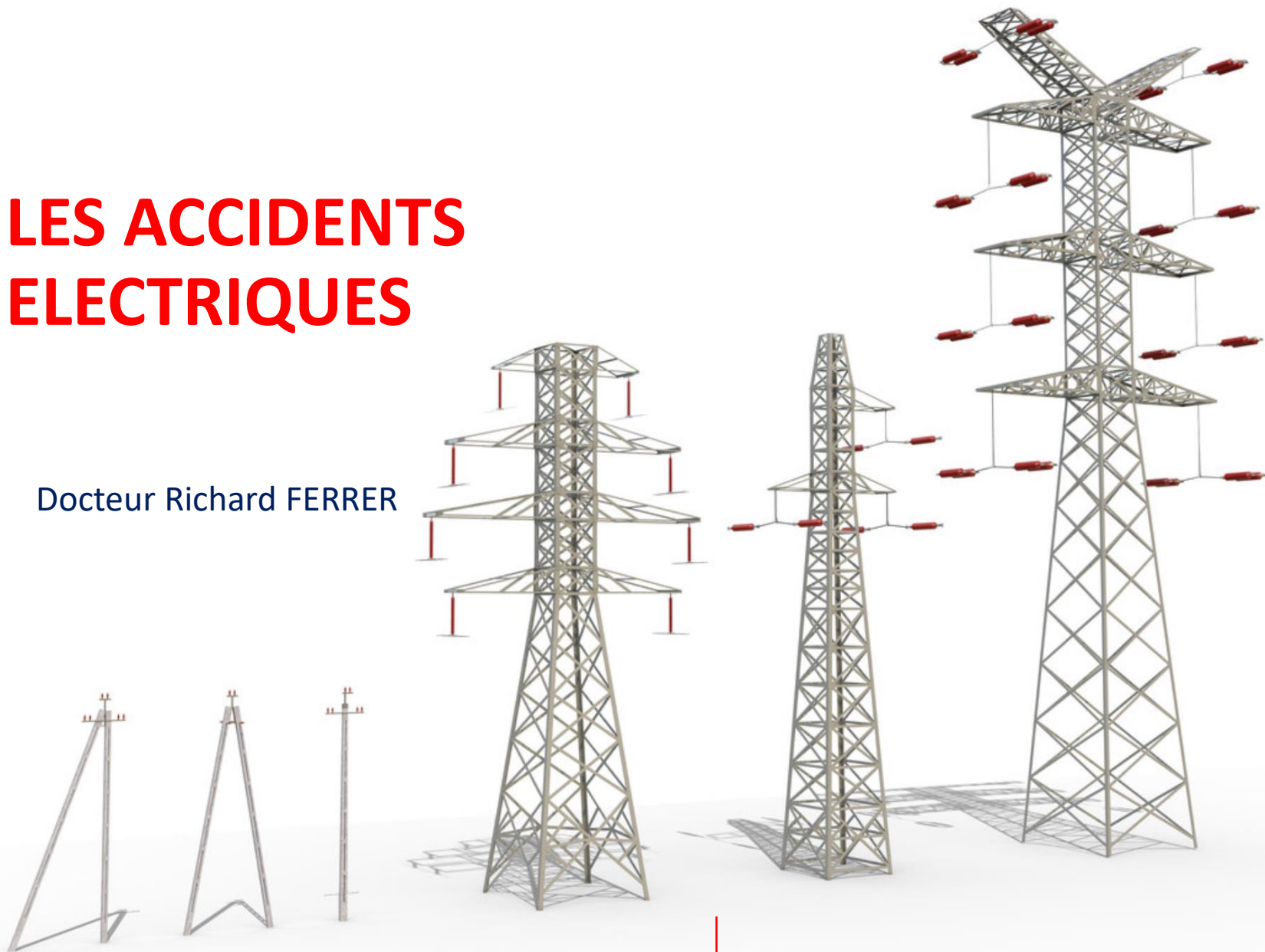


LES ACCIDENTS ELECTRIQUES

Docteur Richard FERRER



Cas n°1: récit d'accident électrique

- Dans une maison ancienne, un menuisier est chargé de poncer le parquet en bois d'une chambre. Il utilise pour cela une ponceuse branchée sur une prise électrique de la salle de bains voisine.
- Tout à coup, alors qu'il se déplace à reculons, il vient heurter un radiateur. Le propriétaire de la maison qui le regardait faire, le voit se raidir, muet, les mains crispées sur les poignées de la ponceuse. Se précipitant dans la salle de bains, il débranche la fiche de prise de courant. En vain, car le menuisier ne pourra être ranimé, l'autopsie pratiquée concluant la mort par électrocution.

Cas n°1: explications

- Le cordon d'alimentation de la machine présentait plusieurs blessures, et le conducteur de protection était coupé. Au cours du ponçage, la machine a roulé sur le câble provoquant la mise à nu d'un conducteur de phase qui, par contact avec la ponceuse, a mis sous tension les parties métalliques. L'installation électrique de la maison est protégée par un disjoncteur différentiel de 500mA. Celui-ci doit se déclencher en cas de défaut d'isolement d'un appareil raccordé.
- Alors que le menuisier se trouve sur le parquet bois en tenant la machine mise sous tension, il ne se passe aucun évènement [...] Mais dès qu'il a heurté le radiateur, le contact a entraîné le passage du courant électrique de la ponceuse vers le radiateur. L'intensité était insuffisante pour déclencher le disjoncteur différentiel, mais a provoqué une fibrillation ventriculaire de l'opérateur et entraîné son décès. »

Les accidents électriques

Introduction

- L'électrisation correspond à toutes les manifestations physiopathologiques dues au passage du courant électrique (CE) au travers du corps humain.
- Devant tout accident électrique l'analyse circonstancielle entre l'agressant qui est le courant et l'agressé qui est le patient est essentielle.
- La recherche des facteurs de gravité doit être systématique.

Les accidents électriques

Pour comprendre

- Le courant électrique est une énergie générée par le déplacement d'électrons libres dans des matériaux conducteurs, cheminant entre « Phase » et « Neutre », qui en représentent les points normaux d'entrée et de sortie.
- L'électricité (comme tout fluide) cherche systématiquement le chemin le plus court.
- Elle est normalement « guidée » dans un réseau isolé, équipé de protections et d'une mise à la terre.
- Parfois par présence d'un défaut, d'un non respect des règles de sécurité, le corps de l'homme est composé de 60 % d'eau et donc très conducteur, peut représenter ce plus court chemin et être traversé par le courant électrique.
- Un courant électrique, même de faible intensité est dangereux.

Les types de courant

- Un courant est caractérisé par une tension en Volt (V) et une intensité en Ampère (A).
- La puissance exprimée en Watt (W) résulte de la combinaison des deux unités précédentes.
- Il existe deux types de courant: le courant continu et le courant alternatif.



