



## Risque et sécurité électrique en établissements de santé

### Préliminaire

Le service biomédical intervient après la prise de courant tandis que le service technique intervient du réseau jusqu'à la prise.

Lors de l'incident survenu dans la nuit du 25 au 26 septembre 1998 à l'hôpital Edouard-Herriot de Lyon, une panne électrique de deux heures serait à l'origine de la mort d'au moins deux patients.

La norme **NFC 15-211** a pour but d'aider les services biomédicaux et techniques à sécuriser l'exploitation du réseau électrique et de guider les responsables dans le choix des dispositifs lors des restructurations techniques des établissements de santé.

### I. Risque Electrique

- I.1. Contact électrique
  - a. Conséquences physiologiques
  - b. Secours
- I.2. Défaillance de l'alimentation électrique
  - a. Causes
  - b. Conséquences
  - c. Prévention
- I.3. Perturbations de l'alimentation électrique : CEM
  - a. Perturbations rayonnées
  - b. Perturbations conduites
  - c. Causes
  - d. Remèdes

### II. Règles générales

- II.1. Norme NFC 15-100 – Schémas de Liaison à la Terre
  - a. Contact direct / indirect
  - b. Schémas de liaison à la terre (SLT) ou régimes de neutre
- II.2. Habilitation électrique UTE C 18-510

### III. Spécificités du milieu hospitalier

- III.1. Alimentation HT – Continuité de service
- III.2. Schéma IT opératoire – Onduleurs - Norme NFC 15-211
- III.3. Autonomie batterie des DM
- III.4. Risques d'électrification – Normes 60601 et 62353
  - a. Norme 60601-1
  - b. Norme 62353 (récente)

