.T.B.)
Alternatif (en Volt)	$\leq 50$	$50 < U \leq 500$	$500 < U \leq 1\ 000$
Continu (en Volt)	$\leq 120$	$120 < U \leq 750$	$750 < U \leq 1\ 500$
		Haute Tension A (H.T.A.)	Haute Tension B (H.T.B.)
Alternatif (en Volt)		$1\ 000 < U \leq 50\ 000$	$> 50\ 000$
Continu (en Volt)		$1\ 500 < U \leq 75\ 000$	$> 75\ 000$

### **2.1.6 - Electrification - Arc électrique**

L'électrification est l'ensemble des manifestations physiologiques ou physiopathologiques dues au contact électrique accidentel quelles que soient ses conséquences.

L'électrocution est une électrification mortelle.

L'arc électrique est une décharge électrique produite dans le volume d'air compris entre deux conducteurs portés à des potentiels différents, se manifestant par le dégagement de parcelles incandescentes. L'arc a une durée de momentanéité à quasi permanente. Les lois régissant sa production font intervenir de nombreux paramètres (tension, impédance du circuit, nature et forme des électrodes, vitesse de rapprochement ou d'éloignement des électrodes). L'air sec est très isolant, par contre l'air ionisé par un premier arc permet des amorçages entre électrodes beaucoup plus éloignées.

## **2.2 - LE COURANT ALTERNATIF**

Nous étudierons les moyens d'acheminement de l'électricité depuis son origine jusqu'à l'utilisateur.

Le réseau électrique est divisé en deux grandes parties :

- l'une, où l'électricité est transportée sous des tensions supérieures à 50 kilovolt (Haute Tension B), placée sous le contrôle du Service Production Transport d'EDF ;

- l'autre, concernant le réseau de distribution à l'utilisateur, sous des tensions plus faibles (Haute Tension A puis Basse Tension B) dirigée par Electricité Gaz Service Distribution (EGS Distribution), service d'EDF.

### **2.2.1 - Production - Transport**

Au niveau des centrales de production EDF (nucléaires, hydrauliques, thermiques), de puissants alternateurs produisent un courant alternatif triphasé de 50 Hertz sous une tension de 20 kilovolt (kV). Le transport de cette électricité à longue distance ne peut être effectué économiquement que si l'on élève la tension en ligne. Aussi, la centrale de production comporte un transformateur élevant la tension de 20 kV à 380 kV.

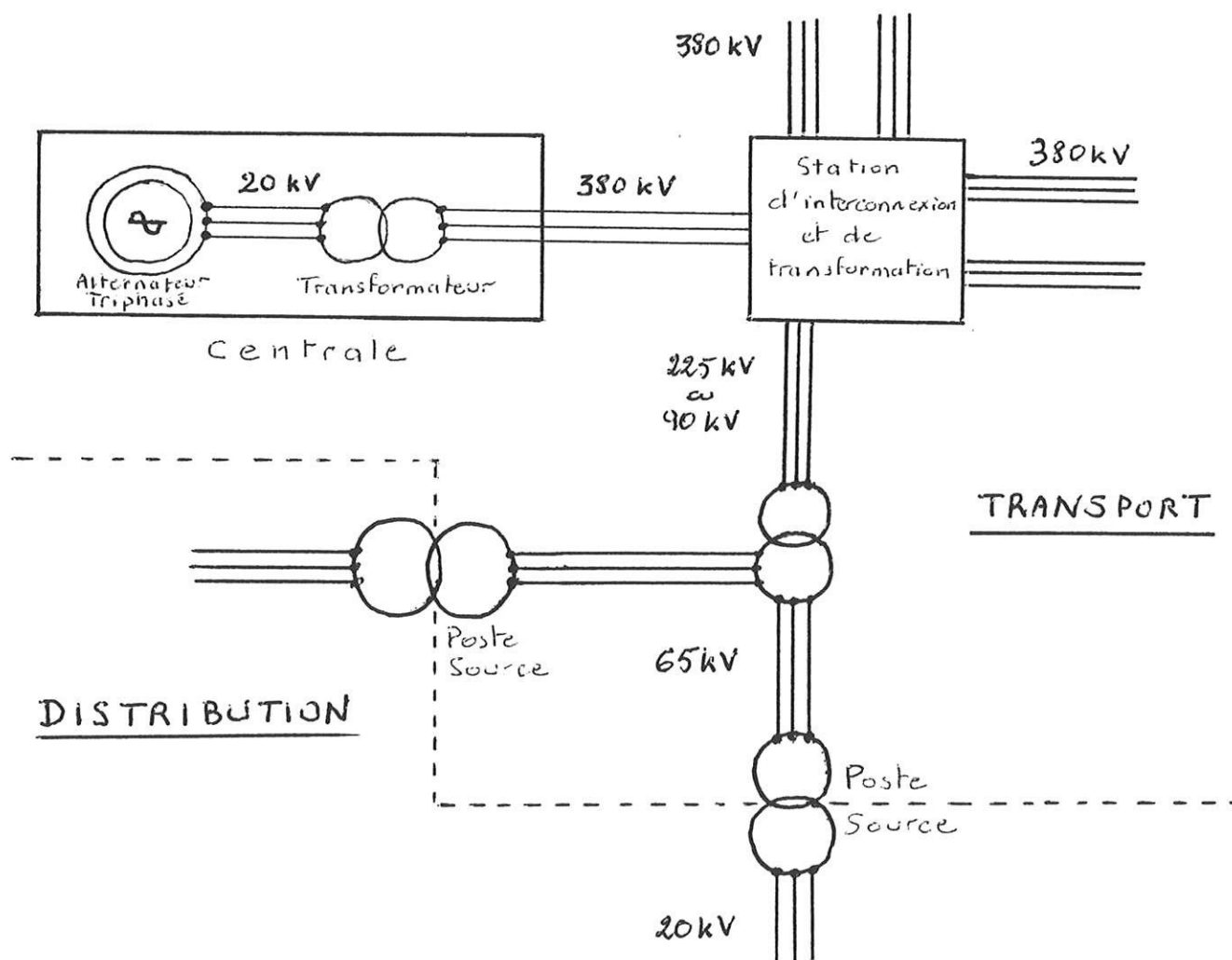
Le transport est ainsi effectué jusqu'à des stations d'interconnexion et de transformation par l'intermédiaire de câbles passés à l'intérieur de tubes dans lesquels est injecté un gaz réfrigérant.

Le but de ces stations est double :

- recevoir des lignes provenant d'autres centrales permettant ainsi de pallier une éventuelle anomalie de production de l'une d'entre elles ;
- abaisser la tension de 380 kV à 225 kV voire 90 kV.

L'électricité est ensuite acheminée jusqu'à des transformateurs dits "Postes Source", dernier élément du réseau de transport à proprement parler, qui abaisseront la tension en ligne à 20 kV. Ces postes source seront placés à proximité des zones d'utilisation de l'électricité.

L'ensemble constitue un réseau maillé.

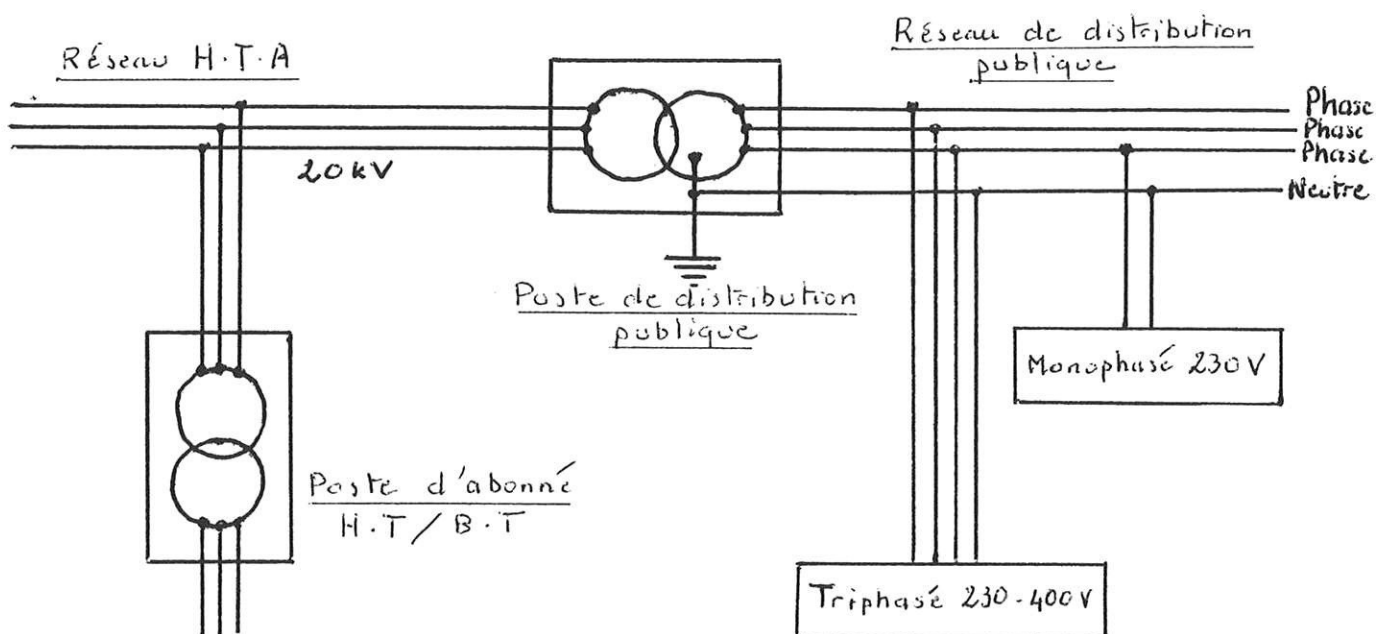


## 2.2.2 - Distribution aux utilisateurs

Selon la puissance électrique demandée par l'utilisateur, la distribution sera assurée par :

- un poste d'abonné HT/BT (centres de recherches, entreprises industrielles...);

- un poste de distribution publique, où le réseau d'alimentation HTA est transformé en un réseau de distribution publique qui permettra de fournir un courant triphasé de 220 V ou 380 V, ou un courant monophasé de 220 V.



## 2.2.3 - Construction et trajets des lignes aériennes

### 2.2.3.1 - CRITERES ECONOMIQUES

C'est avant tout la demande de l'utilisateur qui va conduire à la construction d'un réseau de lignes aériennes.

Les tracés proposés par EDF sont d'abord dictés par des impératifs économiques. Ils sont ensuite fonction de critères d'environnement, notamment géographiques et météorologiques, "afin d'assurer une distribution de qualité".

Le projet constitué est alors soumis aux autorités compétentes.



### 2.2.3.2 - CRITERES POLITIQUES

Les différentes parties concernées sont :

- les communes traversées par les lignes aériennes ; elles peuvent, lorsqu'un terrain d'entente avec EDF n'est pas possible, déposer un recours au niveau de la préfecture ;
- la Direction Régionale de l'Agriculture et de l'Environnement (D.R.A.E.) qui n'a qu'un rôle de consultant ;
- enfin la Direction Départementale de l'Équipement (D.D.E.), organisme qui va autoriser (en cas d'accord des pouvoirs locaux), puis superviser l'ensemble des travaux.

Elle sera le garant de l'application des règles de construction et de passage.

### 2.2.3.3 - CRITERES LEGISLATIFS

Les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique ont été fixées par l'arrêté du 2 avril 1991.

Dans le cadre du sujet, il ne sera abordé que les dispositions relatives à la protection contre les risques de contact avec ces conducteurs actifs que sont les lignes haute tension.

D'après l'article 11 § 1 : *"dans les lieux où peuvent se trouver des personnes"* - autant dire partout - *"les parties actives doivent être hors de portée de ces personnes"* - préambule "obligatoire" à toute prévention - mais il n'est jamais inutile de rappeler une évidence, la négligence en électricité pouvant coûter très cher.

*"Cette mise hors de portée peut être réalisée soit par le seul éloignement, soit par interposition d'obstacle, soit par isolation". (§ 2)*

Les deux dernières propositions correspondent à des cas très particuliers ; seule la mise hors de portée par éloignement, sera considérée.

### 2.2.3.3.1 - Distance d'éloignement

Les prescriptions générales à respecter sont énoncées par l'article 12, faisant apparaître la notion de distance d'éloignement : elle est une distance minimale qui a donc pour objet d'assurer la sécurité en regard du risque électrique, en tenant compte d'une utilisation normale du sol et des installations qu'il comporte :

$$\begin{array}{ccccc}
 D & = & b & + & t \\
 \downarrow & & \downarrow & & \downarrow \\
 \text{distance} & & \text{distance} & & \text{distance} \\
 \text{d'éloignement} & & \text{de base} & & \text{de tension}
 \end{array}$$

La distance de base est déterminée par des considérations d'encombrement à partir de l'affectation du sol et de la nature des installations qu'il comporte. Elle est aussi fonction du risque à prendre en compte qui découle du niveau de tension et de l'isolation éventuelle des conducteurs.

La distance de base sera (art. 24 § 1, § 3, § 5) :

- "- de 5 m pour les conducteurs isolés, en dehors des traversées ou surplomb de voies ouvertes à la circulation publique ;
- de 6 m pour les conducteurs nus, ainsi que pour les conducteurs isolés dans les traversées ou surplomb visées ci-dessus ;
- de 8 m pour les lignes BT à la traversée ou au surplomb d'autoroutes, ou pour les lignes aériennes HT à la traversée ou au surplomb de voies ouvertes à la circulation publique."

La distance de tension  $t$  est fonction de la tension nominale  $U$  des ouvrages, et de la probabilité que dans un laps de temps donné, une personne ou un objet soit situé à la distance de base  $b$  du sol ou de l'installation considérée.

Trois évaluations  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  ont été effectuées en fonction des terrains, selon que la probabilité de voisinage est faible, moyenne ou forte :

$$\begin{aligned}
 t_1 &= 0,0025 U \\
 t_2 &= 0,005 U \quad (U \text{ en kilovolt}) \\
 t_3 &= 0,0075 U
 \end{aligned}$$

Cette distance n'est prise en compte que si la valeur arrondie au dm le plus proche dépasse 0,1 m.

Notons que :

$t_1 = 0$  en HTA

$t_2 = 0$  jusqu'à 20 kV inclus

= 0,2 m en 30 et 45 kV

= 0,5 m en 90 kV.

2.2.3.3.2 - *Voisinage des cours d'eau, plans d'eau et canaux de navigation (Art.30)*

§ 1- A la traversée et au surplomb d'une voie ou plan d'eau navigable ou flottable, ou d'une dépendance navigable de cette voie ou plan d'eau, la distance de base  $b$  (art. 12) au-dessus des plus hautes eaux navigables ou flottables est égale à :

1°- La hauteur maximale des mâts au-dessus du plan de flottaison à vide autorisée par le règlement de police, majorée de 1 m.

2°- Neuf mètres pour les sections de ces voies ou de ces plans d'eau, où la navigation à voile est prévue par le règlement de police sans qu'une hauteur maximale des mâts ne soit prescrite.

3°- Huit mètres dans tous les autres cas et notamment s'il n'y a pas de règlement de police.

Dans tous les cas la distance de tension est  $t_2$ .

§ 2- Lorsque la navigation à voile est prévue dans le règlement de police, les prescriptions du paragraphe précédent s'appliquent également :

1°- Aux cours d'eau et plans d'eau domaniaux radiés de la nomenclature des voies navigables.