Le courant continu

- Caractérisé par un flux d'électrons qui circule continuellement dans une seule direction.
- On le rencontre chez des métiers très spécifiques: rotatives d'imprimerie, certaines grues et ponts de levage, locomotives et remontées mécaniques, etc.
- Au quotidien, on retrouve ce courant en très faible puissance et donc sans risques: lampes de poche, batteries, circuits de commande, etc.
- Mais avènement des voitures électriques avec le risque d'accident (tension entre 300 et 500 V).

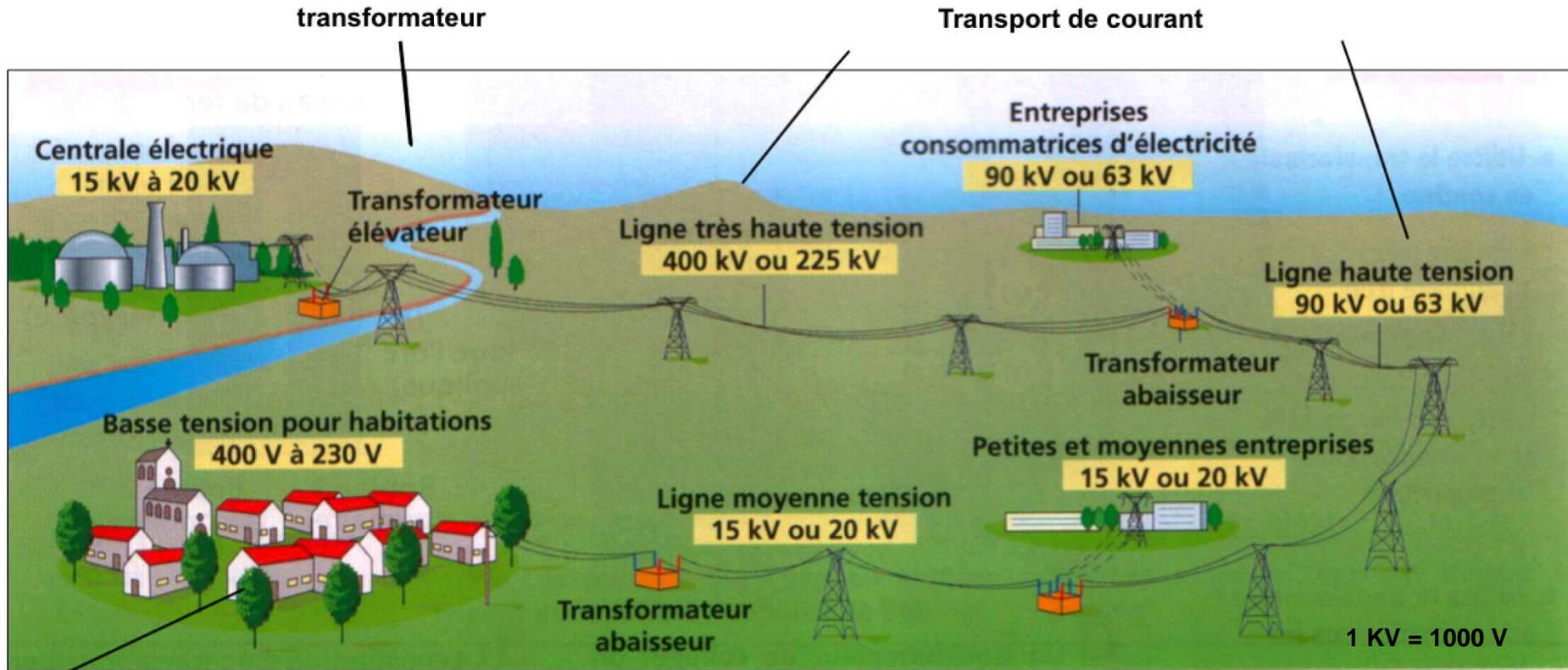


Le courant alternatif

- C'est un courant électrique où les électrons circulent alternativement dans une direction puis dans l'autre à intervalles réguliers appelés cycles.
- Le courant habituellement utilisé en Europe et dans la plupart des autres régions du monde a une fréquence de 50 Hz (hertz).
- Il s'est très vite développé au dépend du courant continu, en raison de sa capacité à être transporté sur de longues distances.
- La perte en énergie de l'électricité transportée est maîtrisée par l'augmentation du voltage et donc des risques.



Les différents types de courant alternatif



Basse tension domestique

Les facteurs de gravité et leurs effets

Cinq facteurs influencent les dommages corporels liés à une électrisation :

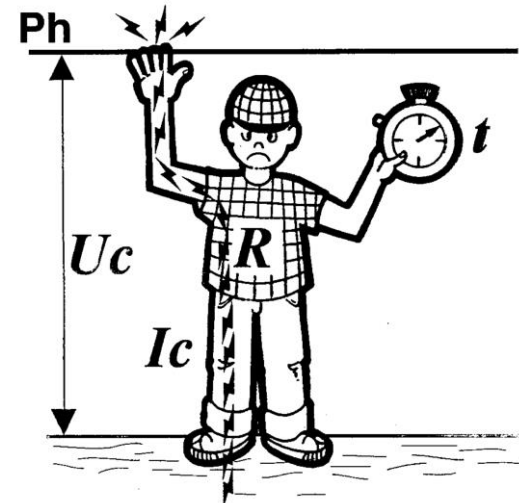
Le trajet du courant

L'intensité du courant

La tension du courant

La résistance corporelle

La durée de passage de l'électricité dans le corps



I_c : intensité du courant.

U_c : tension de contact.

R : résistance du corps.