### IV. Gestion des risques – criticité

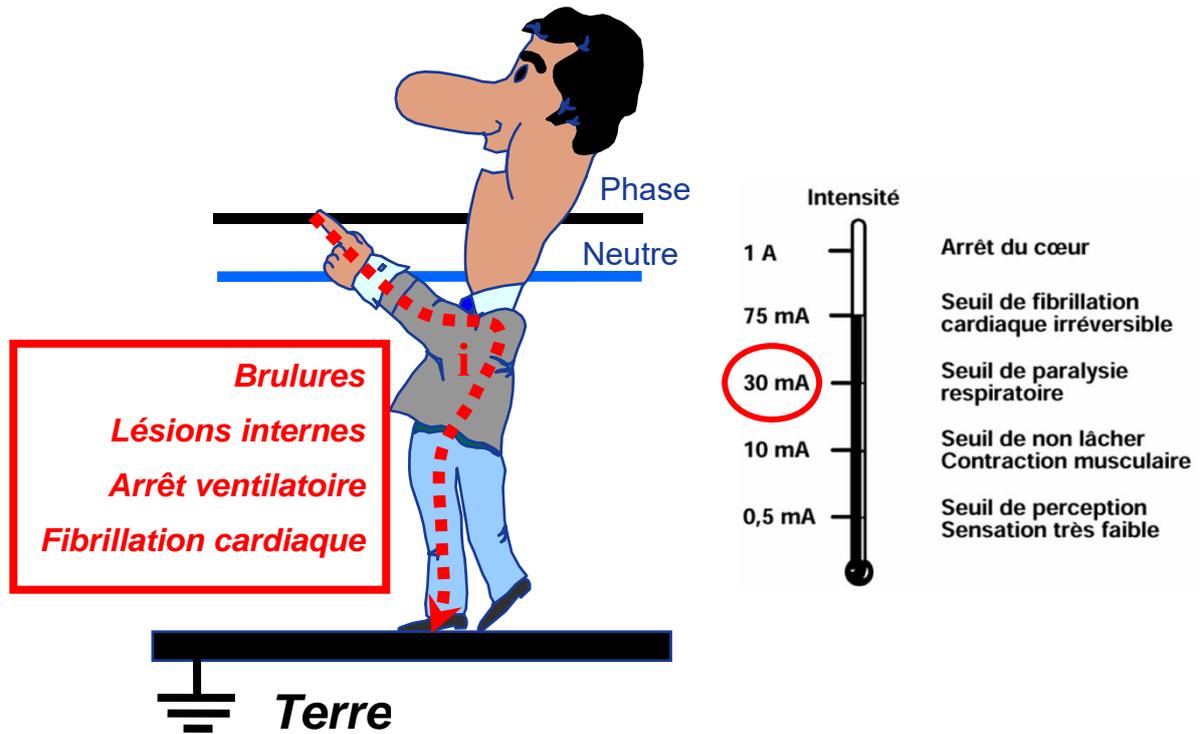
### V. Bibliographie

## I. Risque Electrique

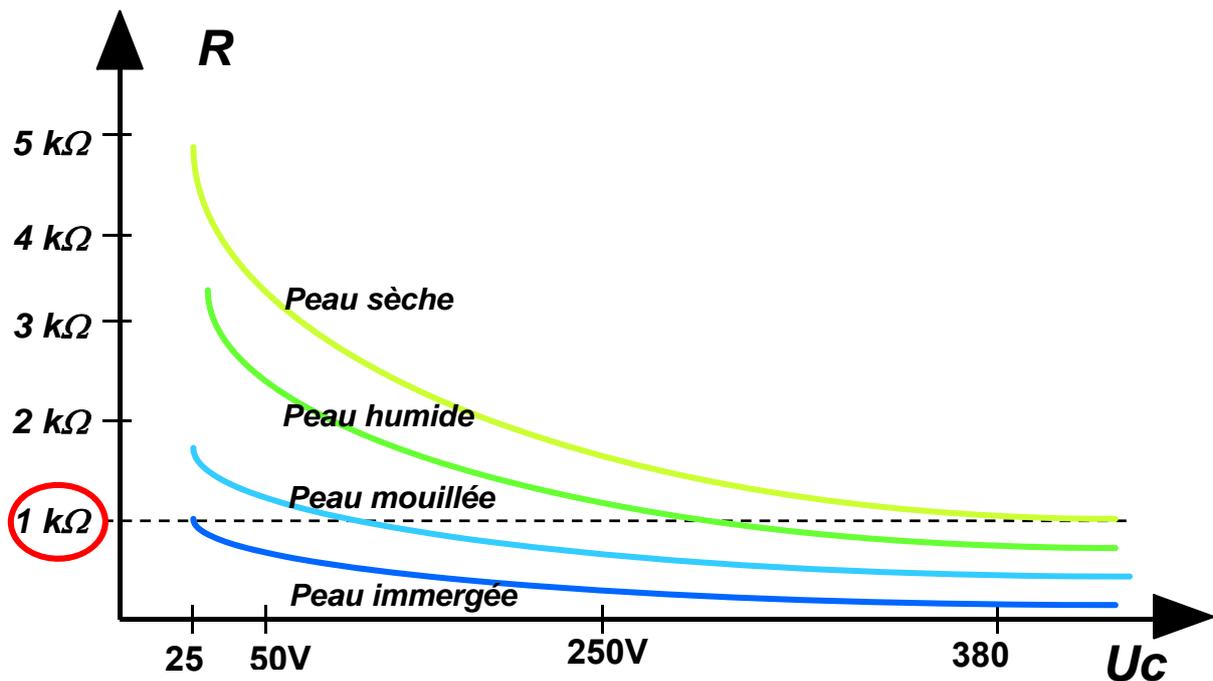
- Electrisation
- Incendie par court-circuit ou surcharge
- Coupure de l'alimentation sur un dispositif médical critique
- Perturbations électriques sur un dispositif médical critique

