

Electrifications

*Dr Arnaud DELAHAYE
Service de Réanimation
Hôpital Jacques Puel
12000 RODEZ*



Electrisation :

Ensemble des manifestations physiopathologiques liées au passage du courant électrique à travers l'organisme

Electrocution :

Décès par électrisation

Électrisation

6000 à 8000 cas par an en France

Accidents domestiques et loisirs 60%
Accidents de travail 30%
Fulguration 10%

Deux pics d'âge : enfants (< 6 ans) et jeunes adultes

Morbidité : 25 à 71% d'amputations



Électrocution

5 électrocutions / million d'habitants / an

Environ 200 cas par an en France

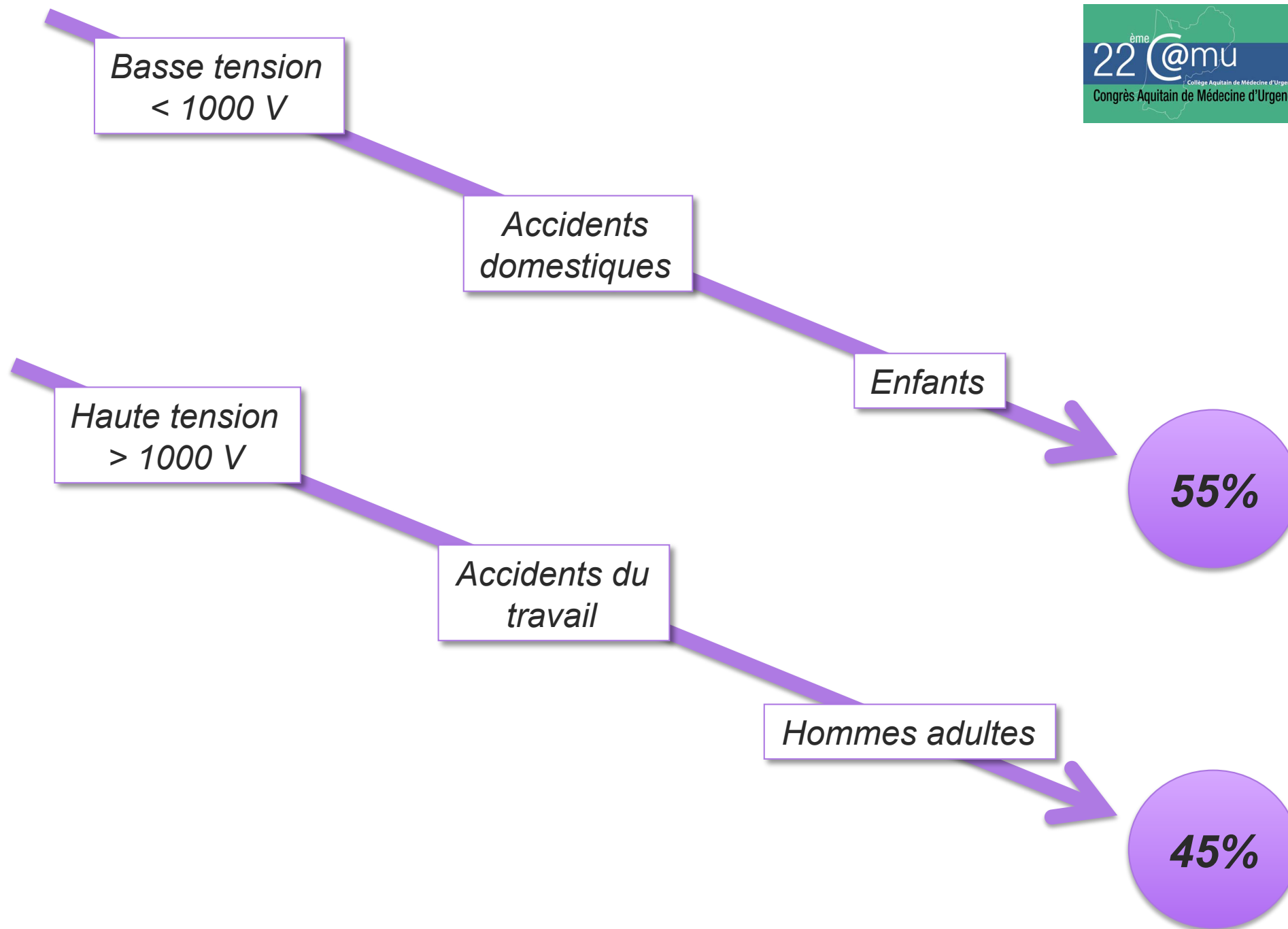
4% des électrisations

18% des fulgurations

70% basse tension

Majorité d'hommes (87%)

5 à 10% d'accidents du travail



Les hauts et les bas de la tension...

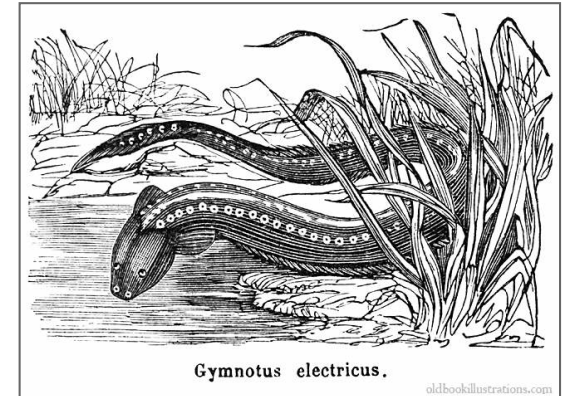
Naturelle :

- Poisson famille Gymnotidea : Gymnotes et Electrophorus
- Foudre (10 à 100 000 000 V)

Domestique : basse tension (< 1000 V)

Industrielle : haute tension (> 1000 V)

Transport : très haute tension (> 1 GVolt)