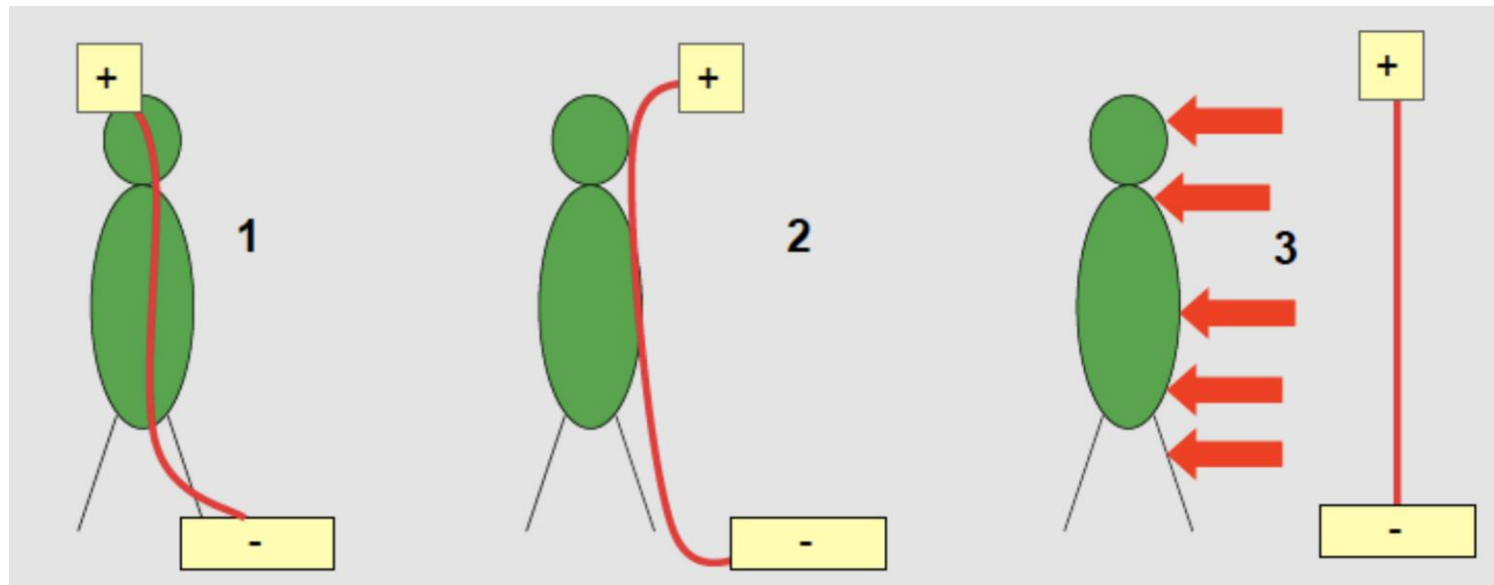
t : durée de passage du courant.

Le trajet du courant.

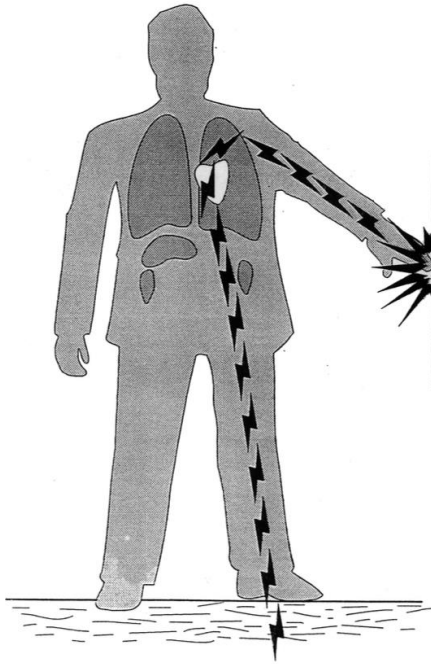
Les caractéristiques du courant

Mode d'exposition

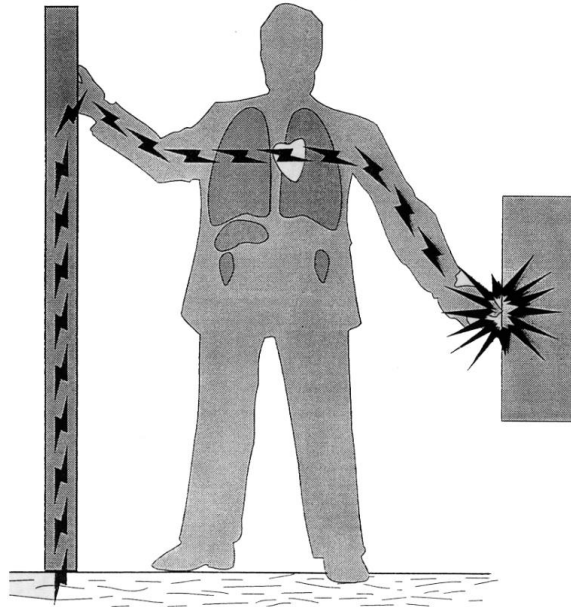
1. Accident électrique « vrai ».
2. Arc électrique.
3. Flash électrique.



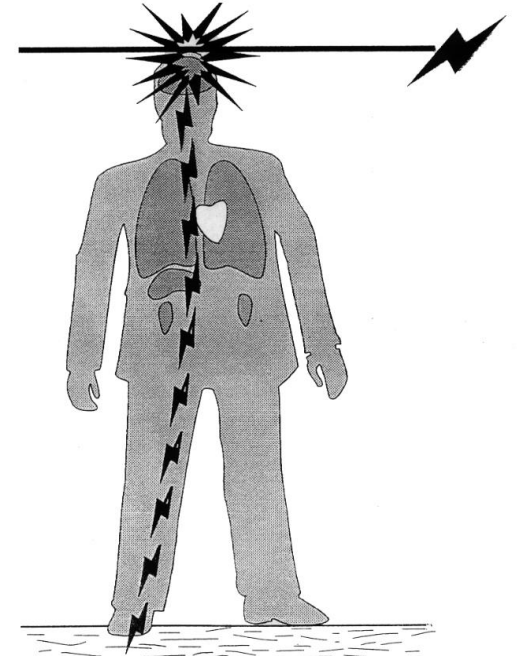
Le trajet d'exposition



Trajet main-pied

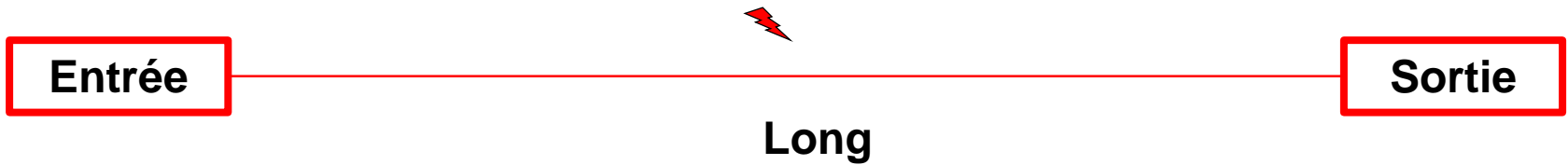


Trajet main-main

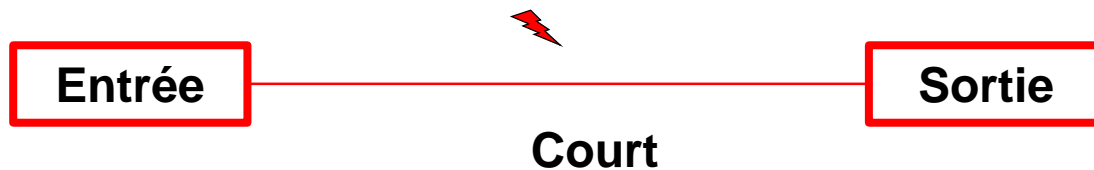


Trajet tête-pied

Le trajet du courant



- Trans-thoracique (+++).
- Risque d'arrêt cardio-circulatoire et brûlures électrothermiques profondes.