### I.2. Contact électrique

#### a. Conséquences physiologiques



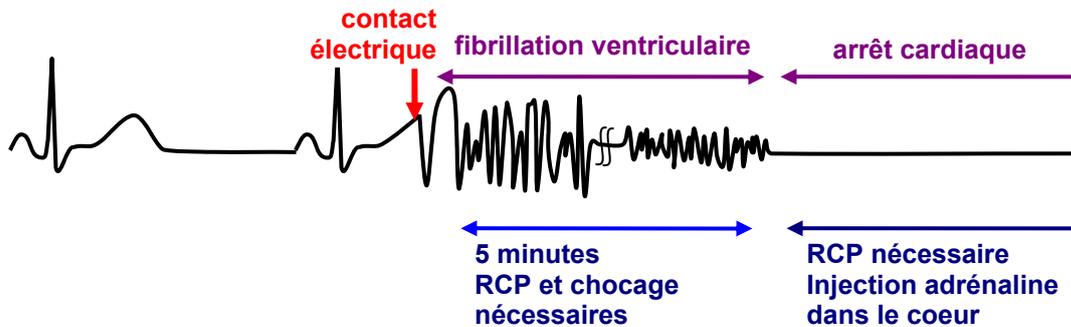
Le courant traversant le corps dépend de la tension de contact, souvent connue (230V), et de la résistance du corps humain, variable :



En fonction de ces données physiologiques, les organismes normatifs et législatifs ont déterminé une tension de contact maximale admissible de **50V** dans un local sec

### b. Secours

Massage cardiaque et bouche à bouche immédiatement, alerter les secours, utilisation défibrillateur automatique le plus rapidement possible.



Formation à la Prévention et Secours Civiques de niveau 1 (PSC1) au moins  
Installation de Défibrillateurs Semi Automatiques (DSA) ou Entièrement Automatique (DEA)

Tests sur la sensation du courant électrique

### I.3. Défaillance de l'alimentation électrique

#### a. Causes

Coupure EDF  
Court-circuit ou surcharge  
Courant de fuite : déclenchement d'un disjoncteur différentiel

#### b. Conséquences

Risques élevé pour les dispositifs d'assistance (Hémodialyse, Respirateurs, CEC)  
Risque pour les dispositifs de monitoring et d'observation  
Coupure de l'éclairage, détecteurs incendie, climatisation...

#### c. Prévention

Schémas de liaison à la terre (SLT) IT : pas de coupure au premier défaut (voir II.1.b)  
Sources de secours (Groupe électrogène, Onduleur, batteries) voir (III.)

### I.4. Perturbations de l'alimentation électrique : CEM

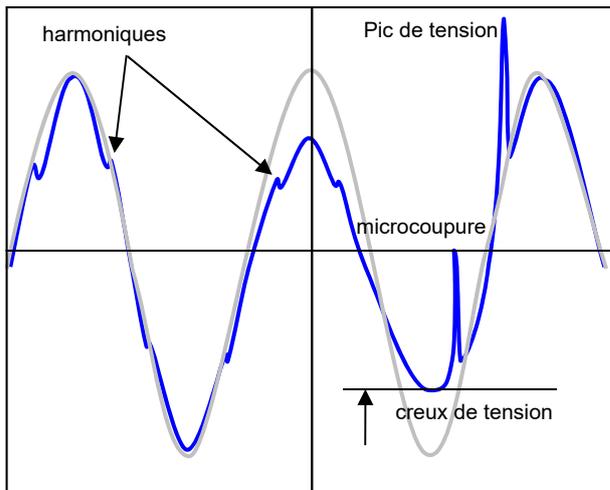
La Compatibilité Electro Magnétique est l'étude des perturbations électriques rayonnées ou conduites  
Certains dispositifs médicaux peuvent « planter » à cause de ces parasites (ex respirateur)

#### a. Perturbations rayonnées

Les principales sources sont les téléphones cellulaires, les équipements IRM ou scanner et le WiFi.  
L'usage des téléphones cellulaires (1W ou 3 W) est déconseillé ou interdit en unité de soins  
Les équipements IRM sont entourés d'une cage de Faraday noyée dans le béton  
De nombreuses études ont montré que le WiFi (10 mW) n'avait pas d'influence sur les dispositifs médicaux

#### b. Perturbations conduites

La plupart sont véhiculées par la prise d'alimentation secteur et des boucles de masse.  
La tension secteur peut présenter des parasites indésirables : pics de tension, creux de tension, harmoniques