2°- Aux cours d'eau et plan d'eau qui ne sont pas domaniaux.

§ 5- A la traversée et au surplomb d'un cours d'eau ou d'un plan d'eau domanial, et à la traversée d'un cours d'eau ou d'un plan d'eau qui n'est pas domanial mais dont les berges sont grevées d'une servitude de passage, la hauteur des conducteurs au-dessus de ces berges ne peut être inférieure à celle prescrite pour les traversées de voies ouvertes à la circulation publique dans leurs parties normalement utilisées pour la circulation des véhicules.

En résumé : la distance de base sera de 8 mètres pour les cours d'eau ou plans d'eau navigables, 6 mètres dans le cas opposé.

### 2.3 - LA CANNE AU "COUP" EN FIBRE DE CARBONE

Elle se compose de plusieurs éléments qui s'emboîtent les uns dans les autres. Elle ne comporte ni anneau ni moulinet.

Il existe d'autres cannes en fibre de carbone réservées à des techniques différentes : canne à lancer, canne à mouche. Aucun accident d'électrisation n'a été répertorié avec ces dernières. Leur longueur en effet n'excède pas quatre mètres.

Un questionnaire portant sur les procédés de fabrication et les propriétés physiques de la fibre de carbone a été envoyé à la société LERC (Laboratoire d'Etudes et de Recherches Chimiques), premier fabricant français de fibre de carbone. Aucune réponse n'a été reçue.

Il sera donc simplement signalé que la fibre de carbone est un matériau hautement conducteur d'électricité.

### III - EFFETS DU COURANT ELECTRIQUE SUR LE CORPS HUMAIN

La tension elle-même n'est pas dangereuse, si l'ensemble du corps humain est porté à un même potentiel. Le danger existera dès lors que deux points du corps seront portés à des potentiels différents. Le courant électrique établira un trajet dans le corps humain entre ces deux points et en fonction de ce trajet et de nombreux autres paramètres, le degré de gravité de l'accident sera variable : de la simple secousse musculaire à l'état de mort réelle.

Nous considèrerons les effets sur un sujet initialement en bonne santé.

#### 3.1 - LES EFFETS IMMEDIATS (11), (12), (15), (28), (32)

Le courant électrique est responsable de deux phénomènes :

- 1- Dépolarisation cellulaire (effets excitomoteurs).
- 2- Production de chaleur (effets thermiques).

##### 3.1.1 - Effets excitomoteurs

Ces effets dépendent de deux facteurs :

###### 3.1.1.1 - LA DUREE DE L'EXCITATION

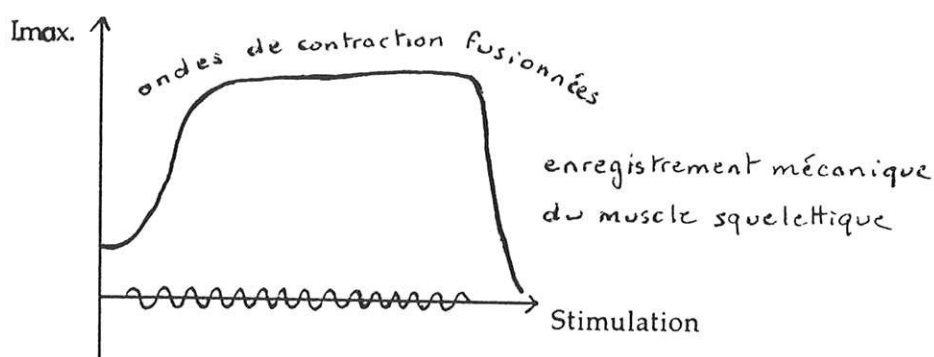
Une excitation unique et brève entraîne une simple contraction (secousse) musculaire. Pour une stimulation dite maximale, toutes les fibres musculaires d'une unité motrice sont concernées.

Si l'on applique une seconde stimulation maximale, les résultats vont varier suivant le moment d'apparition du second stimulus. Si celui-ci intervient pendant la période de latence du muscle, c'est-à-dire pendant les premières millisecondes, l'arrivée de l'influx nerveux n'entraîne pas de réponse supplémentaire. On parle de période réfractaire.

Mais si le deuxième stimulus est appliqué un peu plus tard, il en résulte une sommation entre l'effet précédent et une seconde réponse musculaire, et ceci indépendamment du moment où le stimulus est appliqué pendant la secousse musculaire.

La tension mécanique résultant de stimuli maximaux successifs appliqués à un intervalle convenable peut donc être beaucoup plus grande que celle résultant d'un stimulus unique de même intensité.

Ainsi à une fréquence de 50 Hertz on obtient une fusion mécanique complète : ces ondes de contraction fusionnées correspondent au phénomène de tétanos parfait.



C'est l'une des raisons essentielles du phénomène de "collage" au conducteur sous tension, particulier aux signaux électriques de basse fréquence. C'est aussi l'une des raisons pour lesquelles à tension égale, le courant alternatif est considéré comme trois à cinq fois plus dangereux que le courant continu (11), (28), (31).

### 3.1.1.2 - LE TRAJET DU COURANT ELECTRIQUE DANS L'ORGANISME (cf. tableau p. 33)

Pour que le courant électrique agisse sur un organe, il doit passer par cet organe.

La majorité des auteurs admet que le courant électrique se propage à l'intérieur de l'organisme au travers des tissus présentant la plus faible résistance électrique (paquets vasculo-nerveux, muscles) (32), (8), (28), (4).

D'autres auteurs distinguent deux types de trajet - pour un même point d'entrée - en fonction des tensions (7), (22). Le passage du courant par les paquets vasculo-nerveux ne serait vrai que pour des courants de basse tension. En haute tension, le corps humain se conduirait comme une résistance globale, uniforme, et le courant choisirait le trajet le plus direct depuis le point d'entrée jusqu'à la terre (7), préférentiellement par l'aorte (22).

Le trajet est aussi fonction du mode de contact avec le conducteur. Dans ce type d'électrisation, il s'agit d'un contact unipolaire direct, le point d'entrée se situant au niveau d'une ou des deux mains, le point de sortie au niveau des deux pieds. Le taux de mortalité dans ce type de trajet est trois fois moindre (20 %) que lors d'un trajet main à main (contact bipolaire : mortalité 60 %) (4), (7).

### 3.1.1.3 - CONSEQUENCES IMMEDIATES

a- Tétanisation des muscles respiratoires : elle nécessite que le trajet du courant intéresse les muscles respiratoires (intercostaux, pectoraux et surtout diaphragme). Elle ne sera à l'origine d'une asphyxie ventilatoire avec cyanose, que si le temps de passage du courant est suffisant (de l'ordre de trois minutes), circonstance rarement retrouvée en pratique car la perte de connaissance du sujet l'arrache le plus souvent du circuit électrique.

b- Fibrillation ventriculaire : si le trajet du courant électrique intéresse le muscle cardiaque, et si certaines conditions étudiées ultérieurement (cf. physiopathologie) sont réunies, des foyers ectopiques ventriculaires peuvent se mettre à décharger de façon anarchique à des fréquences élevées, réalisant une fibrillation ventriculaire avec pour corollaire une inefficacité circulatoire, rapidement mortelle en l'absence de manoeuvres de réanimation adaptées.

Cette fibrillation ventriculaire est la principale cause des états de mort apparente lors d'électrifications en basse tension (11), (8), (18).

### 3.1.2 - Effets thermiques : responsables de brûlures (21)

Ils sont liés à la conversion de l'énergie électrique en énergie calorifique, par effet JOULE, tout au long du passage du courant.

#### 3.1.2.1 - BRULURES PAR ARC

Elles sont les plus fréquentes, tant en basse tension qu'en haute tension selon FOLLIOT. Elles sont souvent localisées aux parties découvertes (mains, face) mais en haute tension sont davantage étendues et peuvent se compliquer d'une inflammation des vêtements.

#### 3.1.2.2 - BRULURES ELECTROTHERMIQUES

Ce sont les véritables brûlures électriques, provoquées par le courant dans l'organisme, par opposition aux brûlures par arc liées à la forte élévation thermique de l'air environnant (plusieurs milliers de degrés) lors de la formation de l'arc électrique.

Elles constituent le principal facteur lésionnel des électrisations par haute tension (11), (21), (32), (15) : la quantité de chaleur dissipée par effet JOULE croît proportionnellement au carré de la tension ( $Q = U^2t/R$ ) ou de l'intensité ( $Q = RJ^2t$ ).

##### 3.1.2.2.1 - Brûlures cutanées

Elles sont présentes chez 80 % des électrisés (FOLLIOT). Aux points d'entrée et de sortie du courant, les lésions correspondent à une nécrose de coagulation (8), (2), de taille très variable.

Elles peuvent ne réaliser que de minimes ulcérations cratérielles bien circonscrites, particulièrement à la pulpe des doigts ou des orteils. Ces lésions ne sont parfois pas retrouvées : dans la série de SOLEM (28) sur 64 électrisés (dont 49 en haute tension), les points d'entrées n'ont été retrouvés que chez 49 patients (localisés 9 fois sur 10 aux membres supérieurs), les points de sortie chez 42 patients (8 fois sur 10 aux membres inférieurs).

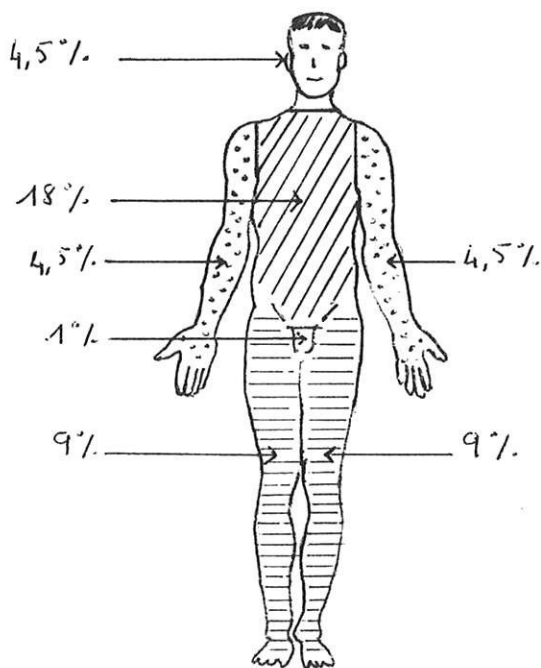


La surface brûlée est en moyenne de 11 % (sans précision sur le degré des brûlures), mais les patients victimes d'importantes brûlures par arc ou par inflammation des vêtements étaient exclus de l'étude. Seuls 9 patients (14 %) avaient une surface brûlée supérieure à 25 %.

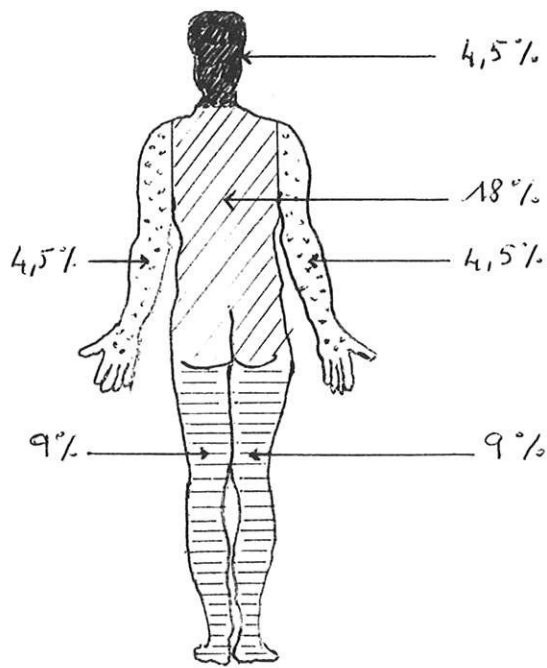
D'autres études (15), (24) rapportent des chiffres similaires.

Nous rappellerons deux estimations de la surface corporelle brûlée :

\* table des 9 chez l'adulte :



Face antérieure



Face postérieure

\* méthode de BERKOW (d'après la revue du praticien) :

Age	0 à 1 an	1 à 4 ans	5 à 9 ans	10 à 15 ans	Adulte
Tête	19	17	13	10	7
Cou	2	2	2	2	2
Tronc antérieur	13	13	13	13	13
Tronc postérieur	13	13	13	13	13
Fesse droite	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Fesse gauche	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Périnée	1	1	1	1	1
Avant bras droit	4	4	4	4	4
Avant bras gauche	4	4	4	4	4
Bras droit	3	3	3	3	3
Bras gauche	3	3	3	3	3
Main droite	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Main gauche	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Cuisse droite	5,5	6,5	8,5	8,5	9,5
Cuisse gauche	5,5	6,5	8,5	8,5	9,5
Jambe droite	5	5	5,5	6	7
Jambe gauche	5	5	5,5	6	7
Pied droit	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Pied gauche	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5

### 3.1.2.2.2 - *Brûlures internes*

Elles doivent toujours être suspectes chez un électrisé, particulièrement par haute tension, même si les lésions cutanées sont minimes.

Le dégagement de chaleur sera responsable de plusieurs phénomènes :

→ nécrose musculaire entraînant :

- fuite plasmatique (choc hypovolémique) et électrolytique (hyperkaliémie) ;

- œdème au niveau des loges musculaires (plus tardif) accentuant les phénomènes ischémiques distaux ;

- libération massive de chromoprotéines en particulier myoglobine avec risque d'insuffisance rénale aiguë oligo anurique par tubulopathie aiguë (précipitation de myoglobine dans les tubules rénaux).

→ inhibition des centres nerveux :

Des intensités de l'ordre de deux à trois ampères (Biegelmeier, Dalziel) peuvent provoquer une inhibition des centres bulbaires végétatifs respiratoires constitués des noyaux de commande involontaire situés dans le plancher du IV<sup>o</sup> ventricule et du faisceau pyramidal, centre de commande volontaire de la ventilation.

D'après WRIGHT, les décès immédiats provoqués par la haute tension résultent de ce phénomène (32), (31). Il y a avant tout asphyxie ventilatoire centrale et arrêt cardiaque, pendant la durée de l'électrisation ; pour des intensités supérieures à deux ampères, toutes les cellules myocardiques sont complètement dépolarisées, le myocarde est tétanisé, la fibrillation ne peut se produire. Si la victime est soustraite de la source électrique, le coeur repart jusqu'à ce que l'anoxie conduise à un arrêt circulatoire.

La majorité des auteurs ne définit pas de cause précise mais considère que la mort immédiate par électrisation en haute tension relève de divers mécanismes : inhibition des centres bulbaires, asystolie (32), (8), (31), tétanisation du diaphragme (26), fibrillation ventriculaire (cette dernière à une fréquence bien moindre qu'en basse tension). La prépondérance de l'un ou l'autre dépendrait des circonstances de l'accident.