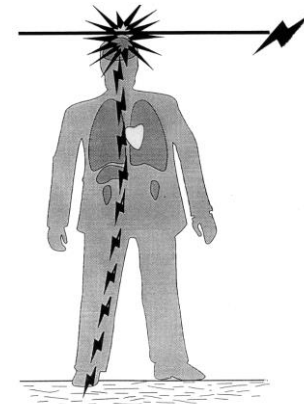


- Brûlures profondes et invalidantes.



Verticaux

- **VERTICAUX** plus dangereux qu'horizontaux



Le trajet du courant: trajet long

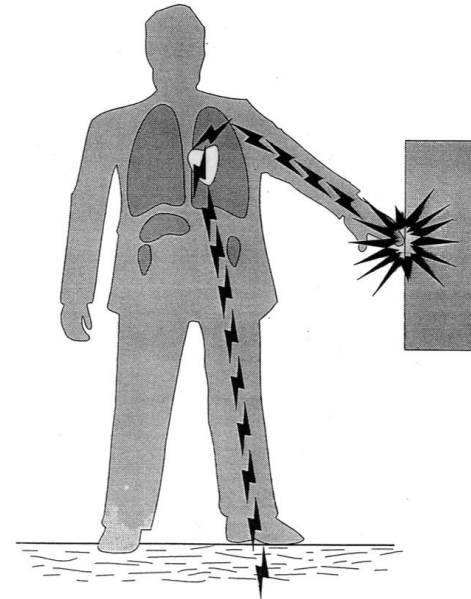
Entrée



Sortie

Long

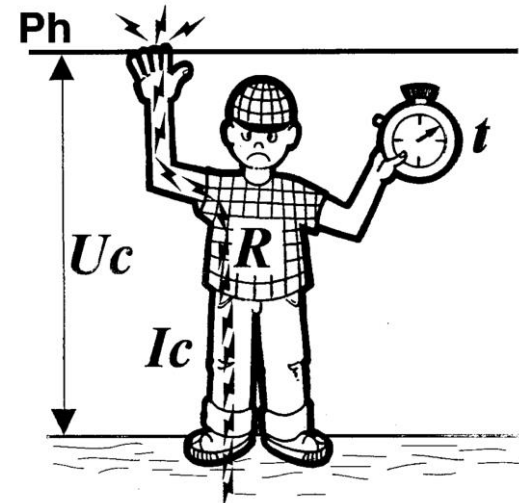
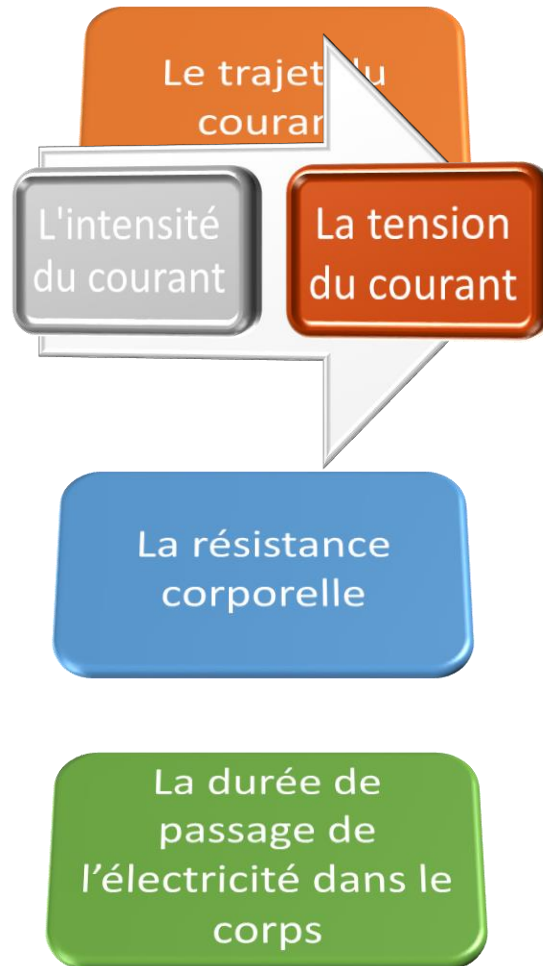
- Trans-thoracique (+++).
- Risque d'arrêt cardio-circulatoire et brûlures électrothermiques profondes.



Les facteurs de gravité et leurs effets

Cinq facteurs influencent les dommages corporels liés à une électrisation :

Les caractéristiques du courant



I_c : intensité du courant.
 U_c : tension de contact.
 R : résistance du corps.
 t : durée de passage du courant.
Le trajet du courant.

Les caractéristiques du courant

Un courant électrique est caractérisé par deux critères

- Intensité exprimée en Ampères (A).
- Tension exprimée en Volts (V).

L'intensité du courant: loi d'ohm

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

La tension U aux bornes d'un conducteur est égale au produit de la résistance R du conducteur et de l'intensité I du courant qui traverse ce conducteur.

U	=	R	x	I
en volt (V)		en ohm (Ω)		en ampère(A)

Effets fonction de l'intensité:

Si I faible : effets électriques

Si I importante : brûlures

L'intensité du courant est la quantité d'électricité qui traverse la section d'un conducteur par unité de temps.

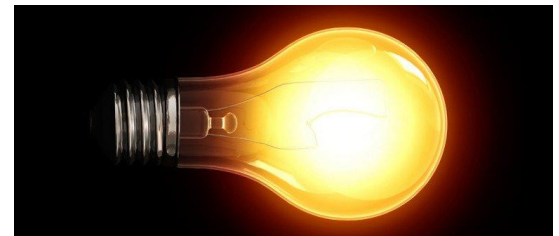
Plus l'intensité du courant qui traverse le corps est importante, plus le choc électrique est dangereux.

Il faut donc rechercher à diminuer la valeur l'intensité pour éviter ce choc ou le supprimer.

Intensité: exemple lampe à incandescence

Ampoule de 100 Watts :

- 1mA : aucune réaction !*
- 5 mA : aucune réaction !*
- 10 mA : l'ampoule électrique ne s'allume toujours pas !*
- 50 mA : l'ampoule électrique ne s'allume toujours pas !*
- 80 mA : toujours rien !*
- 100 mA : toujours rien !*
- 830 mA : éclairage pleine puissance*



L'intensité du courant (ampères)

L'intensité d'un courant traversant un corps est responsable de la contraction musculaire et des ruptures de fibres nerveuses, appelée « sidération ».

- Lorsque l'intensité augmente, on définit des seuils successifs à partir desquels apparaissent les différentes réactions au courant électrique, allant jusqu'à la mort par arrêt cardiaque.