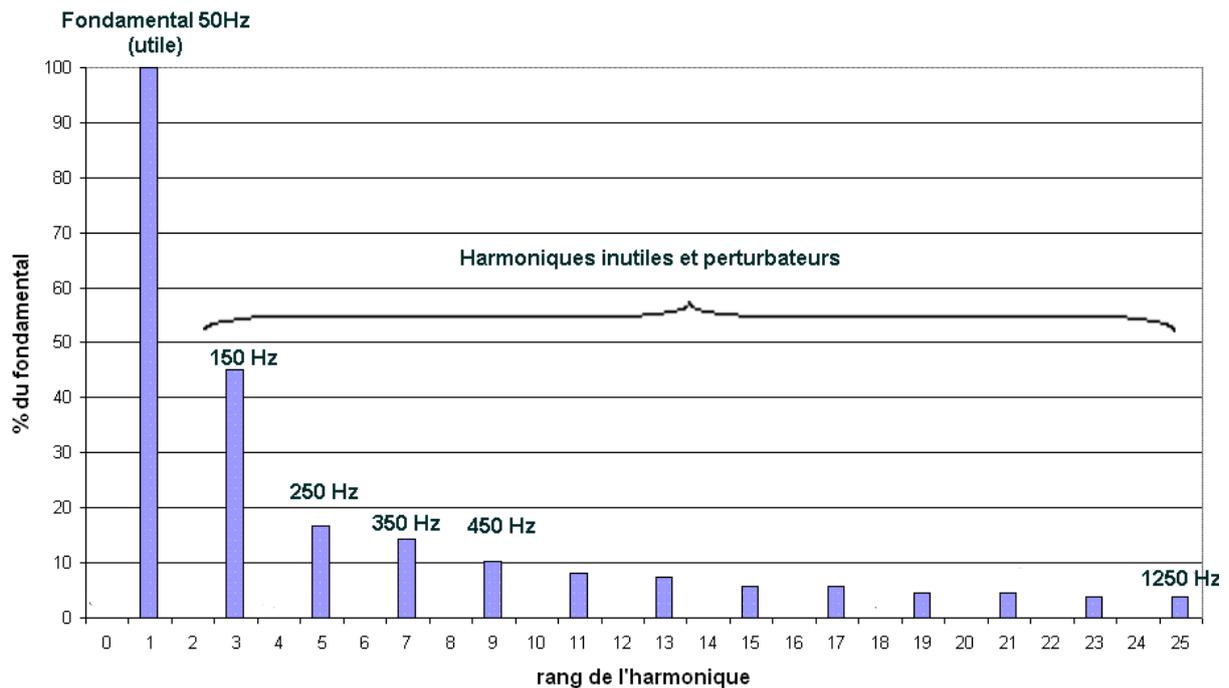


### c. Causes

Les sources « classiques » de ces parasites sont les équipements informatiques et onduleurs, les courants forts (IRM) ou haute fréquence (bistouri électrique)

Avant toute intervention, Il faut effectuer une analyse de la tension secteur avec un analyseur de spectre, éventuellement sur plusieurs jours, pour cerner le problème et la cause.