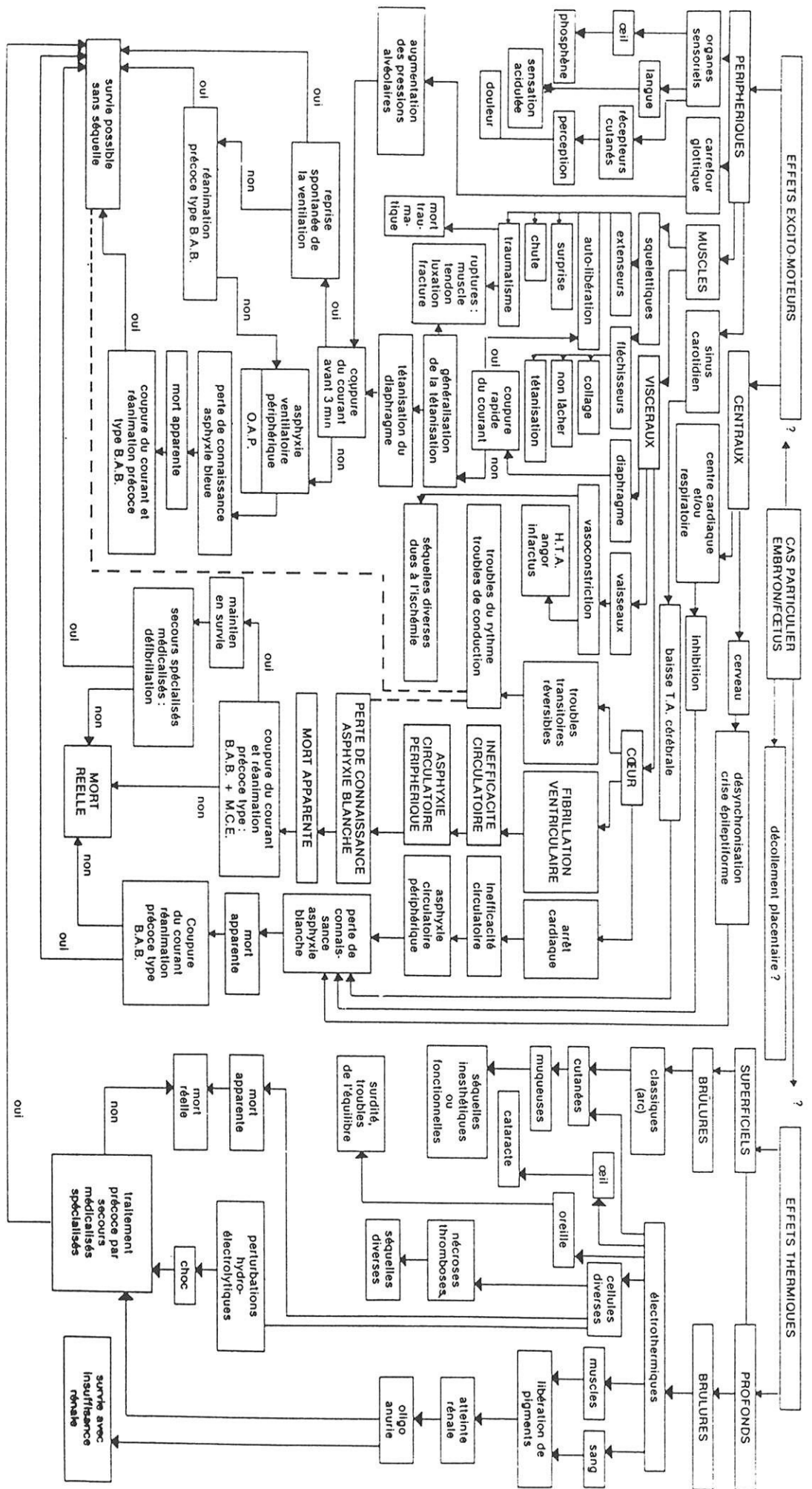
### 3.2 - LES ACCIDENTS SECONDAIRES

De survenue précoce ou retardée, ils sont avant tout :

- cardiovasculaires,
- neurologiques,
- rénaux.

Ils imposent la surveillance hospitalière (même brève) de tout électrisé.

# Effets du courant électrique sur le corps humain



7 Effets du courant électrique dans le corps humain (d'après Folliot, in "Les accidents d'origine électrique, leur prévention" [13], Masson, éd.)

### 3.2.1 - Cardiovasculaires

#### 3.2.1.1 - MANIFESTATIONS FONCTIONNELLES

Ce sont les plus fréquentes, sans support clinique ou électrocardiographique : palpitations, lipothymies, douleurs thoraciques d'allure angineuse, pouvant s'intégrer dans un contexte d'anxiété, bien qu'il existe d'authentiques atteintes coronariennes au cours d'électrisation par haute tension.

#### 3.2.1.2 - TROUBLES DU RYTHME - MODIFICATIONS ELECTROCARDIOGRAPHIQUES

Leur fréquence varie de 10 à 36 % suivant les séries (15), (9), (29), (30), (28). Parmi les 23 complications cardiaques révélées dans l'étude de SOLEM, dix sont des troubles du rythme, dont trois fibrillations ventriculaires.

- Fibrillation ventriculaire : dangereuse car irréversible spontanément. Elle est, nous l'avons vu, la première cause de décès immédiat en basse tension. A l'exception de WALLACE (31) pour qui les arythmies graves surviennent typiquement plusieurs heures après électrisation, la majorité des auteurs les décrivent au moment ou dans les suites immédiates de l'accident. La fibrillation ventriculaire peut néanmoins être retardée jusqu'à 24 heures (18), (27) ; JENSEN rapporte un cas de fibrillation ventriculaire survenu 12 heures après électrisation, ayant récidivé six jours, et enfin six mois plus tard, malgré une réduction par choc électrique externe à chaque épisode.

Des biopsies endomyocardiques du ventricule gauche réalisées au décours de troubles du rythme graves (une tachycardie ventriculaire et une fibrillation ventriculaire), ont pu montrer une augmentation de concentration des pompes à sodium, qui expliqueraient par des modifications localisées et transitoires des transferts de potassium et des potentiels membranaires, la survenue d'une arythmie (18). Il faut signaler que dans les cas de fibrillation ventriculaire retardée, soit l'ECG précoce signalait des anomalies (troubles de conduction), soit il n'avait pas été réalisé (non consultation du patient après accident). (18), (27).

- Tachycardie sinusale : fréquente, transitoire, elle serait liée à une libération de cathécolamines lors du choc (8).

- Tachycardie ventriculaire, fibrillation et flutter auriculaires, arythmie sinusale ont été décrites.

- Les modifications ECG consistent le plus souvent en troubles de repolarisation non spécifiques (28) ou plus rarement troubles de conduction (bloc auriculo-ventriculaire, bloc de branche droit).

### 3.2.1.3 - LÉSIONS CORONARIENNES

Angor, infarctus du myocarde ont été plusieurs fois rapportés (8), (9), (28), (13), (17), (24) dans les suites immédiates d'une électrisation, avec élévation enzymatique et signes ECG d'infarctus. Plusieurs mécanismes sont proposés afin d'expliquer ces lésions (28) :

→ Spasme des vaisseaux coronaires.

→ Lésions des vaisseaux coronaires :

- ruptures endothéliales ;

- dégénérescence des cellules musculaires lisses de la média.

→ Atteinte myocardique directe.

→ Lésions coronariennes préexistantes (17).

Des études post-mortem ont montré des foyers de nécrose très localisés ("contraction band necrosis") au niveau du myocarde et de la média des coronaires.

Macroscopiquement, on constate (ainsi qu'au niveau de beaucoup d'autres organes), des hémorragies pétéchiales de l'endocarde et de l'épicarde.

### 3.2.1.4 - AUTRES MANIFESTATIONS CARDIAQUES

Exceptionnellement lésions traumatiques valvulaires, insuffisance cardiaque (13), brûlures myocardiques.

### 3.2.1.5 - MANIFESTATIONS VASCULAIRES

Artérielles ou veineuses, elles sont représentées par des thromboses ou des hémorragies (11).

Les atteintes artérielles accentuent les phénomènes ischémiques liés aux nécroses musculaires, ou provoquent de nouvelles ischémies. D'après HUNT (28) les gros troncs artériels sont peu touchés par les thromboses du fait d'un débit sanguin plus important, plus apte à dissiper la chaleur dégagée par effet JOULE. Il semble que pour des hautes tensions ce mécanisme ne joue pas (28), (7), (22) ; le trajet du courant serait le plus "direct" possible.

Des lésions à type d'œdème ou rupture de l'intima (26), et hémorragies de la média sont fréquemment retrouvées (28), (20), (22).

Ce sont surtout les artères nourricières musculaires qui sont touchées (28).

## 3.2.2 - Neurologiques : 25 % (28)

### 3.2.2.1 - ACCIDENTS CEREBRAUX (13 %) (28)

Ils apparaissent dans les premiers jours, sont indépendants d'une éventuelle perte de connaissance initiale ( 11) :

- troubles de la conscience, à des degrés divers (de la simple obnubilation, au coma), amnésie, ils sont le plus souvent régressifs (30), (8), (10) ;
- crises convulsives : fréquemment observées après contact céphalique ;
- plus rarement, syndromes déficitaires hémiparétiques, voire quadriparétiques, de régression parfois incomplète (8).

### 3.2.2.2 - TROUBLES PSYCHONEVROTIQUES

Des manifestations anxieuses (insomnie, émotivité, agitation), crainte irrationnelle de tout ce qui se rapporte à l'électricité, amnésie, agressivité .

### 3.2.2.3 - COMPLICATIONS MEDULLAIRES

Elles sont rares, liées aux accidents en haute tension. Leur délai de survenue est rare, de quelques jours jusqu'à deux ans (cas décrit par LEVINE en 1975) (16), (7), (20). Elles sont liées à l'action directe du courant électrique (11), (10). Le mécanisme serait une altération endothéliale des micro-vaisseaux nourriciers de la moelle, par apparition de mitoses anormales des cellules endothéliales, comme observé lors des effets par irradiation (10).

Une autre théorie, dite vasculaire, implique les vaisseaux de la moelle qui seraient le siège d'hémorragies (lors de violentes contractions des muscles paravertébraux (LANGWORTHY) ou par combinaison de la stase veineuse et de l'hyperpression artérielle, au cours du choc électrique.

Il persiste le plus souvent des séquelles (20), (7). Elles peuvent être entièrement régressives, comme le cas rapporté par CRISTENSEN d'une paraplégie avec sensibilité intacte, survenue au 5<sup>o</sup> jour et ayant régressé au 40<sup>o</sup> jour (4).

Signalons enfin qu'elles peuvent survenir à la suite d'un traumatisme vertébral.

### 3.2.2.4 - ATTEINTES NERVEUSES PERIPHERIQUES (12 %) (28)

Sensitives ou motrices, peu réversibles, les atteintes préférentielles sont les suivantes, du fait de la fréquence des membres comme point de contact avec le courant électrique (7) :

- nerf médian et nerf cubital. Paradoxalement les atteintes du nerf radial sont rares ;
- polyneuropathie avec ralentissement des vitesses de conduction ;
- syndrome du canal carpien et du canal de GUYON ;
- nerf sciatique pophté externe ;
- plexus brachial.

Les mécanismes de ces atteintes sont :

- des lésions irréversibles du nerf par dégagement de chaleur ;
- des modifications histologiques et électrophysiologiques suivant immédiatement le passage du courant, transitoires ;



- des traumatismes mécaniques directs du tissu nerveux par les structures tissulaires voisines (7).

### 3.2.2.5 - SENSORIELLES

Les cataractes, uni ou bilatérales, ont été décrites : cécité transitoire, hémianopsie latérale homonyme par infarctus occipital, atrophie optique, baisse de l'A.V., lésions rétiniennes.

Elles surviennent tardivement (plusieurs mois).

Système audiolabyrinthique : hypoacousie de perception uni ou bilatérale, vertiges.

### 3.2.3 - Rénales et métaboliques (8)

Les complications rénales sont dominées par l'insuffisance rénale par tubulopathie aiguë ; le tableau est comparable au "crush syndrome" décrit par BYWATERS, avec nécroses musculaires, ruptures ou thromboses vasculaires et met en jeu le pronostic vital.

La libération de chromoprotéines (hémoglobine, et surtout myoglobine) par hémolyse tissulaire et vasculaire, et par nécrose musculaire, sera responsable de la précipitation de myoglobine dans les tubules rénaux, surtout en milieu acide. Une coagulation intravasculaire disséminée (CIVD) est fréquemment associée.

Un choc hypovolémique (par constitution d'un 3° secteur) peut aussi entraîner une insuffisance rénale.

Une acidose métabolique, ainsi qu'une hyperkaliémie liée à la nécrose et à une éventuelle insuffisance rénale, engagent le pronostic vital (27), (23) ; elles sont précoces et rapides.

Une hypokaliémie idiopathique entre la 2° et la 4° semaine, peut conduire à des arythmies cardiaques ou arrêt respiratoire (27).

Il est aussi observé :

- hyperphosphorémie (libération des phosphates musculaires) ;
- hyperuricémie ;
- élévation de la créatininémie (destruction musculaire) ;
- hypocalcémie initialement, puis il existe des hypercalcémies à la reprise de la diurèse (moins fréquent en cas d'hémodialyse) (23).

### 3.2.4 - Autres

Oedème pulmonaire neurogénique, rupture de rate, nécrose iléales, infectieuses liées aux brûlures.

## 3.3 - LES SEQUELLES

"Les séquelles font la gravité des électrisations non suivies de mort".

### 3.3.1 - Neurologiques

Elles sont surtout observées au décours d'électrisations ayant comporté un contact céphalique. Elles se traduisent par un ensemble de symptômes dont le groupement fait la valeur : céphalées, vertiges, troubles du sommeil, troubles amnésiques, troubles intellectuels. Ce tableau est voisin du syndrome subjectif post-commotionnel des traumatisés crâniens.

Néanmoins, il s'y associe fréquemment des éléments dépressifs. De plus, son évolution n'est pas toujours régressive au bout de douze mois, ce qui correspondrait selon certains auteurs à une atrophie corticale post-électrisation (11), (14).

Citons par ailleurs, des cas sporadiques d'états choréo-athétosiques, de syndromes parkinsoniens, pouvant survenir plus d'un an après électrisation (11).

L'épilepsie peut exceptionnellement persister.

Enfin, certaines douleurs persistantes pourraient être liées à l'atteinte des plexus ou des nerfs périphériques (13).

### 3.3.2 - Sensorielles

Les séquelles oculaires sont avant tout les cataractes, observées lors des accidents dûs à la haute tension.

Elles se manifestent après un intervalle libre de quatre à six mois, parfois plus. Elles imposent l'examen ophtalmo de tout électrisé par haute tension, notamment en cas de contact céphalique. L'examen à la lampe à fente peut ainsi révéler des vacuoles sous capsulaires annonçant longtemps à l'avance une cataracte d'origine électrique.

### 3.3.3 - Cardiovasculaires

- Troubles du rythme et de la conduction.
- Manifestations coronariennes (angor, infarctus du myocarde).
- Troubles fonctionnels souvent intégrés à un état dépressif.

### 3.3.4 - Séquelles rénales

Elles sont rares, du fait de la mise en condition précoce des électrisés par les secours médicaux mobiles d'urgences (remplissage vasculaire + solutés alcalins) (5), (11).

On peut néanmoins observer une albuminurie ou une hématurie microscopique persistante.

### 3.3.5 - Séquelles liées aux brûlures

Les brûlures peuvent, en conjonction avec les phénomènes ischémiques précités, être à l'origine d'amputation (18 à 45 %) (15).

Elles peuvent aussi se compliquer d'états infectieux (33 % dans la série d'HAMMOND) (15). Dans la série de SOLEM (28), sur cinq complications infectieuses, trois sont liées à une amputation insuffisante, une à une nécrose profonde non diagnostiquée et le dernier patient est décédé de méningite (plaie crânienne).