Protection domestique



Disjoncteurs différentiels de 40 ampères avec une sensibilité de 30 mA



c'est « l'intensité qui tue »

L'intensité tue !

Perception

~ 1 mA

- Excitation des terminaisons nerveuses sensibles.
- Sensation de picotement ou de choc léger.

> 3 mA

- Sensation de douleur.

Tétanisation musculaire

~ 10 mA

- Contraction musculaire.
- Projection : effet prédominant sur les extenseurs.
- Impossible de lâcher prise : fléchisseurs des avant-bras.

~ 25 mA

- Tétanisation des muscles respiratoires.
- Laryngospasme.
- Plus de 3 minutes = asphyxie.

Seuil « cardiaque »

~80 mA

- Fibrillation ventriculaire
- Electrocutation

Intensité: exemple

Ampoule de 100 Watts :

- 1mA : aucune réaction !
- 5 mA : aucune réaction !
- 10 mA : l'ampoule électrique ne s'allume toujours pas !
- 50 mA : l'ampoule électrique ne s'allume toujours pas !
- 80 mA : toujours rien !
- 100 mA : toujours rien !
- 830 mA : éclairage pleine puissance



Corps humain :

- 1mA : fourmillement
- 5 mA : léger choc
- 10 mA : choc douloureux et réactions réflexes
- 50 mA : choc grave, suffocation et brûlures sérieuses
- 80 mA : arrêt cardiaque
- 100 mA : brûlures très grave / arrêt respiratoire



La tension du courant (volts)

La tension détermine la quantité de chaleur libérée par le courant.
En pratique, plus la tension est élevée, plus le risque de brûlure est grand.

On distingue

- Accidents à bas voltage (tension inférieure à 1 000 V): brûlures tissulaires modérées mais comportent un risque cardiovasculaire immédiat important.
- Accidents à haut voltage (tension supérieure à 1 000 V) : brûlures tissulaires profondes et sévères avec des souffrances neuromusculaires (syndrome des loges) et des destructions des tissus musculaires.



Ce sont « les volts qui brûlent ».

Les volts brûlent

Brûlure et inhibition nerveuse

~ 100 mA

- Effet Joule : effets thermiques du courant !
- Destruction de la peau, des tissus en profondeur
- Rhabdomyolyse, « carbonisation »

~ 2 A

- Inhibition des centres nerveux.

Le passage d'un courant d'intensité I dans une résistance R dissipe par effet Joule de l'énergie W

$$E_{\text{thermique}} = R \times I^2 \times t$$

E : énergie calorifique (Joule, J)

R : résistance du conducteur (Ohms, Ω)

I : intensité du courant traversant le conducteur (Ampères, A)

t : temps de circulation du courant (Seconde, s)

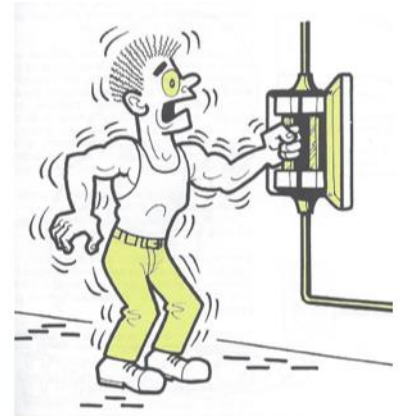
Particularité du courant alternatif

- Plus dangereux car augmentation de la durée de contact par phénomène d' « agrippement ».

**Courant qui change de sens dans le circuit électrique.*

Fréquence, mesurée en hertz (Hz).

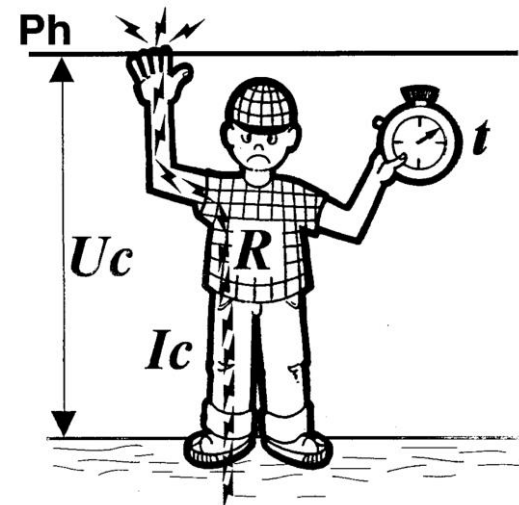
Nombre d'aller-retour en 1 seconde 50 Hz en France.



Les facteurs de gravité et leurs effets

Cinq facteurs influencent les dommages corporels liés à une électrisation :

Les caractéristiques du courant



I_c : intensité du courant.
 U_c : tension de contact.
 R : résistance du corps.
 t : durée de passage du courant.
Le trajet du courant.