### spectre de la tension secteur



### d. Remèdes

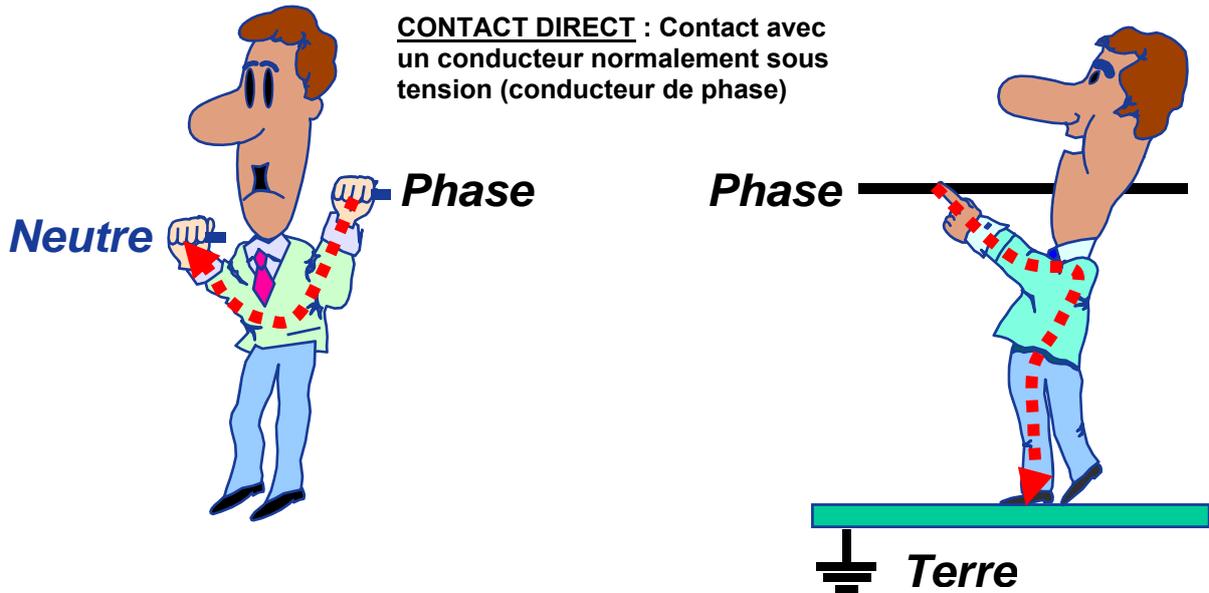
- Mise en place de filtres secteurs sur le générateur et la victime des perturbations
- Branchement du DM sur des prises de courant différentes, ondulées par exemple
- Réorganisation des armoires électriques : Séparation courants forts/courants faibles
- Eviter les boucles de masse
- Eloignement des dispositifs perturbateurs

## II. Règles générales

### II.1. Norme NFC 15-100 – Schémas de Liaison à la Terre

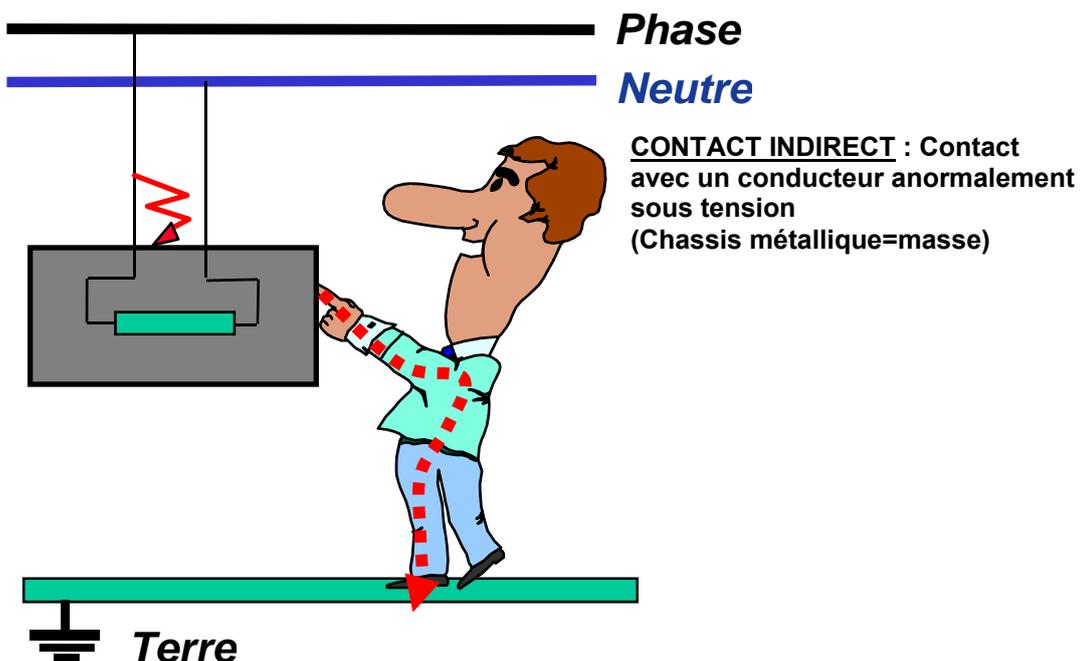
Cette norme prescrit les règles à respecter dans les installations électriques pour assurer à 100% la sécurité des personnes et des biens. Elle est obligatoire. Des négligences dans son application peuvent néanmoins entraîner des accidents. Elle indique également que la tension limite de contact en alternatif est de **50V** et que le courant dans le corps peut devenir mortel à partir de **30mA**.