Les brûlures circulaires, des plis, sont souvent l'objet de séquelles esthétiques et fonctionnelles.

## 3.4 - PHYSIOPATHOLOGIE

Nous savons que les effets du courant électrique résultent d'un d.d.p. entre deux points du corps.

Il s'établira un trajet entre ces deux points, tout au long duquel sera libérée une plus ou moins grande quantité d'énergie, traduite selon la formule de JOULE.

$$W = U i t$$

Les os, lorsqu'ils sont le siège d'importants dégagements de chaleur, restituent cette chaleur beaucoup plus lentement que d'autres tissus. C'est pourquoi les muscles profonds sont plus souvent atteints que les muscles plus superficiels (8), (28), (4).

Les réactions physiopathologiques engendrées par ce courant électrique vont varier en fonction de nombreux paramètres, fortement interdépendants :

- l'intensité du courant électrique,
- le temps de contact,
- l'impédance du corps humain,
- la tension de la source électrique,
- le trajet du courant,
- la fréquence du courant.

### **3.4.1 - Les différents paramètres de l'équation du risque électrique (11)**

#### **3.4.1.1 - L'INTENSITE**

C'est un paramètre inconnu lors de l'électrisation.

Le rôle majeur du facteur intensité dans la genèse des électrocutions a été mis en valeur par d'ARSONVAL : "c'est l'intensité qui tue", aphorisme difficile à conserver aujourd'hui car négligeant un facteur intimement lié à l'intensité : le temps de passage du courant électrique. Toute prolongation du contact accroît les conséquences par deux biais :

- adjonction des effets,
- augmentation progressive de l'intensité.

Les différents travaux d'électrophysiologie ont permis la détermination de seuils d'intensité susceptibles de produire certaines manifestations.

On dispose d'expériences humaines pour les seuils de perceptions et de contractions musculaires (Biegelmeier, Dalziel), et d'expériences animales bien sûr pour les seuils de téτανisation des muscles respiratoires, fibrillation ventriculaire et inhibition des centres nerveux.

En fait, il ne s'agit que de valeurs point de repères, ayant cependant recueilli l'unanimité des experts internationaux.

I = f(t) t = temps de passage du courant électrique.

Valeur crête pour les courants alternatifs avec

t < 0,75 cycle cardiaque.

Valeur efficace pour les courants alternatifs avec

t > 1,5 cycle cardiaque.

I (A)	Effets sur le corps humain
20 à 100 10 <sup>-6</sup>	Fibrillation ventriculaire pour des signaux électriques appliqués directement au niveau du myocarde (cathéter, électrodes endo-caritaires) ou de l'encéphale (trou de trépan).
0,02 - 10 <sup>-3</sup>	PERCEPTION SENSORIELLE au niveau de la rétine : phosphène.
0,045 x 10 <sup>-3</sup>	PERCEPTION SENSORIELLE au niveau de la langue (DALZIEL).
0,8 - 10 <sup>-3</sup>	PERCEPTION CUTANEE (épicritique) pour la femme (DALZIEL).
1 - 10 <sup>-3</sup>	PERCEPTION CUTANEE (épicritique) pour l'homme (DALZIEL).
6 - 10 <sup>-3</sup>	PERCEPTION CUTANEE DOULOUREUSE (nociceptive) et de non lâcher (limite inférieure).
8,8 - 10 <sup>-3</sup>	IMPOSSIBILITE D'AUTOLIBERATION pour 0,5 % des individus (DALZIEL).
10 - 10 <sup>-3</sup>	SEUIL DE NON LACHER défini par la CEI.
15,5 - 10 <sup>-3</sup>	IMPOSSIBILITE D'AUTOLIBERATION pour 100 % des individus ("let go current").
20 - 10 <sup>-3</sup>	Possibilité d'ASPHYXIE VENTILATOIRE si t > 3 mn et si le trajet du courant intéresse le diaphragme (main à main).
30 - 10 <sup>-3</sup>	Possibilité de FIBRILLATION VENTRICULAIRE sous certaines conditions (t > 1 mn, état patho, anoxié).
50 - 10 <sup>-3</sup>	Possibilité de FIBRILLATION VENTRICULAIRE (probabilité > 50% si t > 1,5 de la durée d'un cycle cardiaque (≠ 1 s) (BIEGELMEIER).
70 - 10 <sup>-3</sup>	FIBRILLATION VENTRICULAIRE pour t > 1 s (KOEPENN).
80 - 10 <sup>-3</sup>	FIBRILLATION VENTRICULAIRE quasi certaine si t > 1 s (DALZIEL et la plupart des auteurs).
300 - 10 <sup>-3</sup>	PALALYSIE du centre respiratoire du lapin (ANDREUZZI).
500 - 10 <sup>-3</sup>	FIBRILLATION VENTRICULAIRE (probabilité > 50 % si t < 0,75 de la durée d'un cycle cardiaque et si l'onde de choc correspond à l'onde T de l'ECG (100 ms).
600 - 10 <sup>-3</sup>	Paralysie du centre respiratoire du lapin avec seulement 30 % de reprise spontanée de la respiration après arrêt du courant.
2 à 3	INHIBITION DES CENTRES NERVEUX chez l'être humain.
3 à 6	FIBRILLATION VENTRICULAIRE encore possible (limite supérieure pour t > 1 s).
20	Brûlures très importantes - MUTILATIONS.
215	Seuil (théorique) du risque maximal de fibrillation ventriculaire pour t > 20 ms (= 1 impulsion sinusoïdale d'un signal 50 Hz) et si l'onde correspond à la montée de l'onde T de l'ECE.
250	Limite théorique du courant pouvant traverser le corps humain (accident sur 400 kV) contact entre phase et terre et R initiale A 1000 ohms.

**NB** : le seuil de non lâcher (défini par la Commission Electrotechnique Internationale) est la valeur maximale de courant pouvant être tolérée par une personne de cinquante kilos au moins, tenant une électrode d'une certaine dimension volumétrique dans la main et pouvant la lâcher, le passage du courant s'effectuant par les extrémités.

**NB** : le seuil de fibrillation ventriculaire :

Il est lié à l'intensité mais aussi :

- à l'espèce et au poids de l'animal d'expérience selon DALZIEL, l'intensité limite de fibrillation en fonction du poids est telle que  $I = K / \sqrt{t}$  ou

$$I^2 t = k^2$$

↓  
s

( $k = 116$  pour un sujet adulte de 60 kg).

- au trajet du courant dans l'organisme : il faut qu'il intéresse le coeur. C'est KOUWENHOVEN qui a le premier mesuré la quantité de courant traversant le coeur suivant différents trajets empruntés par le courant électrique.

Plus récemment a été défini le "facteur du courant de coeur", par le groupe n° 4 du Comité d'Etudes n° 64 de la Commission Electrotechnique Internationale (CEI).

$$F = \frac{I \text{ référence pour le trajet main gauche } \rightarrow 2 \text{ pieds}}{I_h \text{ pour le trajet donné}}$$

$I_h$  = courant produisant pour le parcours considéré le même niveau de danger.

(voir tableau page suivante)

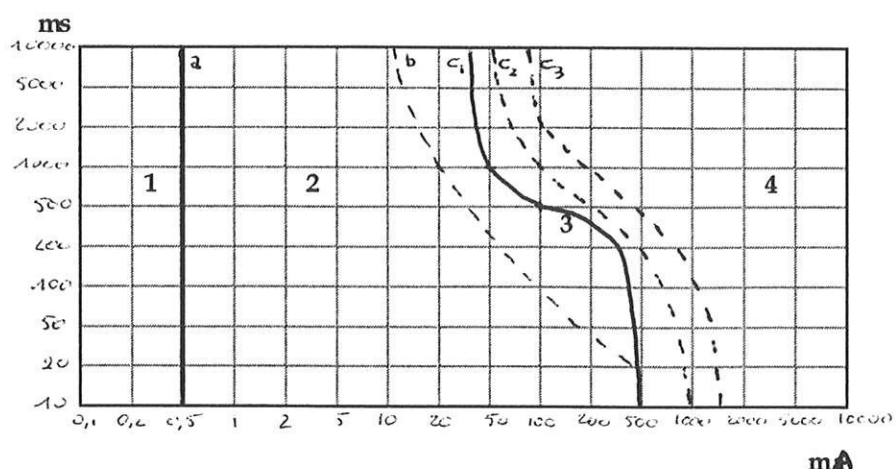
Valeur de la densité de courant traversant le corps	
Poitrine à la main gauche	1,5
Poitrine à la main droite	1,3
Main gauche à pied gauche, ou pied droit ou aux deux pieds, ou des deux mains aux deux pieds	1
Main droite à pied gauche, ou à pied droit ou aux deux pieds	0,8
Dos à la main gauche	0,7
Siège à la main gauche, ou à la main droite ou aux deux mains	0,7
Main gauche au pied droit	0,4
Dos à la main droite	0,3
Pied droit à pied gauche	≈ 0

- au temps de passage du courant :

Nous avons vu qu'il était lié à l'intensité par la relation  $I^2 t = k^2$ .

De plus, le moment d'apparition du courant électrique par rapport au cycle cardiaque a une grande importance lorsqu'il s'agit du temps de passage du courant électrique inférieur à un cycle cardiaque, c'est-à-dire inférieur à une seconde dans la plupart des cas. En effet, ce n'est théoriquement que pendant la phase réfractaire partielle ou relative du cycle de dépolarisation repolarisation du myocarde ventriculaire que la fibrillation est possible. Ce moment correspond à la phase ascendante de l'onde T du tracé électrocardiographique périphérique. Il couvre 10 à 20 % du cycle cardiaque, soit environ  $60 \times 20 / 75 \times 100 = 0,16$  s. pour un coeur se contractant 75 fois par minute.

Les zones des différents effets du courant alternatif 50-60 Hz passant dans le corps humain sont représentées dans le tableau ci-dessous (d'après le rapport 479 2<sup>o</sup> édition du groupe n<sup>o</sup> 4 du Comité n<sup>o</sup> 64 de la CEI).



**Zone 1 :** habituellement aucune réaction.

**Zone 2 :** habituellement aucun effet physiopathologique dangereux.

**Zone 3 :** habituellement aucun dommage organique (effets physiopathologiques) non mortels, habituellement réversibles, augmentant avec l'intensité du courant et le temps, tels que contraction musculaire au-dessus du seuil de non lâcher, difficulté de respiration, augmentation de la pression sanguine, perturbations dans la formation et la propagation des impulsions dans le coeur, y compris la fibrillation auriculaire et des arrêts temporaires du coeur sans fibrillation ventriculaire.

**Zone 4 :** En plus des effets de la zone 3, probabilité de la fibrillation ventriculaire augmentant jusqu'à environ 5 % (courbe C2), 50 % (courbe C3) et plus de 50 % au-delà de la courbe C3. Augmentant avec l'intensité et le temps, peuvent se produire : arrêt cardiaque, respiratoire, brûlures graves.

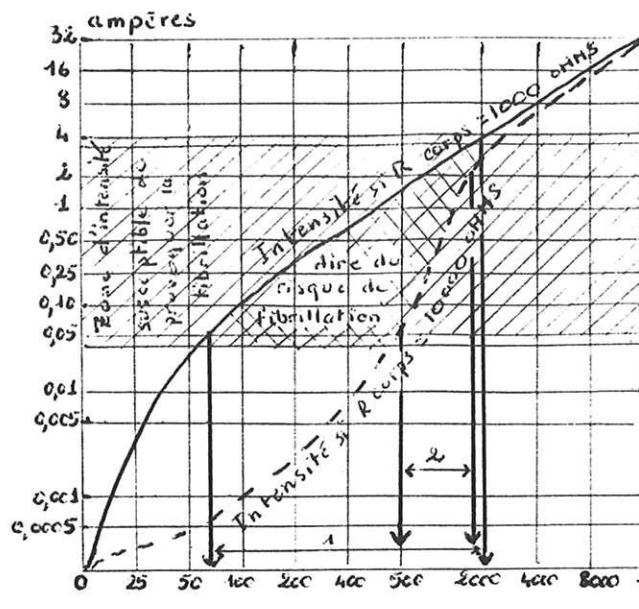
- enfin, le seuil de fibrillation ventriculaire est lié aux caractéristiques physiques (âge) et pathologiques (cardiopathie préexistante) de chacun.

### 3.4.1.2 LA TENSION

Elle est un paramètre connu lors de l'électrisation. Elle a de par sa relation avec l'intensité ( $U = RI$ ) un rôle directement proportionnel dans le déclenchement d'une fibrillation ventriculaire, en supposant une impédance constante, toutes choses étant égales par ailleurs.

Le diagramme de DALZIEL établit la probabilité du risque de fibrillation ventriculaire en fonction de la tension à laquelle est soumise la victime et de deux valeurs conventionnelles de "résistance" corporelle, pour des courants alternatifs de 50-60 Hz et des temps de passage de 1 à 3 s.





1 : Voltages dangereux si la R du corps est faible.  
 2 : Voltages dangereux si la R du corps est élevée

Aire de probabilité du risque de fibrillation en cas de contact électrique alternatif (d'après DALZIEL)

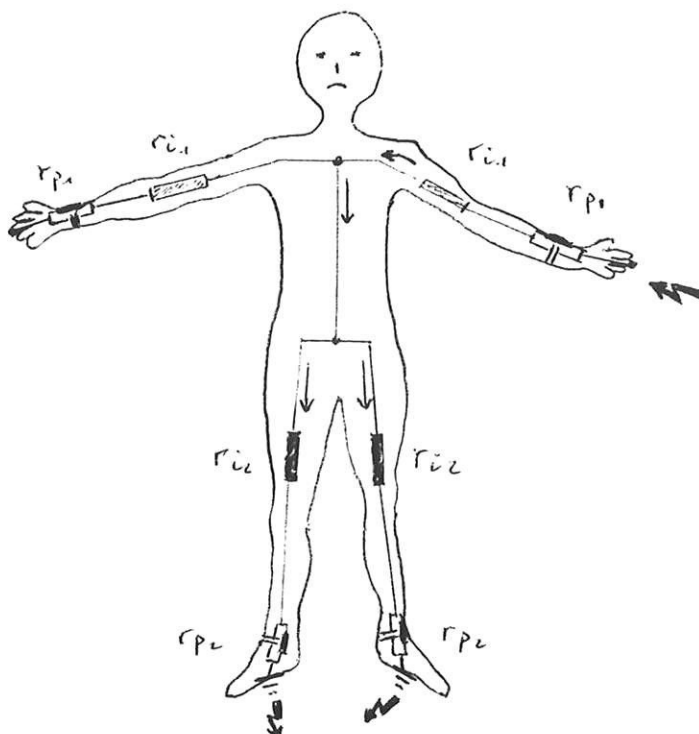
La tension est par ailleurs le facteur prépondérant dans la physiopathologie des brûlures électrothermiques.

### 3.4.1.3 - LA "RESISTANCE" DU CORPS HUMAIN

Paramètre inconnu lors de l'électrisation. Strictement, on devrait parler d'impédance ; c'est pour simplifier que nous raisonnons à partir de la loi d'OHM :  $U = RI$ .

On a coutume de schématiser électriquement le corps humain par des associations série-parallèle de condensateurs shuntés par des résistances pures. On définit ainsi une résistance corporelle, résultant de la somme des résistances cutanées ou muqueuses des points de contact, et des résistances des milieux internes.