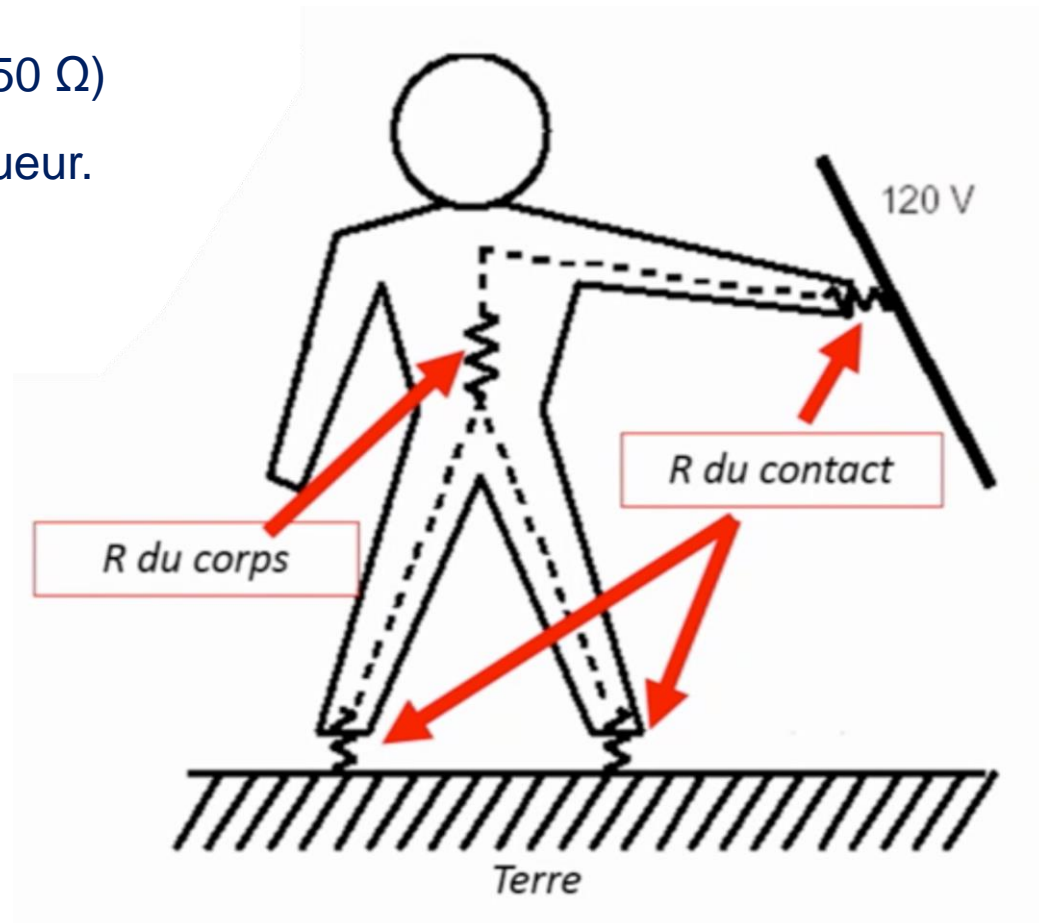
Les résistances

- **Résistance du corps :**

- Entre 300 et 1000 Ω (~650 Ω)
- Selon le trajet et sa longueur.

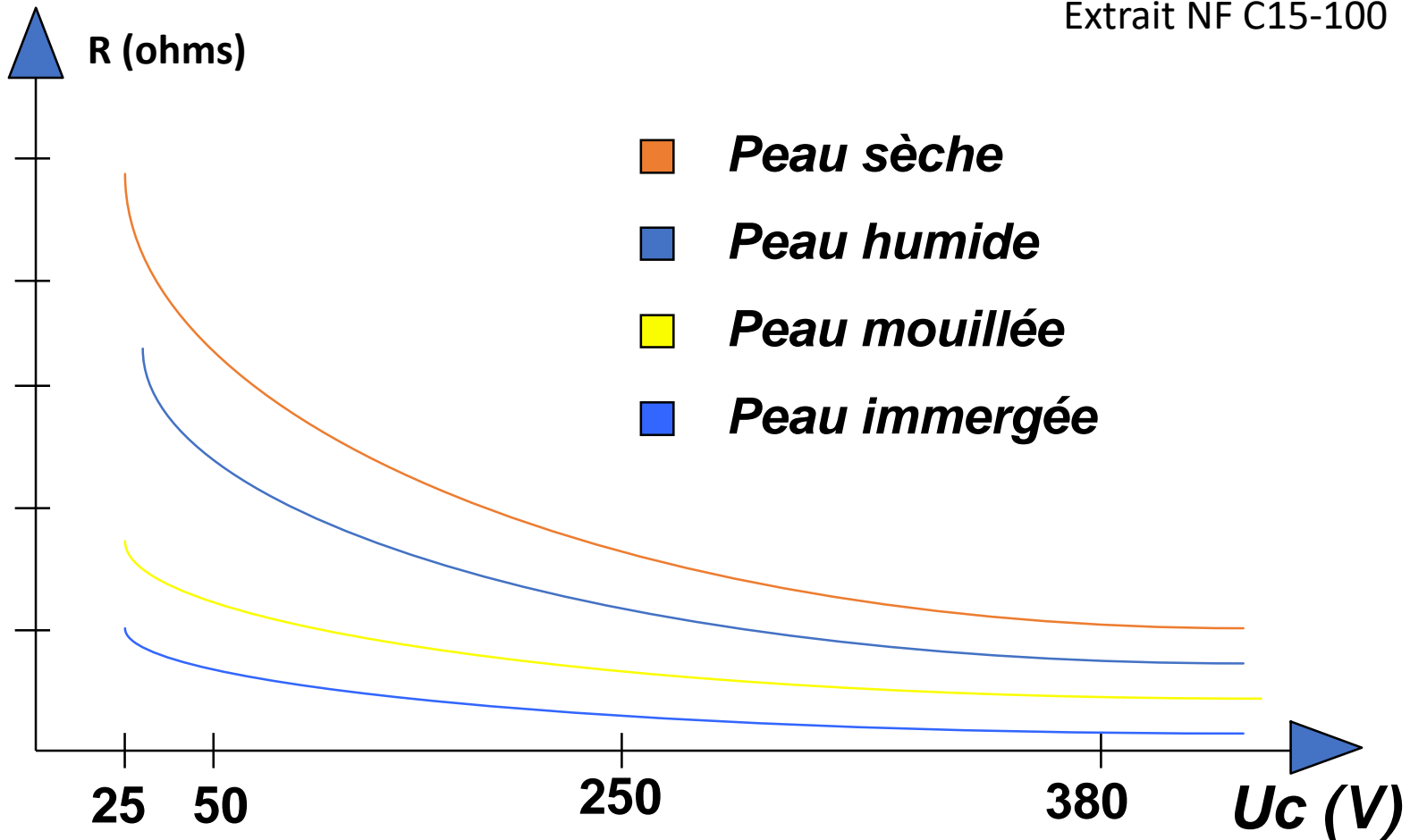
- **Résistance de contact :**

- État de la peau.
- Surface de contact.
- Pression.
- Durée.
- Tension.
- Protection.
- Age, ethnité.
- Humidité.



Résistance du corps humain

Extrait NF C15-100



Variation de la résistance du corps humain en fonction de la tension de contact et de l'état de la peau

La résistance corporelle

- Dans l'organisme, les différents types de tissus n'ont pas la même résistance.
- Par ordre décroissant, viennent successivement l'os, la graisse, les tendons, la peau, les muscles, le sang et les nerfs.
- Ce classement explique que le trajet préférentiel du courant à l'intérieur de l'organisme suit les axes vasculo- nerveux.
- Un rapport de 1 à 40 existe entre les tissus les plus résistants et les organes vitaux tels que cerveau, poumon, cœur, foie et rein.

La zone de contact et la trajectoire du courant

- La résistance du sujet diminue avec l'augmentation de la surface de contact ainsi que la pression du dit contact.
- La nature des vêtements ou de l'objet intermédiaire entre le corps et le conducteur ou entre le corps et la terre peut jouer un rôle aggravant ou au contraire offrir une certaine protection selon leur propre résistance au courant, occasion de rappeler l'importance des protections.



Les facteurs de gravité et leurs effets

Cinq facteurs influencent les dommages corporels liés à une électrisation :

Les caractéristiques du courant

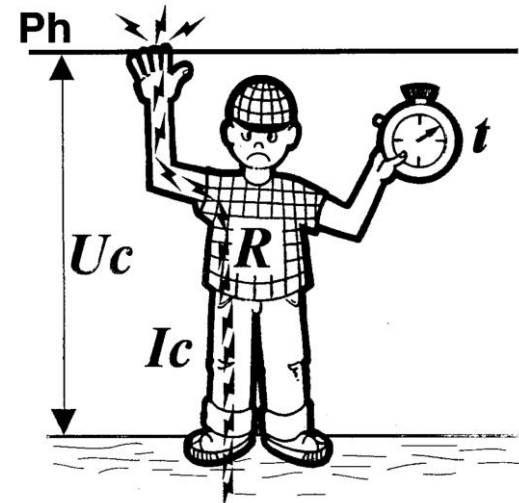
Le trajet du courant

L'intensité du courant

La tension du courant

La résistance corporelle

La durée de passage de l'électricité dans le corps



I_c : intensité du courant.