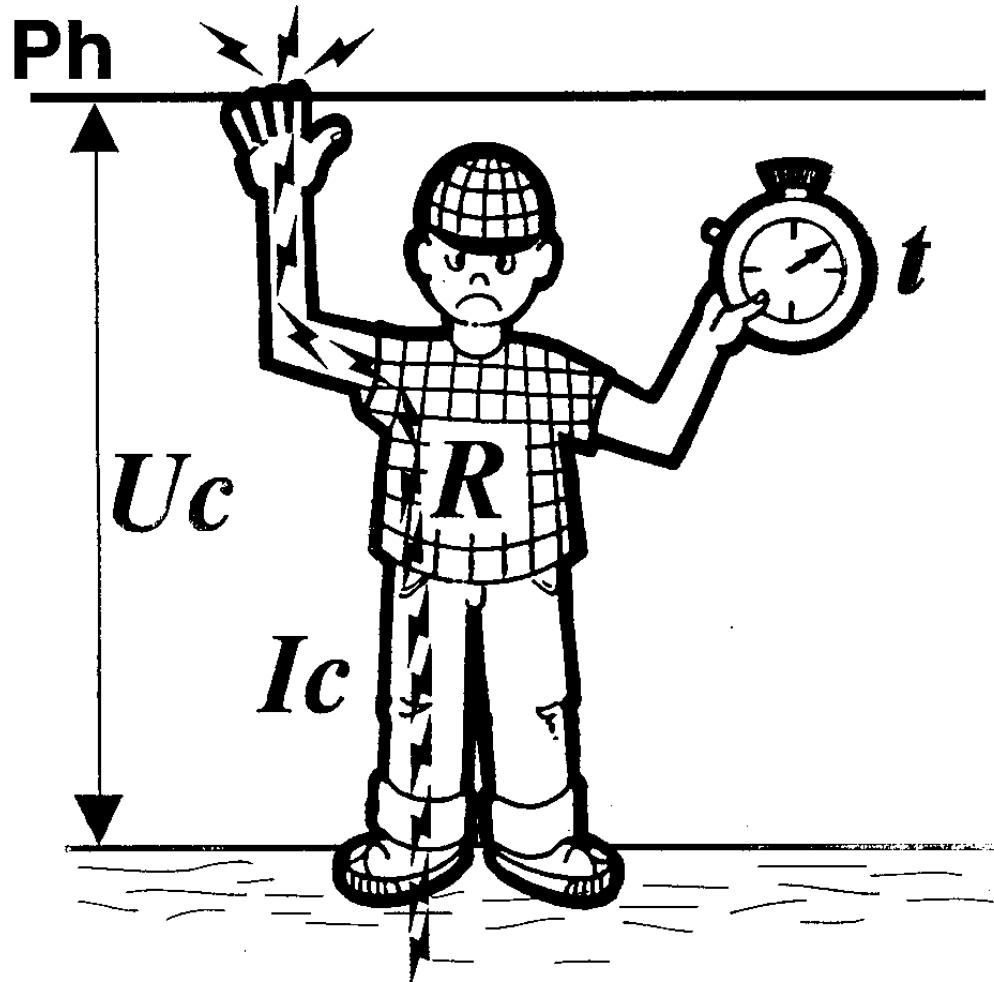


- 50 V : Lignes téléphoniques murales
- 220 V : Distribution domestique
- 380 V : Distribution industrielle
- 750 V : Métropolitain
- 1500 V : Caténaire ferroviaire
- 5 000 à 20 000 V : Réseau de distribution
- 25 000 V : Caténaire ferroviaire
- 45 000 à 90 000 V : Transport de moyenne distance
- 250 000 à 400 000 V : Transport de longue distance

La « fée électricité » et les accidents électriques



Physiopathologie



Ic : intensité du courant

Uc : tension de contact

R : résistance du corps

t : durée de passage du courant

Le trajet du courant

Caractéristiques physiques

La loi d'Ohm est une loi physique permettant de relier l'intensité du courant électrique traversant un dipôle à la tension à ses bornes

$$U = R \times I$$

U : tension aux bornes du conducteur (Volts, V)

R : résistance du conducteur (Ohms, Ω)

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

$$I = U / R$$

Effets fonction de l'intensité :

Si I faible : effets électriques

Si I importante : brûlures

L'intensité tue !

Perception :

~ 1 mA

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

> 3 mA

- *Sens*

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*

Seuil "cardiaque" :

~80 mA

- *Fibrillation ventriculaire*
- *Mène à l'électrocution à moins d'une défibrillation*

Les volts brûlent !



Brulure 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)

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*

Particularité du courant alternatif*

*Les seuils d'apparition des lésions sont 3 à 4 fois inférieurs
que pour le courant continu*

*Plus dangereux car augmentation de la durée de contact
par phénomène de « can not let go ! »*

**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

Intensité	Perception des effets	Temps limite
0,5 à 1 mA	seuil de perception suivant l'état de la peau	
8 mA	choc au toucher, réactions brutales	
10 mA	contraction des muscles des membres	
20 mA	début de tétanisation de la cage thoracique	60 s
30 mA	paralysie ventilatoire	30 s
40 mA	fibrillation ventriculaire	3 s
75 mA	fibrillation ventriculaire	1 s
300 mA	paralysie ventilatoire	110 ms
500 mA	fibrillation ventriculaire	100 ms
1 000 mA	arrêt cardiaque	25 ms
2 000 mA	centre nerveux atteints	instantané

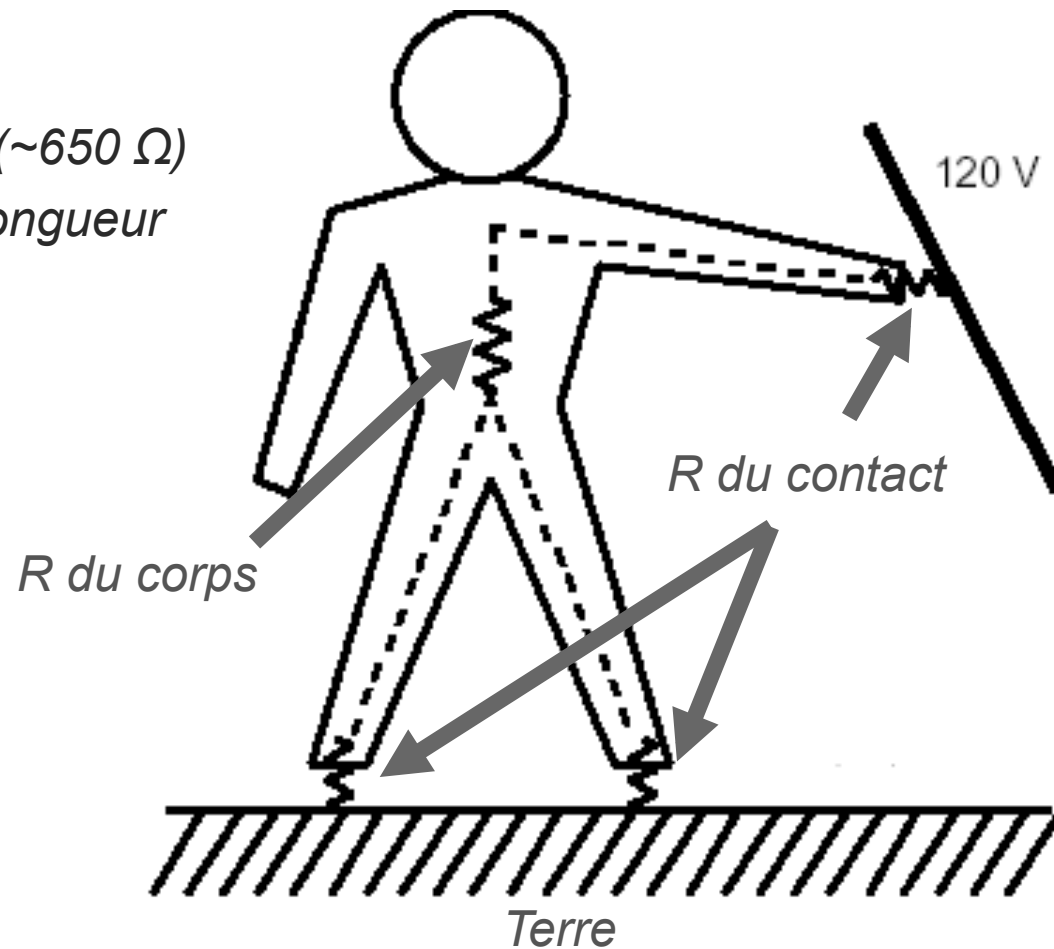
Les résistances

Résistance du corps :