Si l'on prend le trajet de référence défini par la CEI (main gauche → deux pieds) on assimile le corps au schéma page suivante :

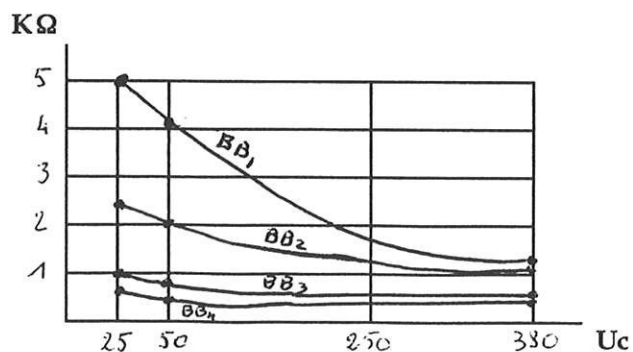


$$R_{\text{équivalente}} = r_{i1} + r_{p1} + 1/2 r_{i2} + 1/2 r_{p2} = 1,5 r_i + 1,5 r_p$$

Résistance cutanée à partir de 1 000 V, pour une peau sèche il y a rupture diélectrique du revêtement cutané : la résistance cutanée est nulle.

L'évolution de la valeur de la "résistance" corporelle totale en fonction de la tension de contact est donnée par les courbes ci-dessous, ceci en fonction des conditions d'influences externes (Norme NFC 15.100 de l'Union Technique de l'Electricité).

- Condition BB<sub>1</sub> = peau sèche.
- Condition BB<sub>2</sub> = peau humide.
- Condition BB<sub>3</sub> = peau mouillée.
- Condition BB<sub>4</sub> = peau immergée (par convention égale à BB<sub>3</sub>/2).



La résistance cutanée, au niveau de la paume de la main par exemple, peut varier considérablement : environ 1 000 ohms pour une peau fine mouillée, 5 000 ohms pour une peau sèche, et jusqu'à  $10^6$  ohms pour une peau "colleuse" (épaississement de la couche cornée chez les travailleurs manuels) (28), (4).

La résistance des milieux internes varie suivant les tissus traversés.

La "résistance" corporelle totale est donc un paramètre très fluctuant qui varie en fonction de nombreuses données :

1°- Variables physiques :

La "résistance" électrique corporelle diminue en fonction de :

- l'augmentation de la pression de contact,
- l'augmentation de la surface de contact,
- l'augmentation du temps de passage du courant (lorsque celui-ci n'a pas entraîné une carbonisation des tissus, auquel cas elle augmente),
- la diminution de la résistivité des tissus.

2°- Variables physiologiques :

La "résistance" électrique corporelle varie en fonction de :

- l'émotion (sudation),
- l'état de veille ou de sommeil,
- la sudation,
- l'état de gestation (pour certains points du corps).

3°- Variables pathologiques :

La "résistance" électrique corporelle diminue lors de certains états pathologiques tels que :

- l'hyperthyroïdie et certaines autres endocrinopathies,
- les dermatoses entretenant une macération,
- lors de la prise de certains médicaments et de certains stupéfiants.

## IV - ENONCE DES CAS

### Cas n° 1 : 7/05/90

Cas rapporté par un particulier.

Mlle F., 15 ans, pêche au bord de l'étang de M. Louis P. Elle relève sa canne et veut se reculer : elle entre alors en contact avec la ligne H.T.A. qui traverse l'étang, et tombe inanimée.

L'alerte est donnée par le jeune garçon qui l'accompagne : il court expliquer l'accident aux parents (400 à 500 m de là) ; le père accompagné d'un ami descend aussitôt lui porter secours, non sans avoir demandé à son épouse d'appeler le médecin local, les sapeurs pompiers et le SAMU (hélicoptère).

Son père la découvre allongée par terre, sur le dos, tentant vainement de se redresser. Au bout de quelques minutes, elle se plaint du ventre, et n'a aucun souvenir des circonstances de l'accident.

La canne en fibre de carbone utilisée mesure 5,17 m. Elle présente trois traces de brûlures : la première à 0,90 m de l'extrémité du scion, la deuxième 0,50 m plus bas et la troisième à 1 m du talon de la canne (probablement à l'endroit de la main).

La ligne haute tension A traverse l'étang de part en part, du Nord au Sud. En amont de l'étang, les fils de la ligne sont à plus de 6 m. Par contre, en aval, ils sont à 4,71 m. L'étang a été construit après la ligne EDF et comme le terrain est à forte déclivité, la partie surélevée s'est rapprochée de la ligne, qui de ce fait n'était plus conforme. Après les faits, elle a été portée à hauteur réglementaire et les frais de travaux ont été à la charge du propriétaire de l'étang. Pourtant, à l'époque où la pièce d'eau fut construite, elle n'était pas, du fait de sa faible superficie (40 ares), soumise à autorisation.

**Photo 1**



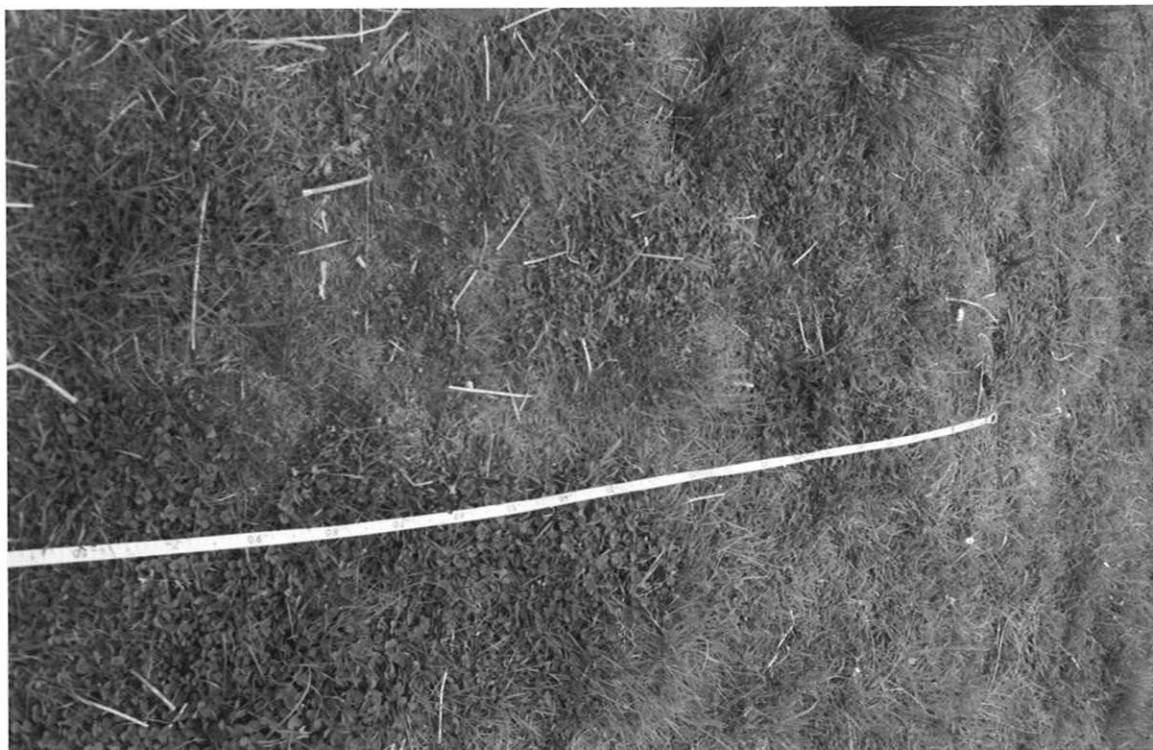
**Vue générale de l'étang de M. Louis P.**

**Photo 2**



Vue du chemin en queue d'étang  
sur lequel Mlle F. s'est déplacée de bas en haut  
lorsque sa canne à pêche a touché la ligne électrique.  
Emplacement où le corps est tombé à la verticale du câble électrique.

**Photo 3**

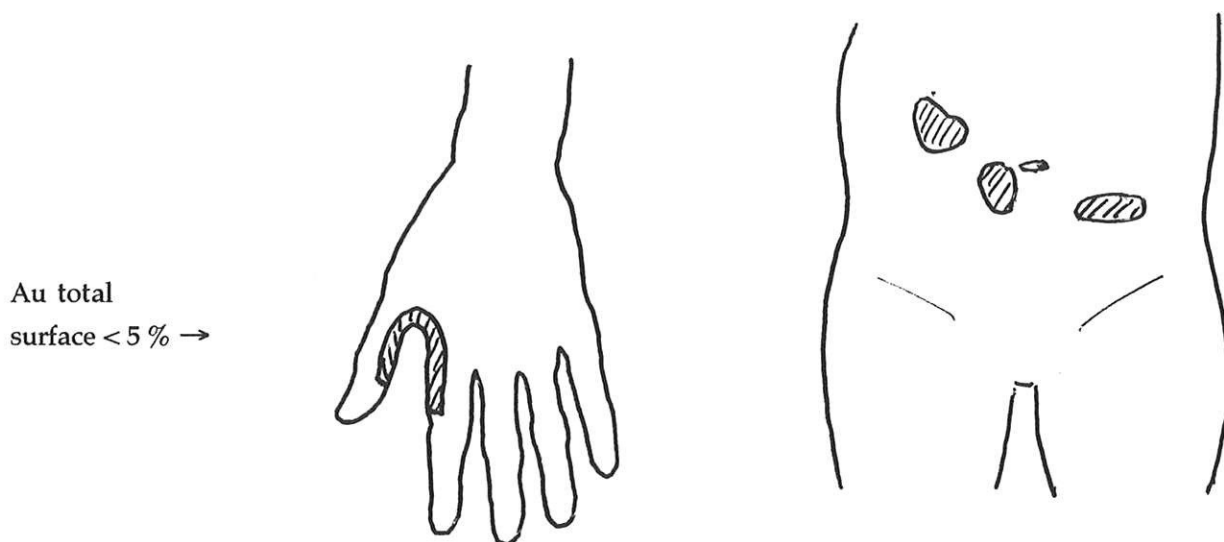


Vue de l'herbe brûlée représentant l'emplacement du corps de Mlle F.  
Les pieds (niveau de la boucle du décimètre)  
sont à la verticale du câble électrique.

La patiente présente des brûlures au 3° degré :

- de la main gauche (premier espace interdigital) sans atteinte tendineuse ;
- de la pulpe de tous les orteils ;
- de l'abdomen.

L'examen clinique est sans particularité en dehors d'une légère obnubilation.



Après conditionnement, elle est évacuée par hélicoptère jusqu'au CHU. Un ECG pratiqué est normal.

Le bilan biologique d'entrée ne montre que peu d'anomalies : simplement une légère élévation des CPK (1,5 x Normale). Il n'y a pas de trouble ionique, en particulier pas d'élévation de la kaliémie, pas de signe d'hémolyse, pas d'hypoprotidémie. Le bilan de coagulation (sans fibrinogène) satisfaisant. L'analgésie est réalisée par paracétamol 500 mg x 4. Le pansement est effectué avec Jelonet<sup>®</sup> et Staphylomycine<sup>®</sup>.

Au bout de 24 h : la diurèse est de 1,325 l. Il n'y a pas de coloration anormale des urines.

La patiente est mise sous PENIG IV 2MUI x 2 + FLAGYL 500 mg x 2 (per os). Le monitoring cardiaque montre quelques extrasystoles (non précisées).

Le 9/05 : elle bénéficie d'une excision partielle de ses escarres sous anesthésie générale.



Le 10/05 : l'ECG montre un rythme de fond alphaïde irrégulier, avec de nombreuses irrégularités delta et théta bilatérales. Il redevient normal un mois plus tard.

Le 11/05 : les enzymes CPK sont normales. Le pansement est refait.

Le 12/05 : la patiente sort de l'hôpital. Elle reviendra en consultation deux fois par semaine.

Le 30/05 : est effectuée une nouvelle excision de ses escarres abdominaux sous anesthésie générale. Des myalgies diffuses persisteront six semaines après sa sortie.

### Cas n° 2 :

Il s'agit d'un homme de 30 ans décédé sur place (13/08/91). Cas rapporté par un particulier.

### Cas n° 3 :

Cas rapporté par les média (télévision).

Il s'agit d'un homme de 50 ans : en levant sa canne hors de l'eau, il entre en contact avec une ligne H.T.A. Il est "collé" à sa canne. Voyant cela, son fils court vers lui et bondit en l'air pour briser la canne d'un coup de pied.

M. B. gît sur le dos, inanimé. Son fils part chercher du secours. Mme B. attend aux côtés de son mari, ne sachant que faire.

M. B. présente des brûlures du 3° degré des deux mains et des deux pieds (bord externe du pied droit, bord interne du pied gauche) ; du 2° degré profond de la jambe, du bras et de l'hémithorax droit. Il est transporté par VSAB jusqu'à l'hôpital voisin.

A l'entrée, le patient est conscient, la ventilation, spontanée efficace, la tension artérielle à 170/110 mm de Hg, le pouls à 116 pulsations/mn.

La numération est normale, de même que le ionogramme plasmatique (potassium à la limite inférieure). Les transaminases le sont aussi. L'ECG n'est réalisé que le lendemain.

Les CPK dosés 24 h plus tard sont à 390 UI. Les CKMB à 3 % des CPK.

Les CPK se normalisent 24 h plus tard.

Une échographie abdominale se révèle sans particularité.

Les brûlures du 2° degré sont recouvertes de tulle gras.

Il reçoit une injection de GAMMA T.S (gammaglobulines antitétaniques humaines), une héparinothérapie préventive (FRAX I PARINE 0,3 ml par 24 h).

L'analgésie est réalisée par PRODAFALGAN IV à la demande, le remplissage vasculaire est effectué par OSMOLAN 3 l par 24 h.

Le lendemain de l'admission, il est prescrit 1 g de KEFZOL toutes les 12 h (0° à 38°8) et une alcalinisation (1 l Vichy à boire + 1 l bicarbonate 14 % + 2 l OSMOLAN par 24 h).

Il n'est pas noté d'anomalie des urines.

Au bout de quatre jours, l'excision des tissus nécrosés est faite au bloc opératoire. Deux jours plus tard, M. B. sort de l'hôpital.

#### Cas n° 4 :

Cas rapporté par questionnaire aux SAMU.

Il s'agit d'un homme de 26 ans : électrisé par ligne HTA en pêchant au bord d'un étang. Il y a là encore perte de connaissance. Il présente des brûlures du 3° degré au niveau de la main droite et des deux pieds, du 1° et 2° degré au niveau du bras droit et de l'abdomen.

Une vaccination antitétanique a été effectuée. L'ECG est normal.

L'évolution a été simple.

#### Cas n° 5 :

Cas rapporté par questionnaire aux SAMU.

Il s'agit d'un homme de 46 ans : électrisé par ligne HTA en pêchant au bord d'un étang. Il présente des brûlures du 3° degré de la main droite et des deux pieds.

### Cas n° 6 :

Le dossier transmis par le Centre des Brûlés de l'Hôpital Pellegrin (Bordeaux) est informatisé.

Il révèle les points suivants :

Il s'agit d'un homme de 51 ans, électrisé le 14/07/90. Il présente des brûlures (2° et 3° degrés) sur 50 % de la surface corporelle. Le siège des brûlures n'est pas précisé.