U_c : tension de contact.

R : résistance du corps.

t : durée de passage du courant.

Le trajet du courant.

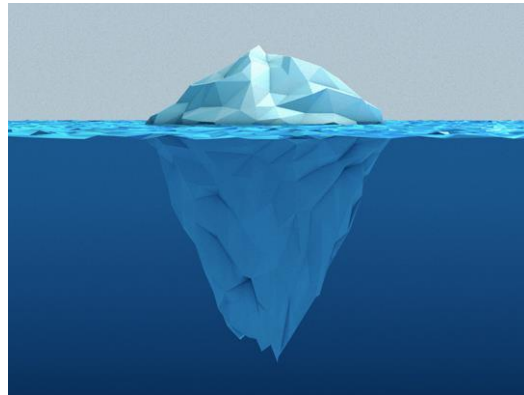
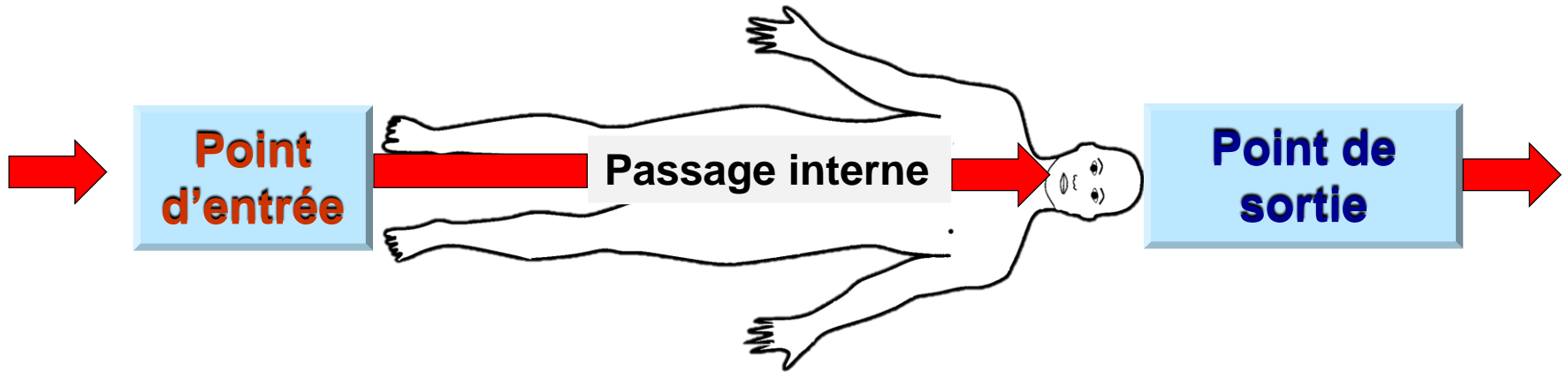
La durée du passage de l'électricité dans le corps

- La résistance du sujet diminue avec la durée du contact, même pour les faibles intensités, la résistance de la couche cornée de la peau baisse et le risque de brûlure augmente.
- La durée de passage du courant dans l'organisme est donc déterminante sur la gravité d'une électrisation.



Effets du passage du courant alternatif		
Intensité	Perception des effets	Temps
0.5 à 1 mA	Seuil de perception suivant l'état de la peau	
8 mA	Choc au toucher, réactions brutales	
10mA	Contraction des muscles des membres	4mn 30S
20mA	Début de téτανisation de la cage thoracique	1mn
30mA	Paralysie ventilatoire	30s
40mA	Fibrillation ventriculaire	3s
75mA	Fibrillation cardiaque	1s
300mA	Arrêt cardiaque	110ms (0.11s)
500mA	Arrêt cardiaque	100ms (0.1s)
1A	Arrêt cardiaque	25ms (0.025s)
2A	Centre nerveux atteints	instantané

Le courant électrique est un fluide énergétique invisible, inodore et incolore !



Epidémiologie

- **Electrisation:** ensemble des manifestations physiopathologiques liées au passage du courant électrique à travers l'organisme:
 - 6000 à 8000 cas par an en France.
 - Accidents domestiques et loisirs 60%.
 - Accidents de travail 30%.
 - Fulguration 10%.
 - Morbidité: 25 à 71% d'amputations.
- **Electrocution:** décès par électrisation.
 - Environ 200 cas par an en France.
 - 4% des électrisations et 18% des fulgurations.
 - 70% de basse tension.
 - Majorité d'hommes (87%) et 5 à 10% d'accidents du travail.

L'électrotraumatisme

- C'est l'ensemble des lésions liées à un accident électrique qui associe:
 - **L'effet excito-moteur** (c'est l'intensité qui tue).
 - **L'effet joule** qui brûle.
 - **L'électroporation**, l'exposition des cellules aux impulsions électriques détruit de manière permanente la membrane cellulaire.

Ne pas oublier que selon les circonstances, tout électrisé est polyagressé et traumatisé :

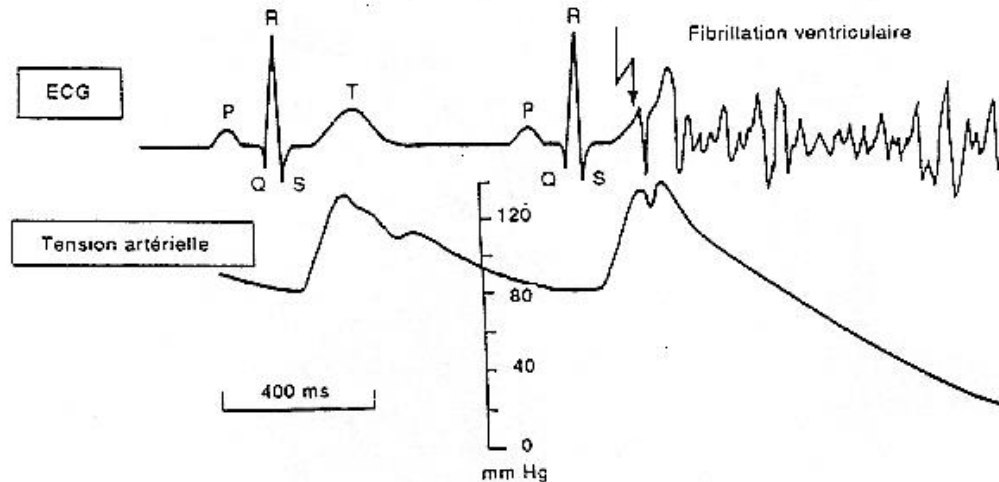
- *fracture(s), blaste, intoxiqué...*
- *rhabdomyolyse, insuffisance rénale, hyperkaliémie...*
- *etc...*

Arrêt cardiaque

Basse tension
↓
Effet excito-moteur
↓
Fibrillation
ventriculaire

Haute tension
↓
Effet joule
↓
Asystolie

Foudre
↓
Sidération myocardique



- Sidération des centres respiratoires
- Tétanisation des muscles respiratoires
- Traumatique: obstructif, compressif (PNO), etc...