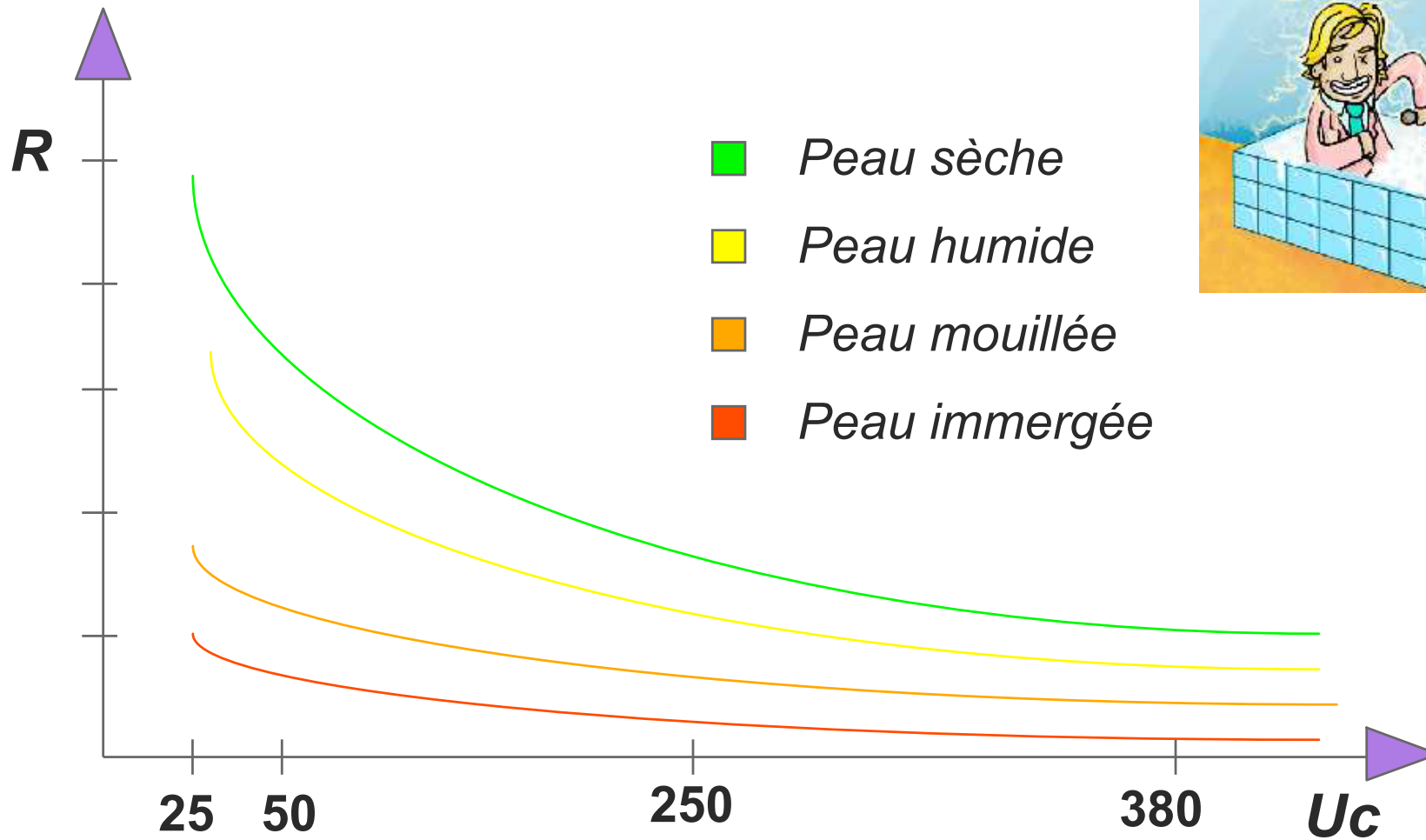
- Entre 300 et 1000 Ω (~650 Ω)
- Selon le trajet et sa longueur

Résistance de contact :

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



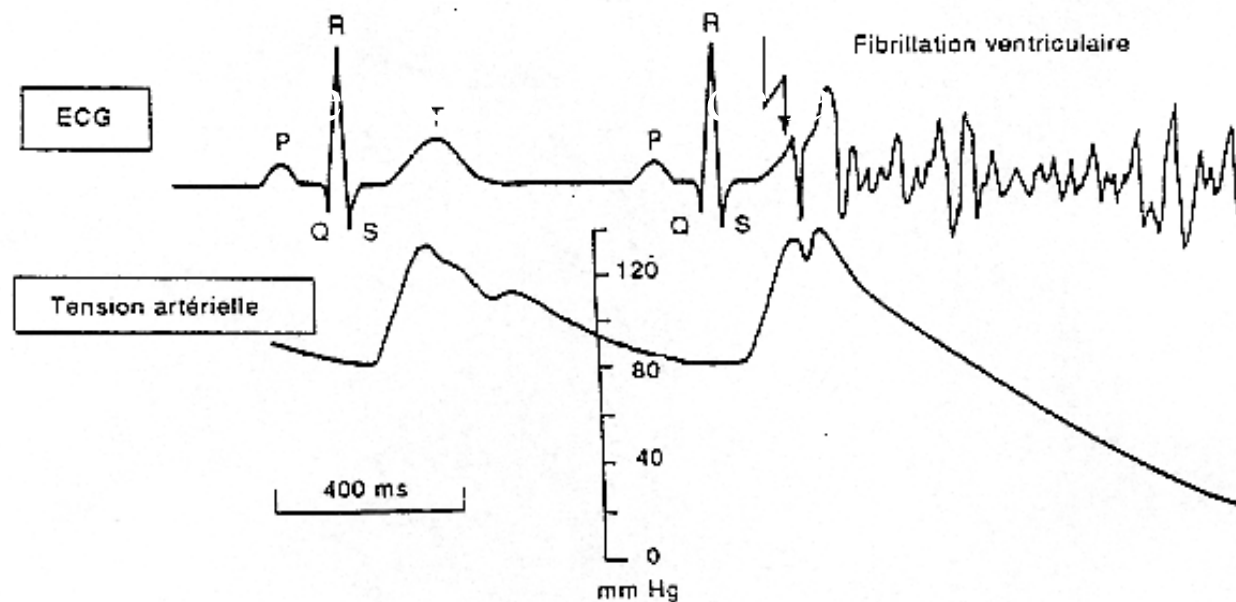
Variation de la résistance du corps humain en fonction de la tension de contact et de l'état de la peau