Son état a immédiatement nécessité intubation et assistance ventilatoire. Il ne sera extubé que 83 jours plus tard. La durée de son hospitalisation a été de 139 jours.

Le bilan biologique immédiat révélait une acidose métabolique (non chiffrée). Il n'est pas signalé de troubles ioniques (hyperkaliémie).

La myoglobinurie, le dosage des enzymes cardiaques ne sont pas rapportés, de même que les résultats de l'ECG. Il n'y a pas d'insuffisance rénale.

Les principales complications qui ont émaillé l'évolution de l'état du patient sont d'ordre infectieux :

#### - surinfection au niveau des brûlures :

35 prélèvements cutanés ont été effectués entre le 23/07/90 et le 08/03/91 :

- Staphylocoque (type non précisé) : isolé quinze fois.
- Pseudomonas aeruginosa : isolé dix fois.
- Streptocoque D : isolé trois fois.
- Candida albicans : isolé trois fois.
- Proteus : isolé une fois.

Seulement trois prélèvements sont revenus négatifs.

#### - bronchopneumopathies :

Neuf épisodes sont survenus du 07/07/90 au 22/10/90.

Pseudomonas aeruginosa a été isolé six fois.

Dans les trois autres cas :

- Escherichia Coli : isolé une fois.
- Morganella Morgani : isolé une fois.
- Staphylocoque (type non précisé) : isolé une fois.

- infections urinaires :

Deux épisodes sont survenus le 13/08/90 et le 05/11/90.

*Pseudomonas aeruginosa* a été isolé les deux fois dans les urines.

Il n'est pas fait état d'amputation.

L'utilisation d'antiinfectieux est rapportée dans le tableau suivant :

Antiinfectieux	Début de traitement par rapport au 1 <sup>o</sup> jour (J1)	Durée du traitement en jours
Pénicilline G ®	J1	8
Flagyl ®	J1	9
Fortum ®	J9	4
	puis J43	7
Vancocine ®	J9	56
	puis J77	15
Peflacine ®	J15	7
Piperilline ®	J21	21
	puis J50	24
Ancotil ®	J50	25
Fungizone ®	J50	25
Pyostacine ®	J99	35
Ciflox ®	J99	8

Les autres complications rapportées sont :

- un syndrome confusionnel (date non précisée) ;
- des rectorragies associées à des vomissements (date non précisée) ;
- une insuffisance rénale à J23 et J32 (non quantifiée).

Il n'est pas signalé de CIVD.

Le patient a bénéficié de trois greffes (J46 - J95 - J99).

Il n'a pas été possible de connaître l'évolution de ce cas après sa sortie du service de Réanimation.

### Cas n° 7 :

Cas rapporté par questionnaire aux SAMU.

Homme de 26 ans : électrisé le 13/07/92 par ligne HTA au cours d'une partie de pêche. Il n'est pas noté de perte de connaissance. Il présente des brûlures du 3° degré de la main droite et des deux pieds, du 1° degré de l'hémithorax droit.

### Cas n° 8 :

Cas rapporté par questionnaire aux SAMU.

Homme de 61 ans, électrocuté le 23/02/90.

### Cas n° 9 :

Cas rapporté par questionnaire aux SAMU.

Homme de 23 ans, électrisé par ligne HTA alors qu'il relevait sa canne à pêche.

La perte de conscience n'est pas précisée. Le patient est estimé brûlé sur 60 % de la surface corporelle (2° degré intermédiaire et profond ; quelques 3° degré aux pieds). Il est conscient à son arrivée à l'hôpital mais étant donné l'importance des brûlures, il est rapidement transféré dans un centre de brûlés.

L'ECG était normal. Sous anesthésie générale, il a été pratiqué un bain de nettoyage avec excision des phlyctènes afin de visualiser les lésions cutanées :

- de 2° degré intermédiaire et profond au niveau du visage et du cou (5 % de la surface corporelle) ;

- de 2° degré intermédiaire et profond aux quelques zones de 3° degré au niveau du thorax de la paroi abdominale et du dos (30 % de la surface corporelle) ;

- de 2° degré profond et de 3° degré au niveau de la face antérieure de la moitié supérieure du bras gauche ainsi que la face antérieure et postérieure des deux tiers inférieurs de l'avant-bras et la main homolatérale (brûlures circulaires, 7 % de la surface corporelle) ;

- de 2° degré intermédiaire et profond au niveau de la face antérieure, interne et externe des deux jambes ainsi que la face postérieure de la moitié supérieure des deux cuisses avec quelques zones de 3° degré au niveau des deux pieds et des orteils (18 % de la surface corporelle).

Il a été pratiqué une incision de décharge au niveau de l'avant bras et la main gauche (incision latérale interne).

Nous n'avons hélas pas pu avoir davantage de renseignements sur ce brûlé sinon qu'il vit aujourd'hui sans grosses séquelles.

### Cas n° 10 :

Cas rapporté par la presse régionale (Metz).

#### **UN PÊCHEUR ÉLECTROCUTÉ PAR SA CANNE A PÊCHE**

■ METZ. — Un pêcheur est mort électrocuté, mardi près de Thionville (Moselle). Adolphe Musolino, résidant à Pont-de-Roide (Doubs), lançait sa ligne dans la Canner, un affluent de la Moselle, quand sa canne de 7 mètres est entrée en contact avec un conducteur de moyenne tension, une ligne de 25.000 volts.

Cet ouvrier de 30 ans, en vacances dans sa région natale, n'a pu être ranimé malgré les massages cardiaques.

### Cas n° 11 et 12 :

Cas rapportés par questionnaire aux SAMU.

Les dossiers n'ont pu être retrouvés (changement de locaux du SAMU) mais le médecin responsable se remémore formellement deux cas rapprochés, s'étant déroulés dans les circonstances précisées dans le tableau suivant (p. 61). La date n'a pas été précisée.

**Cas n° 13 :**

Cas rapporté par particulier.

Homme de 42 ans électrocuté le 20/05/90.

**Cas n° 14 :**

Cas rapporté par particulier.

Homme de 35 ans électrocuté le 17/07/91.

Age	Sexe	Lieu	Bilan initial				ECG	Conditionnement
			PCI *	TA *	Pouls	Brûlures		
1	F	Etang	OUI	130	100	3° degré < 5% surface corporelle (I et II gauche, abdomen, dos des 2 pieds, pulpe des orteils).	Normal	Voie veineuse périphérique G 5% VALIUM IV, TEMGESIC PRODAFALGAN IV Scope
2	M	Etang 13/08/91	DECES					
3	M	17/08/88	170/ OUI	110	116	2° degré profond jambe et bras D, 1/2 thorax D. 3° d mains D & G bord ext. pied D, bord int. pied G.	Normal (effectué le lendemain)	Voie veineuse périphérique OSMOLAN 31/24 h (URGENTES HOSPITALIERES) PRODAFALGAN
4	M	05/08/91	OUI	130	100	3° degré main D + 2 pieds + bras D, 1° et 2° degré abdomen.	Normal	Voie veineuse périphérique G 5% Minerve - 02 = 41/ mn Scope
5	M	09/05/91	?	?	?	3° degré main D + 2 pieds.	?	?
6	M	14/07/90	?	?	?	2° et 3° d ; 50% de la surface corporelle.	?	?
7	M	13/07/92	NON	190/ 100	75	3° degré main droite et 2 pieds. 1° degré hémithorax droit.	Normal	Voie veineuse périphérique 500 CC G 10% - PRODAFALGAN - VALIUM - BARALGINE
8	M	23/02/90	DECES					
9	M	17/08/92	NON	140/ 90	90	2° degré interm. et prof. tête et cou (5%), thorax, abdo, dos (30%) ; 2° degré prof. et 3° d face ant. 1/2 sup. bras G, faces ant. et post. 2/3 inf. av-bras G + main G, (circulaires 7%) ; 2° d int. et prof. face post. 1/2 sup. des 2 cuisses, faces ext. et int. des 2 jambes + 3° d pieds (18%).	Normal	Voie veineuse périphérique + Voie veineuse centrale RINGER LACTATE TEMGESIC SONDE URINAIRE (URGENTES HOSPITALIERES)
10	M	Rivière 08/92	DECES					
11	M	Etang	?	?	?	3° degré des 2 mains, talons et gros orteils.	?	?
12	M	Etang	?	?	?	3° degré des 2 mains, talons et gros orteils, abdomen.	?	?
13	M	Etang 20/05/90	DECES					
14	M	Etang 17/07/91	DECES					

\* PCI = Perte de Connaissance Initiale / TA = Tension Artérielle



## Discussion :

Les cas ne représentent pas la totalité des accidents sur la période où ils ont été recueillis.

L'information a été obtenue par diverses sources :

- presse régionale,
- télévision,
- particuliers;
- questionnaire adressé à chaque SAMU : sur 95 SAMU (SAMU 23 et SAMU 87 ont été contactés directement), 45 ont répondu, dont six nous ont signalé neuf cas. Il a ensuite été demandé au centre hospitalier d'accueil une photocopie du dossier d'hospitalisation : cinq ont été envoyées, dont trois seulement comportaient une évolution sur plusieurs jours,
- questionnaire adressé à la société LERC, productrice de fibres de carbone : il est resté sans réponse. Il n'a été obtenu qu'un contact téléphonique avec l'un des ingénieurs de cette société.

Il n'a pas été possible de reprendre de façon détaillée la très nombreuse collection des revues périodiques halieutiques, ni d'interroger toutes les sociétés de pêche.

D'autres organismes (Fédération Française de Pêche au Coup, Conseil Supérieur de la Pêche) n'ont pu donner davantage de renseignements, connaissant simplement l'existence de ces accidents.

Signalons que les emplacements situés à proximité d'une ligne haute tension ne sont jamais utilisés lors de compétitions officielles de pêche au coup.

Il a néanmoins été relevé quatorze cas : huit rapportés par les SAMU, un par la télévision, un par la presse régionale et quatre par des particuliers de notre entourage.

Il faut noter l'importante proportion d'accidents mortels (cinq cas sur quatorze). Trois sont survenus dans notre région (cas n° 2, n° 13, n° 14).

L'électrocution peut être immédiate, mais peut aussi être consécutive à l'absence de personnes aux alentours immédiats de la victime, qu'une réanimation adéquate aurait peut-être pu sauver.

Principaux facteurs de ces accidents :

- Ils surviennent davantage en étang (neuf fois) qu'en rivière (deux fois). Dans trois cas les circonstances ne sont pas précisées.

- La gravité : soit l'accident est fatal, soit les complications sont mineures par rapport aux risques encourus (exception faite du cas n° 9).

- Les brûlures : il est noté une petite surface brûlée (sauf cas n° 6 et n° 9), bien que peu fréquemment exprimée en pourcentage.

Les points d'entrée (une ou deux mains) et de sortie (les deux pieds) du courant électrique sont toujours retrouvés et correspondent dans tous les cas à des brûlures du troisième degré.

Les brûlures abdominales (trois cas) sont liées à l'appui du talon de la canne sur le ventre, ou à la présence d'éléments métalliques (boucle de ceinture).

Les brûlures thoraciques (trois cas) sont moins profondes. Elles pourraient être simplement liées à une tenue particulière de la canne, dont le talon serait maintenu par le coude contre la paroi latéro-thoracique (dans les cas de brûlures peu étendues, il n'est jamais noté de coexistence de ces deux localisations).

L'ensemble de ces données d'observation pourrait aussi inciter à penser que dans cette situation particulière d'accident, le trajet du courant serait plus volontiers superficiel que profond.

L'étendue des brûlures constatée dans les cas n° 6 et n° 9 témoigne certainement d'un temps de contact prolongé.

- Les complications cardiaques : seules quelques extrasystoles (non précisées) ont été rapportées dans un cas. Dans deux cas, l'ECG a été différé de 12 à 24 h. Peut-être toute l'attention nécessaire n'a-t-elle pas été portée à ces cas du fait de leur caractère outrageusement anecdotique.

- Biologie : les élévations de CPK notées ont été modérées. La myoglobulinurie, lorsqu'elle a été recherchée, a été négative (il est signalé simplement une hématurie macroscopique dans le cas n° 9, sans doute liée à une hémoglobinurie). La kaliémie quand elle est connue est toujours normale (et même plutôt à la limite inférieure de la normale).

- Il n'est signalé aucun cas d'amputation.

- Dans quatre cas où le devenir des patients est connu, les seules séquelles sont d'ordre esthétique ou fonctionnel, liées aux brûlures.

## V - CONDUITE A TENIR DEVANT UN ELECTRISE PAR HAUTE TENSION

### 5.1 - SUR LE LIEU DE L'ACCIDENT

Protéger: s'assurer que le sujet est libéré du circuit. Si tel n'est pas le cas (sujet fixé à la ligne), il y a peu d'espoir. On essaiera de protéger une éventuelle chute et d'avertir.

Alerter: l'entourage, un médecin, les pompiers, le SAMU, les services de secours-dépannage spécialisés et compétents (SNCF-EDF) si la victime est "collée" au conducteur, par une deuxième personne. Si l'on est seul, on ne doit en aucun cas abandonner l'électrifié, et ce quelles que soient les circonstances, à moins d'avoir la certitude absolue du décès.

Secourir: grandes fonctions pouvant être touchées :

→ cérébrale

→ ventilatoire

→ circulatoire

Trois questions se posent d'emblée :

1- Est-il conscient ?

En cas de perte de connaissance, on effectue la mise en position latérale de sécurité.

2- Respire-t-il ?

En cas d'arrêt ventilatoire, on effectue une ventilation assistée par bouche à bouche.

3- Ses pouls carotidiens et fémoraux sont-ils perçus ?

En cas d'arrêt circulatoire, on effectuera un massage cardiaque externe.

Le blessé est fréquemment en arrêt respiratoire. On s'enquiert de l'état de ses pupilles (recherche d'une mydriase) et de la perception des pouls carotidiens et fémoraux.

En cas d'arrêt respiratoire on effectue le bouche à bouche.

La ventilation peut reprendre spontanément.

Sinon on revérifie les pupilles, le pouls carotidien : si ce dernier est absent (arrêt circulatoire), on associe aux manoeuvres précédentes un massage cardiaque externe (M.C.E.).

Le coup de poing sternal ne sera appliqué qu'immédiatement, dans la première minute qui suit l'accident : il peut parfois réduire une fibrillation ventriculaire (14).

Cette réanimation ne devrait pas être interrompue avant une heure, en attendant une prise en charge spécialisée.

L'arrivée de secours médicaux spécialisés (SAMU) permet :

1- La poursuite de la réanimation cardio-pulmonaire :

→ Oxygénation au masque type Ambu avant intubation oro-trachéale.

→ Mise en place d'une voie veineuse, alcalinisation prudente par bicarbonate de sodium semi-molaire.

→ Monitoring cardiaque qui peut montrer :

. une fibrillation ventriculaire à grandes mailles : indication d'une défibrillation immédiate ;

. une fibrillation ventriculaire à petites mailles, imposant l'injection d'adrénaline 1 à 2 mg en flash jusqu'à apparition d'une fibrillation ventriculaire à grandes mailles qui sera défibrillée ;

. asystolie imposant l'injection d'1 à 2 mg d'adrénaline IV en flash, à renouveler rapidement si sans succès, ou encore à injecter dilué dans la sonde d'intubation.