Les brûlures



- Centre des brûlés : 3 à 6% pour les pays occidentaux, 7 à 17% pour les pays en voie de développement.

La surface cutanée brûlée ne permet pas de préjuger de la gravité des lésions tissulaires internes de l'électrotraumatisme !

- Basse tension :
 - Sévérité dépend de l'intensité, la surface de contact, la durée d'exposition.
- Haute tension :
 - Association haute température avec arc électrique (rupture barrière cutanée <1ms).

Conséquences cardiaques

Les lésions cardiaques sont quasi systématique si le thorax est situé entre point d'entrée et point de sortie, rarement isolées et pas forcément immédiates.

- Symptomatologie d'allure angineuse
- Anomalies ECG (5 à 40%) :
 - Tachycardie ou bradycardie sinusale.
 - ESV, TSV.
 - Fibrillation atriale (séquelle).
 - Troubles de la conduction : bloc de branche, allongement QT.
- Effet Joule :
 - nécrose myocardique, focales ou diffuses.
 - CIVD, ischémie, thrombose (occlusion coronaire rare).

Lésions vasculaires

- Atteinte artérielle et/ou veineuse.
- Vaisseaux de gros calibre généralement peu atteints.
- Nécrose média : risque d'anévrisme.
- Vaisseaux petit calibre : CIVD et ischémie (vasospasme, thrombose).
- Syndromes compartimentaux.



Lésions respiratoires

- Arrêt respiratoire : tétanisation des muscles et / ou atteinte centrale.
- Traumatologie : fractures de côtes, pneumothorax...
- Brûlures parenchymateuses, infarctus.



Lésions neurologiques (1)

- Perte de connaissance (20 à 60%), coma, crise convulsive.
- Paires crâniennes : amaurose, surdité transitoires.
- Lésion du centre respiratoire / dysautonomie.
- Lésions cérébrales indirectes par anoxie ou traumatisme.

- Mo lle: lésion directe C4 - C8 : trajet main / main.
- Paralysies, parésies, troubles sensitifs régressives dans 2/3 des cas:
- Nerf médian > ulnaire > radial > fibulaire.

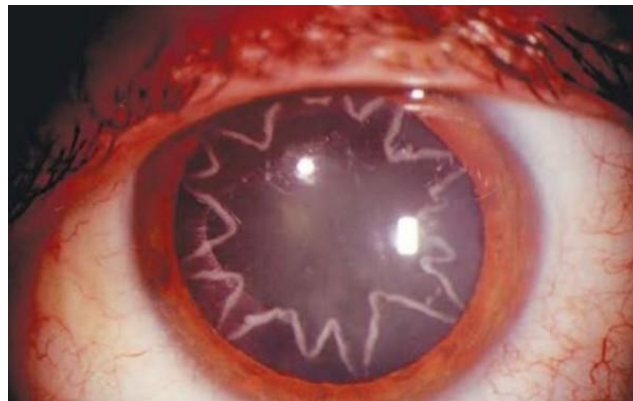
- Fractures / luxations vertébrales traumatique.
- Atteintes nerveuses périphériques plexiques : séquelles.
- Algodystrophie.

Lésions neurologiques (2)

- Syndrome de stress post-traumatique (évaluation ?).
- Manifestations neurologiques retardées : atrophie optique, cérébelleuses, myélite, ...
- Sur long terme : perte de mémoire, changement de comportement (gliose, demyélinisation, hémorragie périvasculaire).

Atteintes ophtalmologiques

- Point d'entrée possible.
- Pupille fixe sur dysautonomie transitoire.
- Kératoconjonctivite.
- Cataracte (bilatérale) : semaines ou années après accident.



Atteintes cochléovestibulaires

- Perforation tympanique, hémorragie cochléaire.
- Mastoïdite, thrombose de sinus, méningite, abcès cérébral.
- Perte d'audition précoce ou secondaire.

Autres lésions

Lésions digestives

- Perforation digestive : estomac (+++), vésicule.
- Nécrose pancréatique, hépatique, VB, colon / grêle.

Lésions rénales

- 3 et 15% des AE.
- Brûlure / nécrose, vasculaire, rhabdomyolyse...

Lésions musculaires

- Dysfonction électrique des membranes cellulaires = lésion électrique vraie.
- Œdème (syndrome des loges), nécrose, dévascularisation.
- Évolution : nécrose (1 semaine), prolifération fibroblastique, fibrose.

Lésions osseuses

- Grande résistance : ostéonécroses par lésions thermique.
- Fractures : contractions musculaires ou traumatismes.

Particularités chez la femme enceinte

- Liquide amniotique = excellent conducteur.
- Traumatisme abdominal même bénin

- *1er trimestre > 80 % avortements*
- *3ème trimestre 50 % enfants mort-nés (en 24 /48h)*
- *Traumatisme abdominal même bénin!*
- *Mort foetale tardive*

Échographie, monitoring, suivi (+++)

Conduite à tenir

1^{er} niveau

- Arrêt cardiaque
- Personne inconsciente
- Détresse respiratoire
- Brûlures étendues
- Traumatisé grave

oui

Premiers secours et SMUR

2^{ème} niveau

- ATCD cardiaque(s)
- Grossesse en cours

oui

Monitoring cardiaque 24 heures

3^{ème} niveau

Non

- Haute tension
- Arc électrique
- Sensation de passage du courant
- Absence de témoin
- Milieu humide
- Accroché à la source ou projeté
- Traces de brûlures
- Perte de connaissance

oui

Premiers secours et SMUR

ECG/bilan dans l'heure

Evaluation et prise en charge spécifique

Prise en charge pluridisciplinaire

Non

- Accident électrique bénin

Ambulatoire

UHCD
Réanimation/USI
Brûlés

Conclusion

Prendre en charge un patient électrisé nécessite:

- D'analyser les circonstances et les modalités d'exposition.
- De ne jamais sous estimer la possibilité de lésions internes.
- De ne pas oublier que tout électrisé est polyagressé et traumatisé.
- Certaines lésions peuvent apparaître tardivement.

Merci de votre attention