$$U = R \times I$$

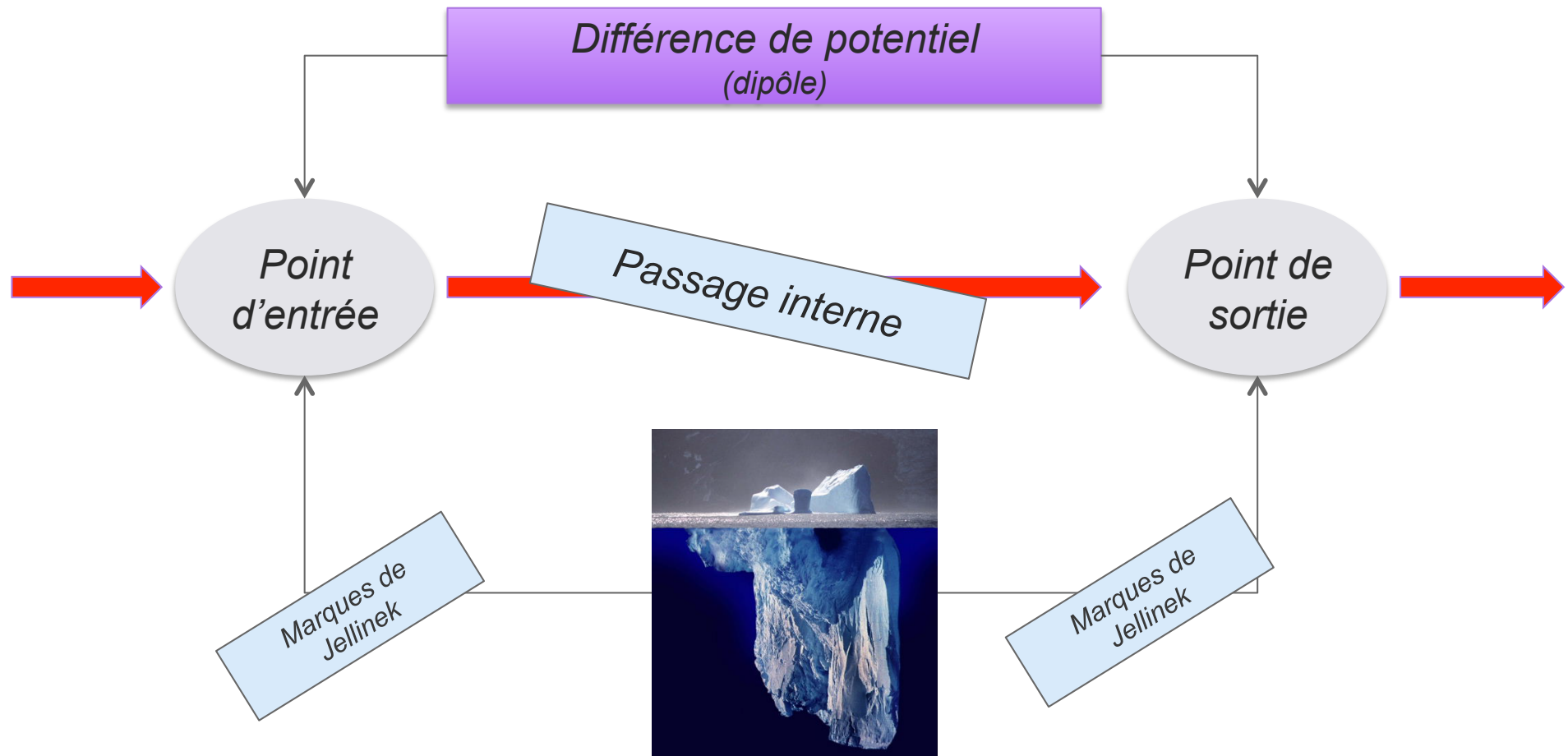
Les organes ne sont pas « égaux » :

Le cerveau, les poumons, le cœur, le foie, les reins sont 40 fois moins résistants que la peau



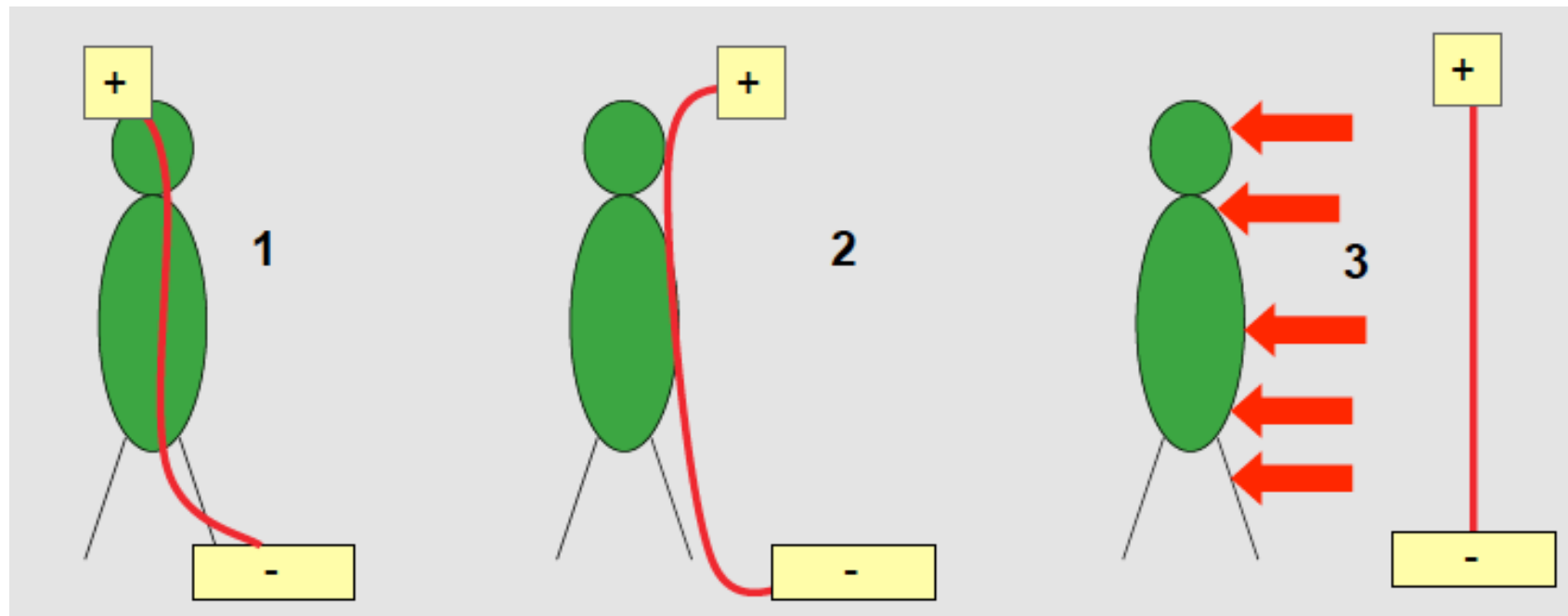
Nerfs < sang et Vx < muscles < peau < tendons < graisse < os

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



Les accidents électriques

- 1/ accident électrique « vrai »
- 2/ arc électrique
- 3/ flash électrique



Trajet du courant :
(préférentiellement les axes vasculo-nerveux)

Entrée

Sortie

LONG

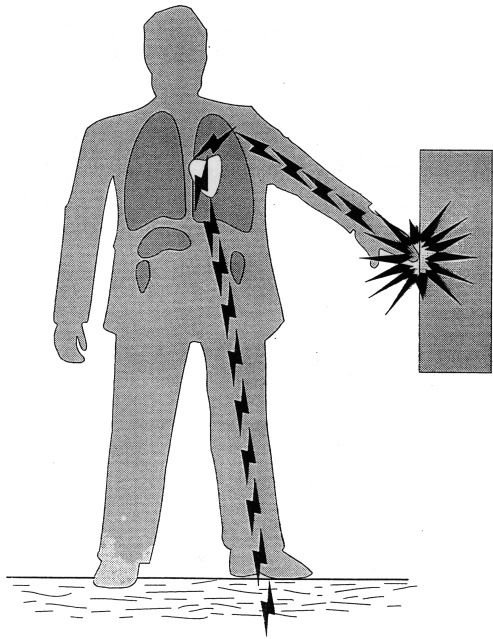
- *Trans-thoracique (+++)*
- *Risque d'arrêt cardio-circulatoire et brûlures électrothermiques profondes*