2- Le traitement médical précoce des brûlures électriques :

En haute tension, elles sont souvent graves et profondes et leur importance ne doit pas être sous-estimée lorsque les lésions cutanées sont peu étendues. On a affaire à un véritable "crush syndrome", avec risque d'insuffisance rénale aiguë oligoanurique par myoglobinurie ; cette insuffisance rénale sera au mieux prévenue par (8), (9), (28), (31), (24), (1) :

- Remplissage vasculaire par solutés cristalloïdes (électrolytiques) Na Cl 9 ‰, Ringer Lactate surtout (24), (31) ;

- Alcalinisation (15) avec cependant le risque d'aggraver une hypocalcémie. Certains auteurs préconisent de perfuser 1/4 à 1/3 du volume des 24 premières heures sous forme de bicarbonate de Sodium à 14 ‰ (25) ;

- Furosémide IV 200 mg en dix minutes (23) ou perfusion de 25 g de monnitol (8), (24), (23).

On ne doit pas se fonder sur les formules standard utilisées chez les brûlés pour ajuster les apports hydriques, car celles-ci ne tiennent compte que de l'étendue en surface des lésions, et non des atteintes musculaires. Certaines peuvent cependant constituer une base de départ, l'adaptation des doses étant très souple et fonction de critères cités ultérieurement.

Citons les formules :

- de PARKLAND (15), (25) =

$Q_{ml}/24\ h = 4\ ml \times Poids_{kg} \times \% \text{ surface brûlée Ringer Lactate}$

- de BROOKE (25) =

$Q_{ml}/24\ h = 1,5 \times Poids_{kg} \times \% \text{ surface brûlée Ringer Lactate}$

+  $0,5 \times P_{kg} \times \% \text{ surface brûlée soluté macromoléculaire.}$

La moitié de cette quantité doit être perfusée dans les huit premières heures.

- de PORTICCIO =

$Q = 15\ ml/kg \text{ soluté macromoléculaire}$

ou

30 ml/kg cristalloïdes pendant la première heure.

On adapte ensuite les doses avec du Ringer Lactate.

- d'EVANS (25) pour 24 h =

$Q = 1\ ml \times Poids_{kg} \times \% \text{ surface brûlée de soluté macromoléculaire.}$

La moitié sera perfusée les huit premières heures.

\* La sédation de la douleur sera obtenue avec différents analgésiques suivant son intensité (paracétamol, noramidopyrine, pentazocine, morphine, buprémorphine).

\* Le patient ne sera pas déshabillé, les blessures seront largement enveloppées dans un linge stérile (pansements américains abondamment imbibés de sérum physiologique) : une brûlure est stérile jusqu'à ce qu'on la touche.

## 5.2 - A L'HOPITAL

### 5.2.1 - Bilan clinique

La surveillance clinique comprend la surveillance de l'état de conscience et du psychisme (fréquentes réactions d'agressivité), des fréquences cardiaques et respiratoires, de la pression artérielle, de l'aspect de la peau saine, et surtout de la diurèse.

La mesure du débit urinaire par tranche de une à trois heures nécessite la pose d'une sonde vésicale à demeure chez les brûlés moyens et graves. Chez l'adulte, est considéré comme satisfaisant un débit urinaire maintenu entre =

1 et 1,5 ml/kg/heure (24), (1)

ou :

50 à 100 ml/heure (15), (8), (31).

Certains se contentent de chiffres plus faibles : > 30 ml/heure (25).

Chez les brûlés très graves, une mesure de la Pression Veineuse Centrale sera nécessaire.

#### 5.2.1.1 - EXAMENS COMPLEMENTAIRES

Les examens complémentaires viseront à évaluer l'atteinte des différents organes (1).

##### 1- Evaluation de l'atteinte myocardique et vasculaire :

- ECG et monitoring cardiaque : du fait de ces fréquentes complications cardiaques que représentent les troubles du rythme, un ECG doit être pratiqué le plus tôt possible.

Il est de surcroît usuel d'effectuer une surveillance systématique par monitoring cardiaque durant les 24 premières heures. De récentes études (24), (6) ont tenté d'étudier la réelle nécessité de ce monitoring systématique.

Les auteurs concluent au besoin de considérer chaque cas comme particulier.

D'après PURDUE et HUNT (24) qui rapportent une série de 48 électrisations par haute tension, les critères de surveillance par monitoring pendant 24 h sont :

- . la notion de perte de connaissance (bien qu'ils admettent qu'elle n'ait pas grande valeur prédictive quant à la survenue de troubles du rythme) ou d'arrêt cardiaque ;
- . la notion de troubles du rythme cardiaque (même passagers) sur les lieux de l'accident ou à l'admission ;
- . les anomalies ECG quelles qu'elles soient ;
- . les brûlures étendues (sans autre précision) ;
- . le jeune âge (enfant) : dans leur série, il n'est pas survenu de trouble du rythme sévère chez les patients dont l'ECG était normal, les infarctus étaient constitués à l'admission.

CUNNINGHAM, dont la série porte sur 70 électrisations (dont 60 par basse tension), conclut qu'en l'absence d'anomalies ECG et clinique, la surveillance par monitoring d'un électrisé par basse tension (240 V) n'est pas obligatoire, et si elle a lieu, il est inutile qu'elle dépasse quatre heures.

- Holter.

- Enzymes cardiaques notamment CKMB.

- Echocardiographie.

- Scintigraphie d'effort au THALLIUM 201, Coronarographie : ces examens ne seront réalisés que lorsque le contexte clinique, électrocardiographique et biologique (CKMB) évoquent une insuffisance coronarienne.

- Artériographie : elle a pu être utilisée pour déterminer l'étendue des zones de nécroses profondes lors de brûlures étendues d'un membre afin de déterminer un niveau d'amputation optimum.



Notons que 20 % des artériographies normales correspondaient à des nécroses musculaires.

Elle a aussi servi à indiquer ou non un geste chirurgical au niveau d'un membre suspect de brûlures profondes, avec abolition d'un ou plusieurs pouls : une artériographie normale justifierait une attitude non chirurgicale, alors qu'une chirurgie urgente est nécessaire en cas d'image d'oblitération (28).

Elle n'est cependant pas un examen de routine.

### 2- Evaluation de l'atteinte musculaire et rénale :

- CPK, LDH (éventuellement isoenzyme 5 de LDH, et aldolase).

- Recherche de myoglobinurie.

- Gaz du sang.

- Ionogramme sanguin et urinaire - Urée - Créatinine (dont l'élévation témoigne du catabolisme musculaire).

- Osmolarité plasmatique.

- Scintigraphie au pyrophosphate de  $^{99m}\text{Tc}$  au bout de 24 à 48 h (15), (24). La scintigraphie au Technétium  $^{99m}\text{Tc}$  est utilisée dans le même but que l'artériographie : détermination du niveau de nécrose - ou de viabilité - des tissus ; réalisée 24 à 48 h après l'accident (24), (15), elle permet un acte chirurgical approprié. Elle est un examen beaucoup moins invasif que l'artériographie.

### 3- Evaluation de l'atteinte neurologique :

- Radiographies et scanner crâniens.

- Electromyogramme.

### 4- Recherche de traumatismes associés :

- Radiographies osseuses, en particulier de la ceinture scapulaire.

- Radiographie thoracique : pneumomédiastin, pneumothorax, pneumopathie d'inhalation, œdème aigu pulmonaire (du fait de l'important remplissage vasculaire).

- Abdomen sans préparation à la recherche d'une pneumo-péritoine par perforation d'un organe creux.

#### 5- Recherche d'une atteinte sensorielle :

- Examen ophtalmologique.

- Examen tympanique et labyrinthique.

### 5.2.2 - Traitement

#### 5.2.2.1 - MEDICAL

- La réanimation a été décrite. Signalons que les quantités de solutés perfusés sont généralement diminuées de moitié à partir de la 24<sup>e</sup> heure.

- L'hémodialyse est parfois nécessaire, en cas d'insuffisance rénale (urée > 33 mmol./l) (25), ou surtout d'hyperkaliémie.

- La vaccination antitétanique est systématique, éventuellement associée à une sérothérapie, en cas de brûlures cutanées étendues (31) ou si la dernière vaccination remonte à plus de cinq ans (3 000 UI selon la méthode de BESREDA).

- Il est usuel d'effectuer une prophylaxie infectieuse par pénicilline G (4M à 10M UI/24 h) (8), (14) du fait des fréquentes surinfections précoces des brûlures par streptocoque bêta hémolytique, ou encore par anaérobies.

Certains associent le métronidazole (1 g/24 h) (14).

D'autres ne recommandent pas l'antibiothérapie initiale, arguant que les antibiotiques systémiques diffusent difficilement dans les aires ischémiques de la brûlure, et préfèrent utiliser une chimiothérapie antimicrobienne à usage externe (pommade à la sulfadiazine argent). Ce seront les prélèvements bactériologiques qui guideront le choix d'une éventuelle antibiothérapie.

- L'héparinothérapie : en cas de CIVD, elle sera prescrite à la dose de 10 000 UI toutes les six heures et sera associée à une chirurgie de sauvetage précoce (8).

Son utilisation en tant que traitement préventif des thromboses n'est pas admise par tous les auteurs et comporte un risque hémorragique non négligeable (1).

#### 5.2.2.2 - CHIRURGICAL

Dans un premier temps sont effectués des gestes chirurgicaux de sauvetage :

- incisions de décharge en cas de brûlures circulaires d'un membre ;
- fasciotomie de décompression en cas d'œdème sous aponévrotique compressif avec syndrome des loges.

Néanmoins, une nécrose musculaire peut, malgré la fasciotomie, s'étendre ou survenir de façon retardée, témoignant souvent d'une occlusion artérielle (28). La surveillance répétée de la vascularisation (artérielle ou veineuse) par effet Doppler, et au moindre doute par angiographie, pourra indiquer une nouvelle aponévrotomie de décharge. La surveillance de la pression musculaire interstitielle apparaît comme un moyen de prévention encore plus efficace (notamment des complications nerveuses), l'aponévrotomie devant être réalisée dès que la pression devient supérieure à 33 mm de Hg (23), (15).

Dans un deuxième temps, on effectue une excision des escarres, un débridement des zones musculaires nécrosées.

Cette chirurgie se pratique après un délai variable, de 48 h à une semaine, afin de laisser se démarquer le tissu nécrosé (15), (28). L'opération pourra être reconduite si besoin.

- Amputation : elle doit parfois être effectuée en urgence mais le plus souvent elle est la sanction de complications infectieuses ou ischémiques apparues au bout de quelques jours. Environ 1/3 des électrisés en haute tension nécessitera une amputation (le plus souvent d'un ou plusieurs doigts, parfois de la main entière) (15), (28).

## VI - MOYENS DE PREVENTION

La prévention des accidents électriques par utilisation de canne en fibre de carbone réside à deux niveaux :

- limiter le danger lié au passage des lignes aériennes ;
- informer, éduquer le public.

### 6.1 - ROLE D'EDF

#### 6.1.1 - Isolement des lignes

Il est possible d'isoler les lignes HT, une petite proportion l'est déjà ; mais on se heurte à des impératifs économiques : isoler toutes les lignes augmenterait considérablement le coût de leur construction ; or les accidents qu'elles occasionnent sont malgré tout relativement rares, et leur fréquence reste tolérable en regard des dépenses qu'il faudrait effectuer pour les voir disparaître.

De 1990 à 1992, c'est-à-dire pendant trois ans, le Service Prévention Sécurité d'EDF a recensé 77 électrocutions, tous niveaux de tension confondus, ainsi répartis :

- Avions	= 15
- Véhicules de manutention	= 11
- Grues	= 7
- Echelles	= 6
- Pêche	= 5
- Ascension du pylone	= 5
- Antennes (radio-amateur ou autre)	= 5
- Echaffaudage	= 4
- Irrigation	= 4
- Agriculture	= 4
- Parapente	= 2
- Divers	= 9

Un bon tiers de ces accidents n'auraient certainement pas été évités même avec des lignes isolées (avions, véhicules de manutention, grues).

### 6.1.2 - Mise sous terre des lignes haute tension

Si pendant de nombreuses années cette solution n'était guère envisageable (toujours pour des coûts de production), actuellement le prix de revient est sensiblement égal à celui d'une ligne aérienne.

Un protocole d'accord entre EDF et l'Etat a été signé (6 juillet 1992), dans lequel EDF s'engage à ne pas augmenter son kilométrage de lignes aériennes, jusqu'en 1996.

Soit les nouvelles lignes seront mises sous terre, soit elles seront aériennes, mais un kilométrage équivalent d'anciennes lignes sera alors enterré.

Pour la Haute-Vienne :

1981	Lignes HTA aériennes.....	5 599 km
1992	Lignes HTA aériennes.....	5 933 km
1981	Lignes HTA souterraines.....	382 km
1992	Réseau HTA souterraines.....	516 km

En 1996, le réseau aérien n'excèdera pas 5 913 km.

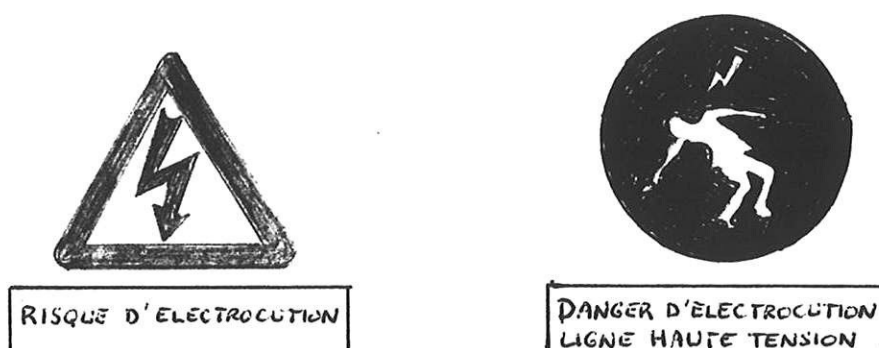
## 6.2 - ROLE DE L'ECOLE

En France, dès la maternelle, l'enseignement des règles élémentaires de prudence et la connaissance des risques électriques est prévue par les textes réglementaires (décret 1958/11/28) La démarche peut être complexe : il faut éveiller le respect vis-à-vis de l'électricité sans faire naître ni crainte irraisonnée ni curiosité déplacée (11) Les notions de sécurité, ainsi que l'enseignement du secourisme, devraient être dispensés dès la scolarité secondaire.

### 6.3 - ROLE DES MEDIA

Les compte-rendus d'électrocution dans la presse régionale ont le mérite d'attirer l'attention.

La presse halieutique peut jouer un rôle, par exemple en apposant l'idéogramme suivant à toute publicité de canne en fibre de carbone effectuée dans ses pages, même si ceci va un peu à l'encontre des objectifs visés par la publicité.



Tout ceci devrait être rendu obligatoire, comme l'est la signalisation sur la canne de son caractère hautement conducteur électrique.

Signalons qu'une émission télévisée dite grand public a filmé la reconstitution minutieuse d'un tel accident ; les deux protagonistes (la victime et son fils qui a brisé la canne d'un coup de pied pour libérer son père - ce qui reste peu recommandable -), invités pour raconter cette histoire, l'heure de grande audience à laquelle cette séquence a été diffusée, ont eu là encore, le mérite de faire parler du risque électrique.

La présentation (dans la même émission), de "gestes qui sauvent" est plus discutable. Il est ainsi effectué devant les caméras une représentation de bouche à bouche ou de massage cardiaque externe. Si l'intention est louable, cette diffusion télévisée de techniques de secourisme ne doit constituer rien de plus qu'une incitation à l'apprentissage de tels gestes. Il est probable que quelques vocations auront été ainsi suscitées.