COURT

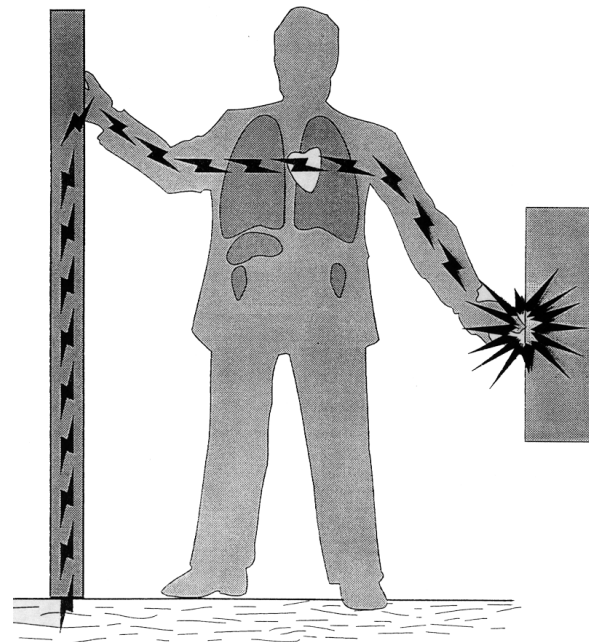
- *Brûlures profondes et invalidantes*

- **VERTICAUX plus dangereux qu'horizontaux**

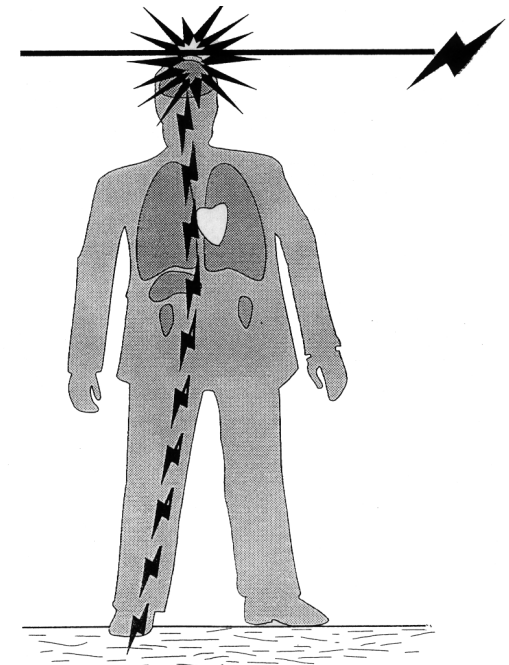
Trajet main / pied, en passant par le cœur, le foie, les reins...



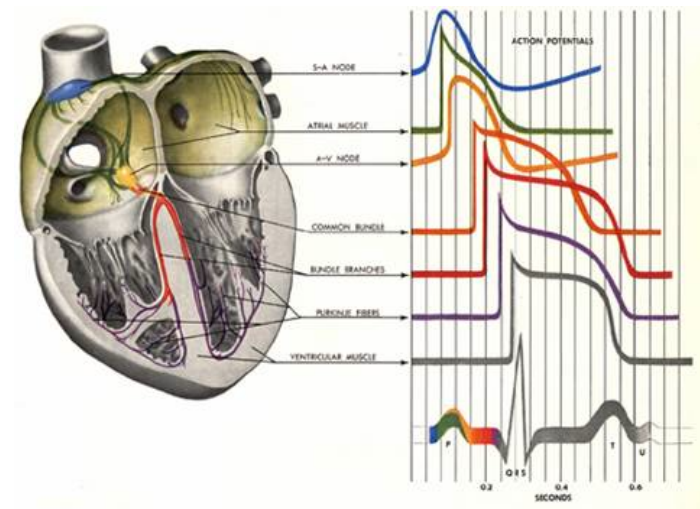
Trajet main / main passant par les poumons, le cœur...



Trajet tête / pied, passant par le cerveau, le cœur, le foie, les reins...



Électrotraumatisme



L'électrotraumatisme :

C'est l'ensemble des lésions liées à un accident électrique

Effet excito-moteur : stimulation / inhibition (nerveuses et musculaires)

Brûlures électriques par effet Joule

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...*

Les brûlures

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

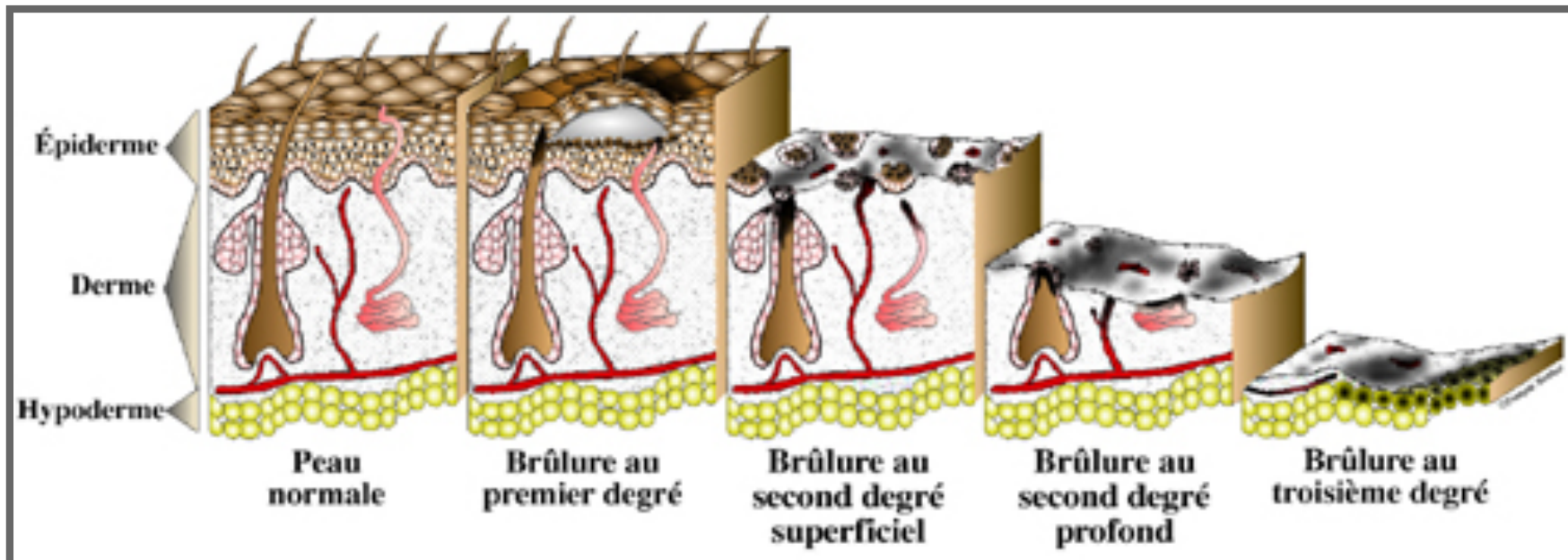
La surface cutanée brûlée ne permet pas de préjuger de la gravité des lésions tissulaires internes de l'électrotraumatisme !

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)





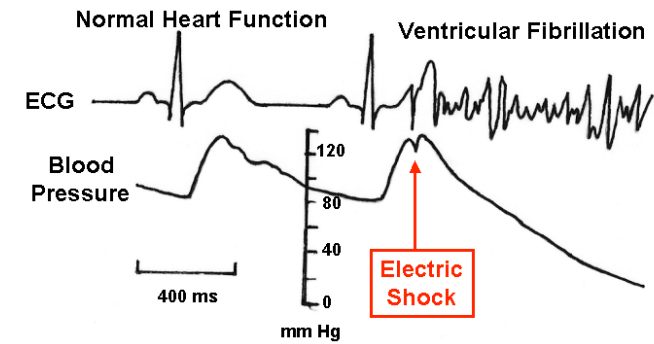


- *Attention à la brûlure mineure de la commissure labiale*
- *Enfant = morsures de prise électrique*
- *8 à 23% des AE de l'enfant*
- *A évaluer dans les 24h par chirurgien plastique*
- *Risque de cicatrice avec atteinte fonctionnelle*
- *Chute escarre (J 15^{ème}) : risque hémorragique*



Par arc ou flash électrique :

- *Les plus fréquentes*
- *Lésions thermiques pures, étendues*
- *2^{ème} degré profond ou 3^{ème}*
- *Atteinte oculaire +++*
- *Aggravées par la fonte de vêtements synthétiques*



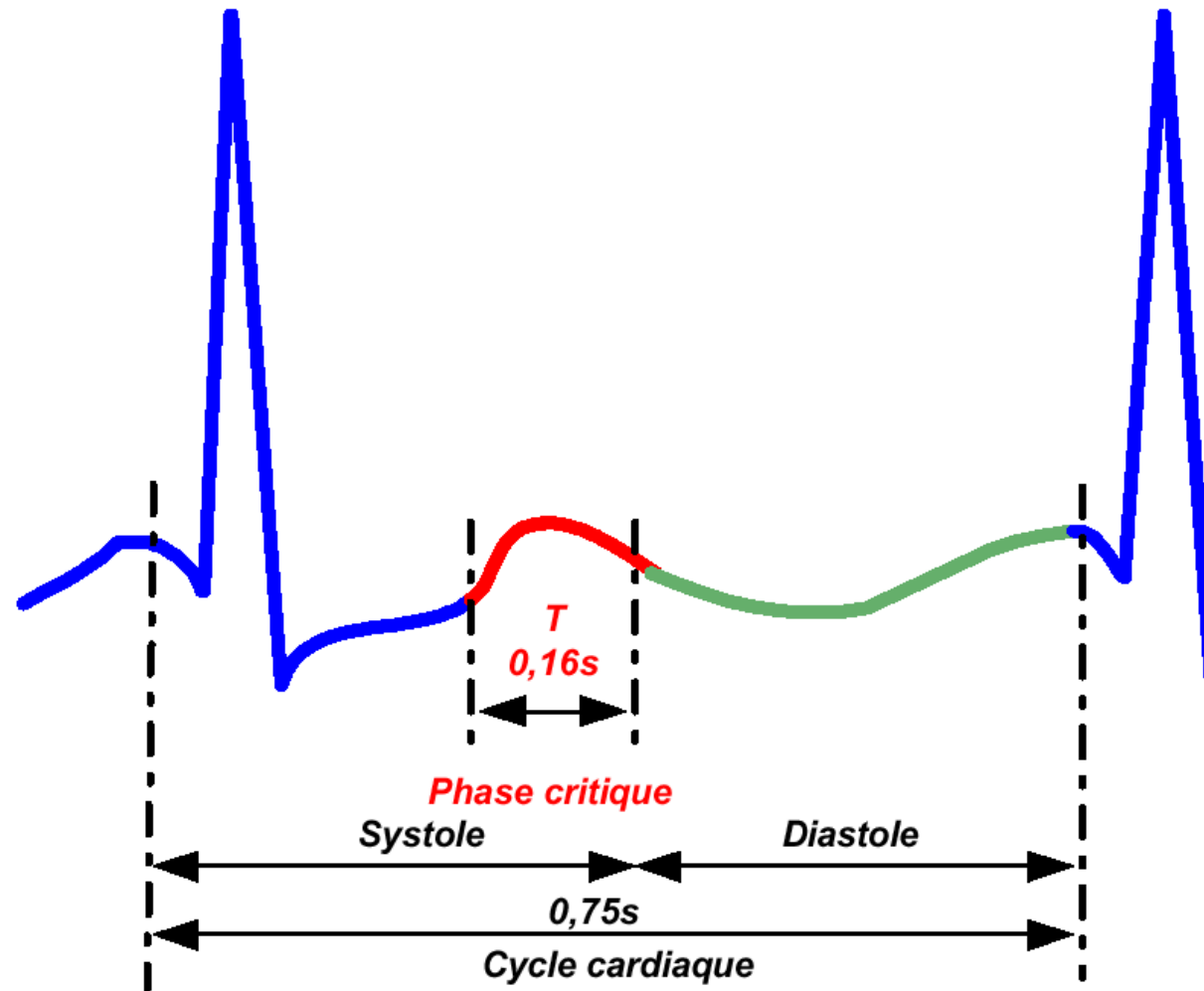
- *Basse tension = effet excito-moteur = fibrillation ventriculaire*
- *Haute tension = effet Joule = asystolie*
- *Foudre = sidération myocardique*

Arrêt cardiaque

*Métabolique =
Hyperkaliémie « retardée »*

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

Fibrillation cardiaque :



*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*

Effet Joule :

- *nécrose myocardique, focales ou diffuses*
- *CIVD, ischémie, thrombose (occlusion coronaire rare)*

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*

- *Anomalies de la repolarisation, réversibles non spécifiques*
- *SCA rare, localisation inférieure fréquente*

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*

2 à 6% de lésions artérielles retardées (plusieurs semaines)

Lésions respiratoires

- *Arrêt respiratoire : tétanisation des muscles et / ou atteinte centrale*
- *Traumatologie : fractures de côtes, pneumothorax...*
- *Brûlures parenchymateuses, infarctissement*
- *Inhalation de produits de combustion*

Lésions neurologiques



Perte de connaissance (20 à 60%), coma, crise convulsive

Paires crâniennes : amaurose, surdité transitoires

Lésion du centre respiratoire / dysautonomie

Lésions indirectes par anoxie ou traumatisme

Lésion directe C4 - C8 : trajet main / main

Paralysies, parésies, troubles sensitifs régressives dans 2/3 des cas

Nerf médian > cubital > radial > péronier

Fractures / luxations vertébrales traumatique

Contractions musculaires

Atteintes nerveuses périphériques plexiques : séquelles

Algodystrophie

Lésions neurologiques



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

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 thermiques*
- *Fractures : contractions musculaires ou traumatismes*



Burns 30 (2004) 680–683

BURNS

www.elsevier.com/locate/burns

Correlation between serum creatinine kinase levels and extent of muscle damage in electrical burns

Jürgen Kopp, Bernd Loos, Gerald Spilker, Raymund E. Horch*

^a *Department of Plastic and Hand Surgery, University Medical Center, Friedrich-Alexander-University Erlangen-Nürnberg, Krankenhausstrasse 12, Erlangen D-91054, Germany*

^b *Plastic, Reconstructive and Hand Surgery, and Burn Center, City of Cologne Hospital, Ostmerheimer Str. 200, Köln-Merheim 51009, Germany*

Corrélation taux de CK et atteinte musculaire
Corrélation taux de CK et amputations secondaires
Aide décisionnelle pour la stratégie chirurgicale

Particularités chez la femme enceinte

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

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

Échographie, monitoring, suivi (+++)

Sur le terrain



« Porter secours sans mettre sa vie en danger »

Intervention : milieu domestique

Couper ou faire couper le courant :

- *Disjoncteur*
- *Fil*
- *Dégager la victime en toute sécurité*



- *Évaluer l'électrisation : tension du courant, résistance, temps de contact...*
- *Éstimer : l'électrotraumatisme*

Si la victime est en contact avec la source électrique

***Couper la source ou dégager la victime
avec un objet isolant***

Intervention : structure en contact avec un fil sous tension

- *Ne rien tenter avant la mise hors-tension*
- *S'assurer de prévenir la compagnie d'électricité*
- *Périmètre de sécurité d'au moins 10 mètres autour de l'incident*
- *Rassurer les victimes et leur demandé de ne pas descendre du véhicule*
- *Attention à la possibilité de potentiel de pas*
- *Ne jamais entrer dans une centrale de distribution sans être accompagné*

Lignes de transport :

- *Danger de potentiel de pas*
- *Danger de potentiel de touche*
- *Danger d'induction*
- *Danger de chute de pylône*



Conduite à tenir

Régulation

Arrêt cardiaque

Prise en charge non spécifique mais « agressive » et prolongée !