## 6.4 - ROLE DES FABRICANTS DE CANNES

- Inclure l'idéogramme précédent à chaque page de catalogue représentant des cannes en fibre de carbone.

- L'étiquetage des cannes est obligatoire, mais devrait être effectué convenablement, en plastifiant toute la circonférence de la canne au niveau de l'inscription qui sera étiquetée ou gravée (lecture dans le sens talon → pointe). Cela évitera un décollage précoce (parfois avant que la canne ne soit vendue), ou un effacement prématuré (quelques années).

- La mise en place de poignée isolante est effectuée sur certaines cannes. D'après B. MOUY, ingénieur à la société LERC (laboratoire d'étude et de recherche chimique), ceci ne constitue plus une protection dès que la canne est mouillée : ce phénomène rendrait possible une électrisation par canne en fibre de verre ; nous n'avons jamais eu connaissance de tels cas, et les conditions de pêche sont telles qu'une canne entièrement mouillée est une situation peu fréquente. Nous doutons de toute façon qu'une isolation soit réellement efficace dans les cas d'un courant de plusieurs milliers de volts.

## 6.5 - AUTRES MESURES PROPOSEES

- Faire appliquer la réglementation sur l'étiquetage.

- Interdiction de pêche dans un rayon de 50 m autour d'une ligne haute tension (de même que la pêche est interdite 100 m à l'amont et à l'aval d'un barrage hydraulique). Cette mesure paraît pourtant difficile à faire appliquer au niveau d'étangs privés, pourtant sièges privilégiés de ces accidents.

- Mise en place de panneaux au niveau du croisement d'un cours d'eau (ou plan d'eau) et d'une ligne haute tension signalant le risque d'électrocution (cf. 2° idéogramme de la page précédente).

- Enfin, signalons que le dernier maillon de la chaîne préventive est la prise en charge par l'individu lui-même de sa part de responsabilité. Il est si simple de ne pas risquer de se faire électriser : il suffit de ne pas pêcher sous les lignes haute tension. Le pêcheur choisit avec soin un emplacement qu'il pense favorable à la prise de poissons. Il doit mettre autant de soin à assurer sa sécurité : la vue d'une ligne haute tension dans les 50 mètres doit constituer un déclic et le pousser à s'installer plus loin.

Afin de créer ce comportement réflexe, il faut parler des électrisations en haute tension, souvent mortelles, informer, éduquer, il nous paraît utile de rapporter chaque cas connus aux services compétents d'EDF, afin qu'ils retirent des statistiques les plus précises possibles.



## VII - CONCLUSION

Les accidents d'électrisation par canne à pêche en fibre de carbone, par contact avec une ligne haute tension, sont potentiellement mortels.

Ils surviennent plus fréquemment au bord d'un étang que d'une rivière, et principalement l'été, période de vacances.

Les brûlures qu'ils engendrent sont plus souvent externes que profondes, à l'opposé des autres électrisations.

Lorsqu'il n'y a pas électrocution, les suites sont liées à l'étendue et la profondeur des brûlures cutanées.

Il est tentant d'attribuer cette absence de brûlures électrothermiques à un trajet particulier du courant électrique à la surface du corps.

Le pronostic immédiat de ces accidents est celui de toute électrisation par haute tension : il dépend de la présence ou non d'autres personnes sur les lieux.

Le nombre de ces électrisations particulières diminuera lorsque chaque pêcheur prendra conscience du danger inhabituel que représente une ligne haute tension lorsqu'il est en condition de pêche.

## BIBLIOGRAPHIE

- (1) BARRIOT P., PARADIS J. - Electrification et électrocution.  
*Editions techniques, Encycl. Med. Chir. (Paris, France), Urgences 1991 ;*  
24116 E<sup>40</sup> : 1-6.
- (2) CHANDRASIRI N. - Electrocution by dielectric breakdown (arcing) from  
overhead high tension cables.  
*Méd. Sci-Law 1988 ; 28 (3) : 237-240.*
- (3) CHOQUET R., GILET J-C. - *Vademecum de Sécurité électrique. R G S*  
*Edition 1991.*
- (4) CHRISTENSEN J-A., SHERMAN R-T., BALIS G-A., WUAMETT J-D. -  
Delayed neurologic injury secondary to high voltage current with  
recovery.  
*J. Trauma 1980 ; 20 : 166-68.*
- (5) COUZINET R., DOUJOL Cl. - Accidents électriques = intérêt d'une  
réanimation précoce.  
*Journée d'étude sur la défaillance du coeur. Nov. 1976 INSERM.*
- (6) CUNNINGHAM P-A. - The need for cardiac monitoring after electrical  
injury. *Med. J. Aust. 1991 ; 154 (11) : 765-766.*
- (7) DENDOVEEN A-M. et al. - Electrical injuries to peripheral nerves. *Acta*  
*Belg. Med. Phys. 1990 ; 13 (4) : 161-165.*
- (8) DIAMOND T-H., TWOMEY A., MYDBURG D-P. - High voltage electrical  
injury. *S. Afr. Med. J. 1982 ; 61 : 318-321.*
- (9) DI VINCENTI F-C., MONCRIEF J-A., PRUITT B-A. - Electrical injuries : a  
review of 65 cases.  
*J. Trauma 1969 ; 9 : 497-507.*

- (10) FARREL D-F., STARR A. - Delayed neurological sequelae of electrical injuries. *Neurology* 1968 ; 18 : 601-606.
- (11) FOLLIOT D. - Les accidents d'origine électrique - Leur prévention. *Monographies de médecine du travail*. Masson et Cie 1982 ; 4 (1 vol.).
- (12) FOLLIOT D. - Accidents dûs à l'électricité. *Editions techniques, Encycl. Med. Chir.* (Paris, France). *Toxicologie - Pathologie Professionnelle* 1991 ; 16515 A<sup>10</sup> : 1-5.
- (13) FRANCOIS R. Ch., CABANES J., DAGNEAU M. - Traumatismes électriques et lésions coronaires. *Journées de Réanimation Med. Chir. Nancy* 6-8 mai 1966.
- (14) GASTINNE H., MATHE D., GAY R. - Electrification : données actuelles et conduite à tenir - *Rev. Prat.* (Paris) 1983 ; 33 : 229-235.
- (15) HAMMOND J-S., WARD C-G. - High voltage electrical injuries = management and out come of 60 cases. *South Med. J.* 1988 ; 81 : 1351-1352.
- (16) HOLBROOK L-A. et al. - Delayed myelopathy = a rare complication of severe electrical burns - *Br. Med. J.* 1970 ; 4 : 659-666.
- (17) JAMES T-N. et al. - Cardiac abnormalities demonstrated post-mortem in four cases of accidental electrocution and their potential significance relative to non fatal electrical injuries of the heart - *Am. Heart J.* 1990 ; 120 (1) : 143-157.
- (18) JENSEN P-J., THOMSEN P-E-B., BAGGER J-P., NORGAARD A. - Electrical injury causing ventricular arrhythmias. *Br. Heart J.* 1987 ; 57 : 279-283.
- (19) LATARJET J., FOYATIER J-L. - Brûlures = étiologie, physiopathologie, diagnostic, principes de traitement précoce. *Rev. Prat.* (Paris) 1992 ; 42 : 1565-1572.

- (20) LEVINE N-S., ATKINS A., MC KEEL D-W. - Spinal cord injury following electrical accidents = case report.  
*J. Trauma* 1975 ; 15 : 459-463.
- (21) MALBOYSSON E. - Lésions internes dûes à l'effet JOULE produites par l'électrisation - *Bulletin de l'Association Internationale de la Sécurité Sociale* 1982 ; n° 9.
- (22) MOGG R-A. - Renal artery thrombosis due to high voltage electricity - *Urol. Clin. North Am.* 1977 ; 4 : 13-16.
- (23) PERROT D., MOTTIN J. - Rhabdomyolyses traumatiques et non traumatiques - *Encycl. Med. Chir.* (Paris, France).  
*Anesthésie-Réanimation* 1985 ; 36918 A<sup>10</sup> : 1-10.
- (24) PURDUE J-F., HUNT J-L. - Electrocardiographie monitoring after electrical injury = necessity of luxury.  
*J. Trauma* 1986 ; 26 : 166-167.
- (25) ROHAN J-C. - Les brûlures : définir le traitement des 48 premières heures au brûlé hospitalisé.  
*Les Urgences* (1 vol.). Edisem 1984.
- (26) ROHAN J-C. - Les brûlures : définir la conduite à tenir sur les lieux d'un accident.  
*Les Urgences* (1 vol.). Edisem 1984.
- (27) SHARMA B-C. et al. - Electrocardiographie manifestations following household electric current injury.  
*J. Assoc. Physicians India* 1990 ; 38 (12) : 938-939.
- (28) SOLEM L., FISCHER L-P., STRATE R-G. - The natural history of electrical injury.  
*J. Trauma* 1977 ; 17 : 487-492.

- (29) TAYLOR P-H., PUGSLEY L-Q., VOGEL E-H. - The intriguing electrical burn ; a review of 31 electrical burn cases.  
*J. Trauma* 1962 ; 2 : 309-326.
- (30) TSUNG P-K., TSUNG J-H. - Electrical injuries : a clinical experience with 100 cases.  
*J. Formosan Med. Assoc.* 1972 ; 71 : 603-614.
- (31) WALLACE J-F. - Lésions dûes à l'électricité. *Principes de médecine interne - Harrison* 1992 ; 15 : 2202-2203.
- (32) WRIGHT R-K. - Death or injury caused by electrocution - *Clinical Laboratory Med.* 1983 ; 3 (2) : 343-353.



**III - EFFETS DU COURANT ELECTRIQUE SUR LE CORPS HUMAIN.....26**

**3.1 - LES EFFETS IMMEDIATS.....26**

**3.1.1 - Effets excitomoteurs .....26**

3.1.1.1 - La durée de l'excitation.....26

3.1.1.2 - Le trajet du courant électrique dans  
l'organisme.....27

3.1.1.3 - Conséquences immédiates.....28

**3.1.2 - Effets thermiques : responsables de brûlures.....29**

3.1.2.1 - Brûlures par arc.....29

3.1.2.2 - Brûlures électrothermiques.....29

3.1.2.2.1 - *Brûlures cutanées*.....29

3.1.2.2.2 - *Brûlures internes* .....31

**3.2 - LES ACCIDENTS SECONDAIRES.....32**

**3.2.1 - Cardiovasculaires.....34**

3.2.1.1 - Manifestations fonctionnelles .....34

3.2.1.2 - Troubles du rythme - Modifications  
électrocardiographiques .....34

3.2.1.3 - Lésions coronariennes.....35

3.2.1.4 - Autres manifestations cardiaques.....35

3.2.1.5 - Manifestations vasculaires .....36

**3.2.2 - Neurologiques.....36**

3.2.2.1 - Accidents cérébraux.....36

3.2.2.2 - Troubles psychonévrotiques .....36

3.2.2.3 - Complications médullaires .....37

3.2.2.4 - Atteintes nerveuses périphériques.....37

3.2.2.5 - Sensorielles .....38

3.2.3 - Rénales et métaboliques.....	38
3.2.4 - Autres.....	39
<b>3.3 - LES SEQUELLES.....</b>	<b>39</b>
3.3.1 - Neurologiques.....	39
3.3.2 - Sensorielles.....	39
3.3.3 - Cardiovasculaires.....	40
3.3.4 - Séquelles rénales.....	40
3.3.5 - Séquelles liées aux brûlures.....	40
<b>3.4 - PHYSIOPATHOLOGIE.....</b>	<b>40</b>
3.4.1 - Les différents paramètres de l'équation du risque électrique.....	41
3.4.1.1 - L'intensité.....	41
3.4.1.2 La tension.....	45
3.4.1.3 - La "résistance" du corps humain.....	46
<b>IV - <u>ENONCE DES CAS</u>.....</b>	<b>49</b>
<b>V - <u>CONDUITE A TENIR DEVANT UN ELECTRISE PAR HAUTE     <u>TENSION</u></u>.....</b>	<b>65</b>
5.1 - SUR LE LIEU DE L'ACCIDENT.....	65
5.2 - A L'HOPITAL.....	68
5.2.1 - Bilan clinique.....	68
5.2.1.1 - Examens complémentaires.....	68
5.2.2 - Traitement.....	71
5.2.2.1 - Médical.....	71
5.2.2.2 - Chirurgical.....	72



<b>VI - <u>MOYENS DE PREVENTION</u></b> .....	73
<b>6.1 - ROLE D'EDF</b> .....	73
6.1.1 - Isolement des lignes.....	73
6.1.2 - Mise sous terre des lignes haute tension.....	74
<b>6.2 - ROLE DE L'ECOLE</b> .....	74
<b>6.3 - ROLE DES MEDIA</b> .....	75
<b>6.4 - ROLE DES FABRICANTS DE CANNES</b> .....	76
<b>6.5 - AUTRES MESURES PROPOSEES</b> .....	76
<b>VII - <u>CONCLUSION</u></b> .....	78
<b><u>BIBLIOGRAPHIE</u></b> .....	79
<b><u>TABLE DES MATIERES</u></b> .....	83
<b><u>SERMENT D'HIPPOCRATE</u></b> .....	87

## SERMENT D'HIPPOCRATE

En présence des maîtres de cette école, de mes condisciples, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine.

Je donnerai mes soins à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail.

Admis à l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe ; ma langue taira les secrets qui me seront confiés, et mon état ne servira pas à corrompre les moeurs ni à favoriser les crimes.

Reconnaissant envers mes maîtres, je tiendrai leurs enfants et ceux de mes confrères pour des frères et s'ils devaient entreprendre la Médecine ou recourir à mes soins, je les instruirai et les soignerai sans salaire ni engagement.

Si je remplis ce serment sans l'enfreindre, qu'il me soit donné à jamais de jouir heureusement de la vie et de ma profession, honoré à jamais parmi les hommes. Si je le viole, et que je me parjure, puissè-je avoir un sort contraire.

BON A IMPRIMER N° 29

LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE

Vu, le Doyen de la Faculté

VU et PERMIS D'IMPRIMER

LE PRÉSIDENT DE L'UNIVERSITÉ

## R E S U M E

Les accidents d'électrisation par canne à pêche en fibre de carbone résultent du contact ou de la formation d'un arc électrique entre l'extrémité de la canne et une ligne haute tension.

En France, ils sont rares (seulement quelques cas annuels) et souvent mortels.

Les lésions constatées chez les rescapés sont peu en rapport avec la gravité potentielle de ces électrisations :

- la surface corporelle brûlée est en général minime (carbonisation localisée aux mains et aux pieds) ; elle peut cependant dépasser cinquante pour cent ;

- les brûlures électrothermiques (brûlures profondes) sont peu importantes et n'occasionnent aucune des complications habituellement rapportées lors des électrisations par haute tension.

Ces faits incitent à penser que la survie des victimes de ces accidents serait liée à un trajet du courant plus superficiel que profond.

Le pronostic dépend ensuite d'une réanimation la plus précoce possible.

La principale prévention repose avant tout sur la prise en charge par la victime de sa part de responsabilité.

### Mots - clés :

- Electrification
- Electrocutation
- Canne à pêche
- Carbone
- Décès
- Brûlures