- *Sujet jeune, fibrillation ventriculaire (+++), 25% de survie*
- *Dans un second temps penser à l'hyperkalémie*

Premier secours + SMUR d'emblée :

- *Haute tension ou personne accrochée à la source*
- *Arrêt cardiaque*
- *Personne inconsciente*
- *Détresse respiratoires*
- *Projeté, traumatisé, ...*
- *Brûlures étendues*
- *Risque particulier : intox, explosion, incendie, ...*

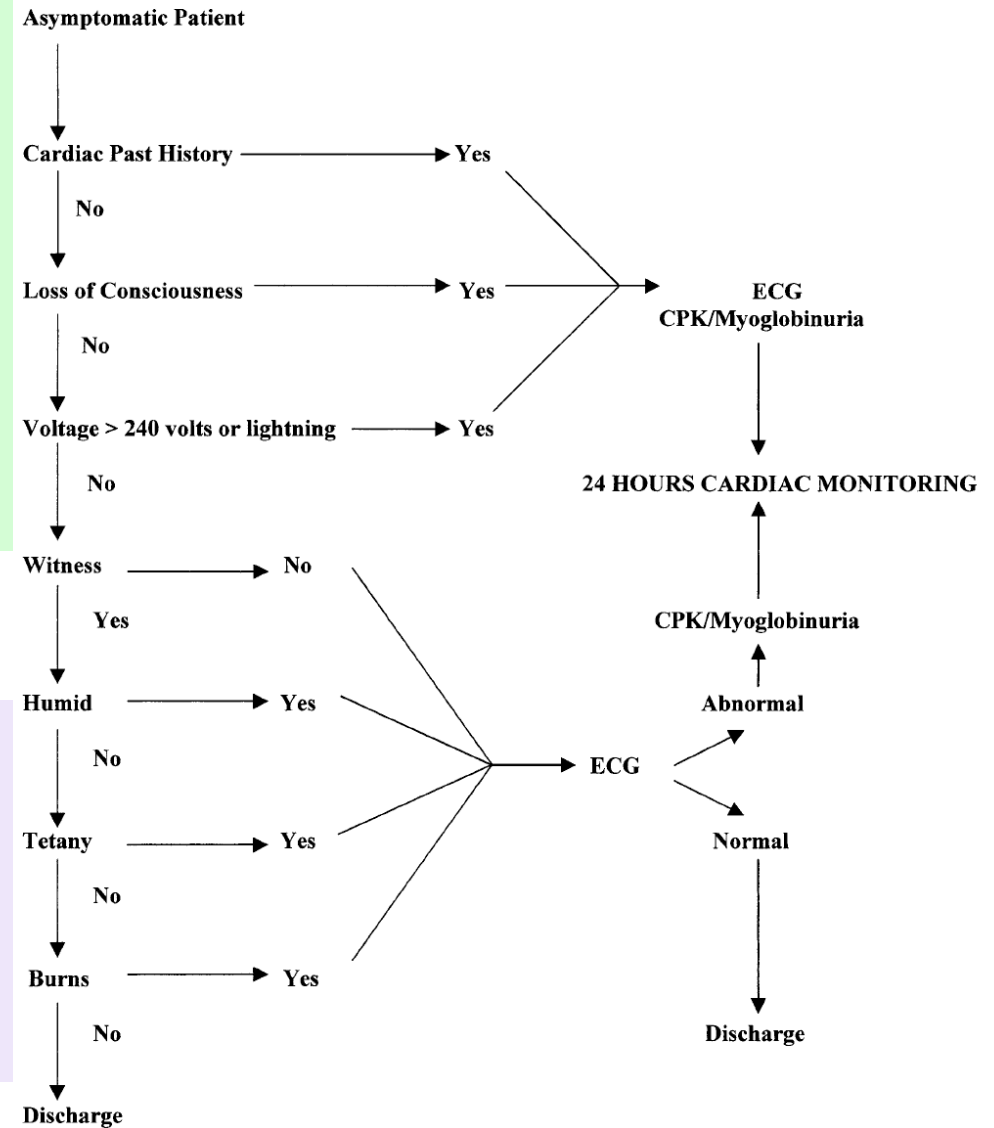
Prise en charge ambulatoire :

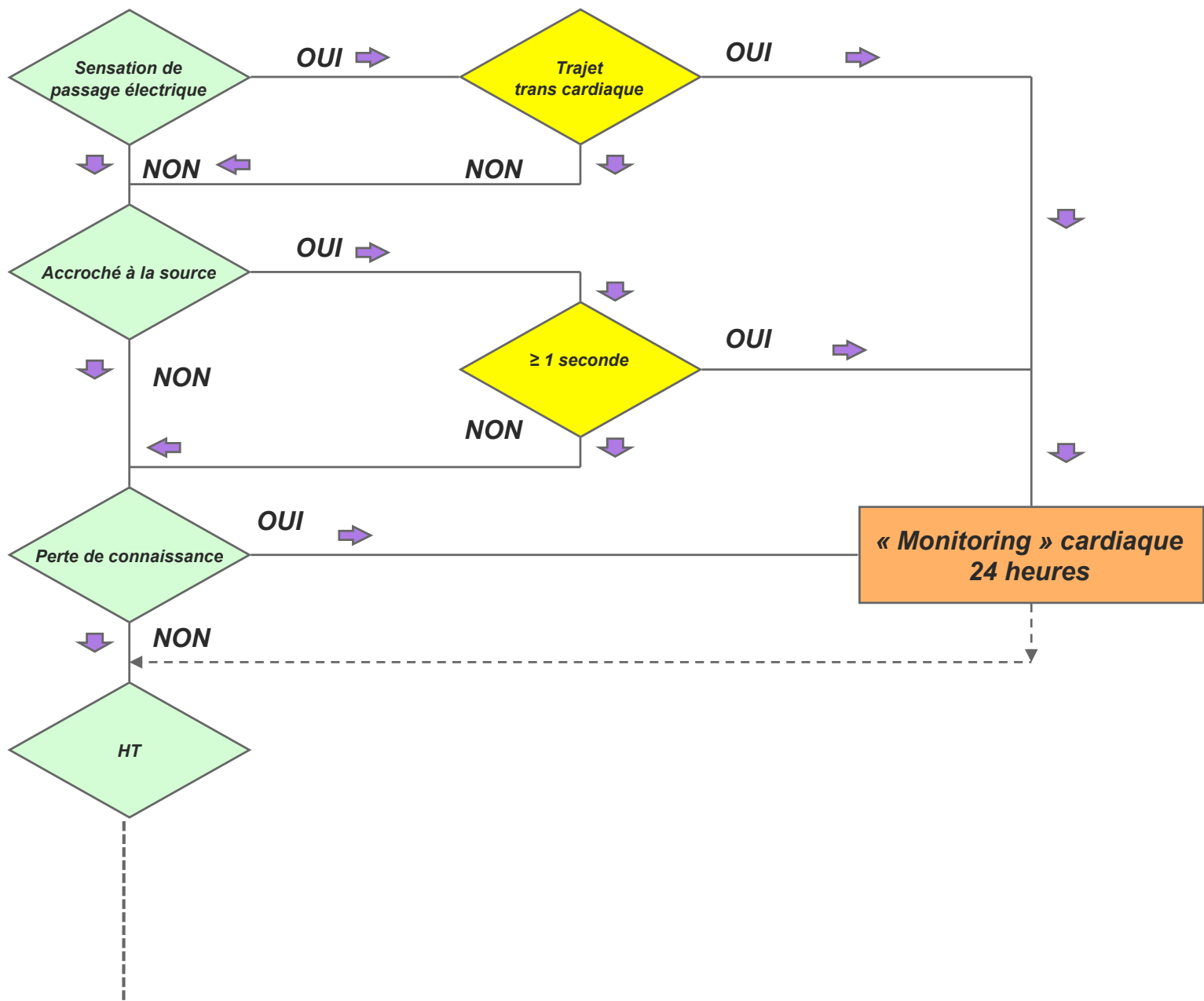
- Basse tension,
- AE devant témoins,
- Milieu sec,
- Pas d'ATCD,
- Pas accroché à la source,
- Pas de PC,
- Pas de brûlure

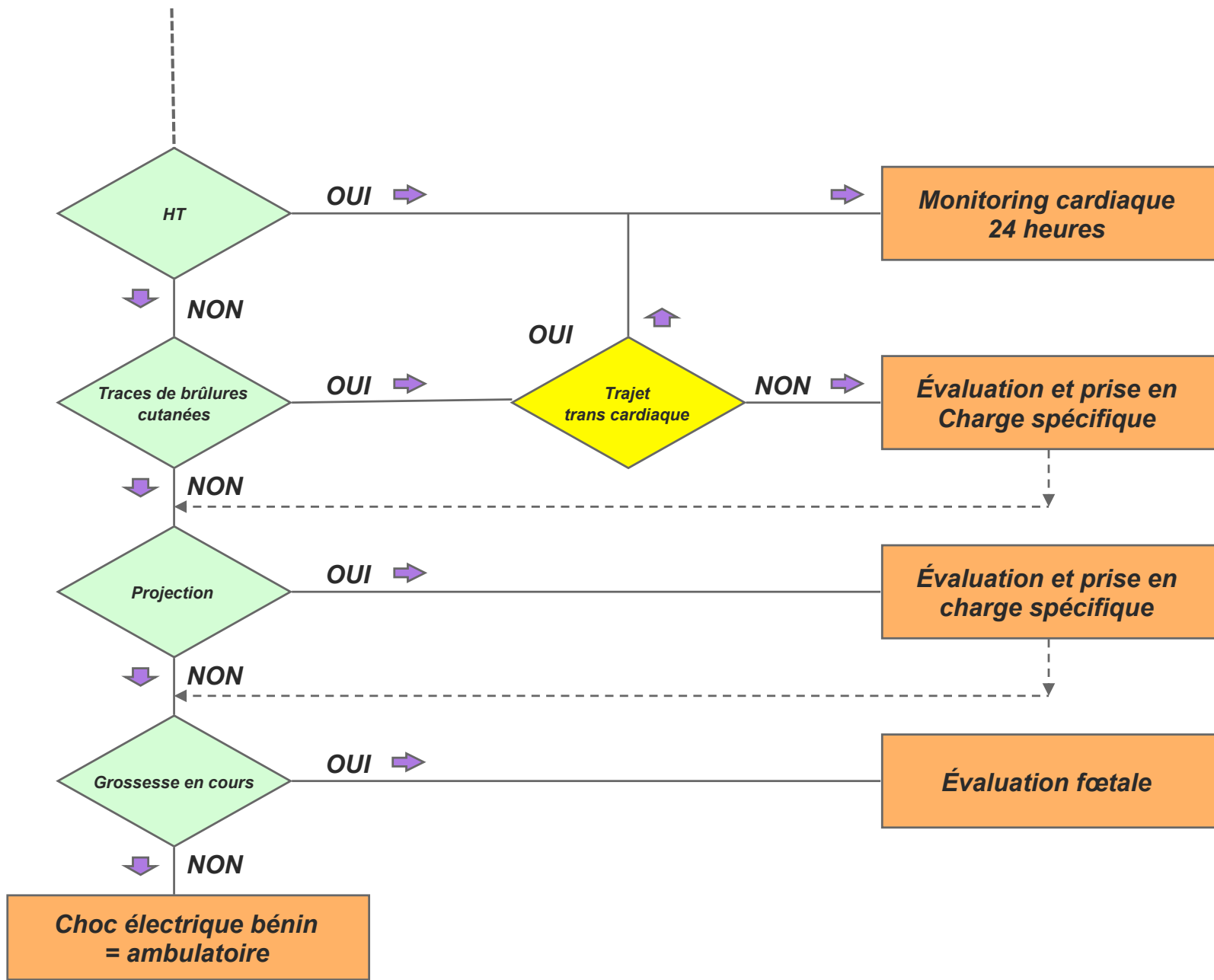
Sinon : transportée vers un SAU

Mais aussi :

- « a senti le courant traverser le corps »
- Femme enceinte







Conduite à tenir

Evaluation et prise en charge des détresses vitales :

- *Non spécifique !*
- *Ventilation → IOT / ISR classique à la phase initiale*
- *Cardio-circulatoire*
- *Respiratoire*
- *Neurologique*
- *etc...*

Orientation hospitalière

- *SAU / UHCD*
- *SAUV*
- *USIC*
- *Réanimation*
- *Service des brûlés*

Des bilans hiérarchisés...

Évaluation des lésions myocardiques / vasculaires :

- *ECG*
- *Monitoring ECG / CPK / troponine : 24 heures*

Évaluation des lésions musculaires et rénales :

- *CPK / kaliémie / urée / créatinine*
- *(Recherche de myoglobinurie)*

Évaluation des lésions neurologiques :

- *TDM : crâne et rachis*

Bilan traumatisé (+++)

Recherche d'une atteinte sensorielle :

- *OPH*
- *ORL (tympanique et labyrinthique)*

Prise en charge spécifique...

Brûlures par flash ou arc :

- *SCB : « règle de la paume de la main » ou la « règle des 9 de Wallace »*
- *Prise en charge classique*

Brûlures (internes) électrothermiques :

- ***Règle de Wallace non applicable***
- ***Formule de Parkland de remplissage sous-estime les besoins***
- ***Majorer d'au moins 50% ou estimée sur la base de 9 à 12 mL/Kg/ %SCB pour les 24 premières heures***

Hydratation salée isotonique

Oxygénation systématique / ventilation

Antalgie (+++)

Antibiothérapie systématique inutile, vaccination antitétanique

Chirurgie d'urgence : aponévrotomies, fasciotomies



Prendre en charge un patient électrisé nécessite :

- *De respecter et faire respecter des règles de sécurité*
- *D'analyser les circonstances et les modalités d'exposition*
- *De respecter les règles prioritaires (non spécifiques) de réanimation*
- *De ne jamais sous estimer la possibilité de lésions internes*
- *De ne pas oublier que tout électrisé est polyagressé et traumatisé*
- *De travailler en équipe pluridisciplinaire*

Merci de votre attention