#### a. Contact direct / indirect



Moyens de protection :

- Isolants, prises de sécurité
- Eloignement
- Gants isolants, habilitation électrique pour les travaux effectués sous tension
- Disjoncteurs différentiels haute sensibilité (30mA)



**Moyens de protection :**

- Schéma de liaison à la terre ou régimes de neutre

**b. Schémas de liaison à la terre (SLT) ou régimes de neutre**

Le régime de neutre indique le mode de liaison à la terre :

- du neutre du transformateur HT/BT d'une part, qui peut être relié à la terre ou isolé de la terre,
- des masses de l'installation d'autre part qui peuvent être reliées à la terre ou au neutre.

Sa fonction principale est de couper automatiquement l'alimentation en cas de défaut d'isolement phase/masse et donc de protéger à 100% contre les contacts indirects.

Trois SLT sont possibles :

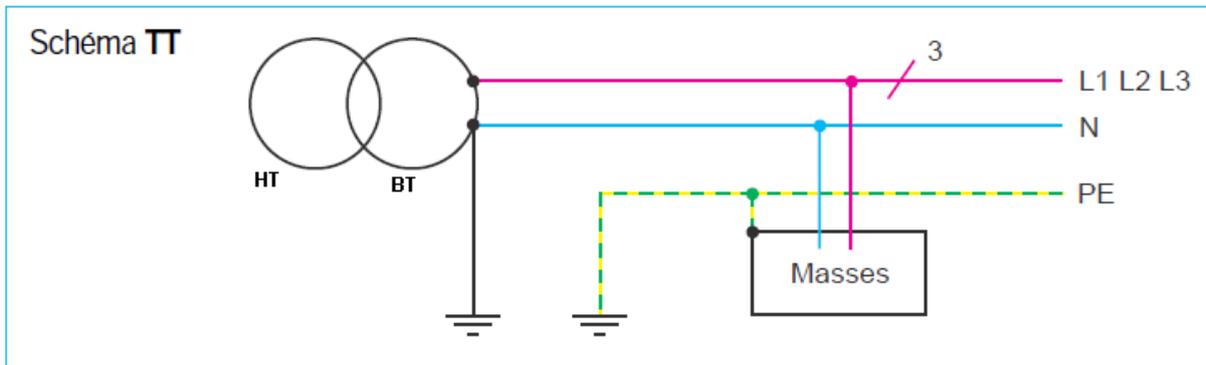
Schéma TT : Obligatoire en France pour les installations domestiques

Schéma TN : Possible et intéressant dans certaines industries

Schéma IT : Intéressant pour la continuité de service, obligatoire au bloc opératoire

Première lettre : position du neutre isolé (I) ou relié à la terre (T)

Deuxième lettre : position des masses reliées à la terre (T) ou au neutre (N)



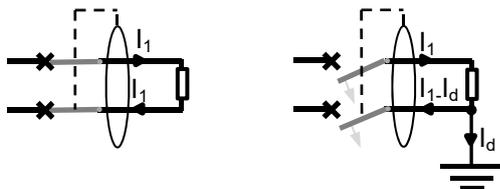
Un défaut se traduit par un courant de fuite à la terre, un **disjoncteur différentiel (DDR)** assure la

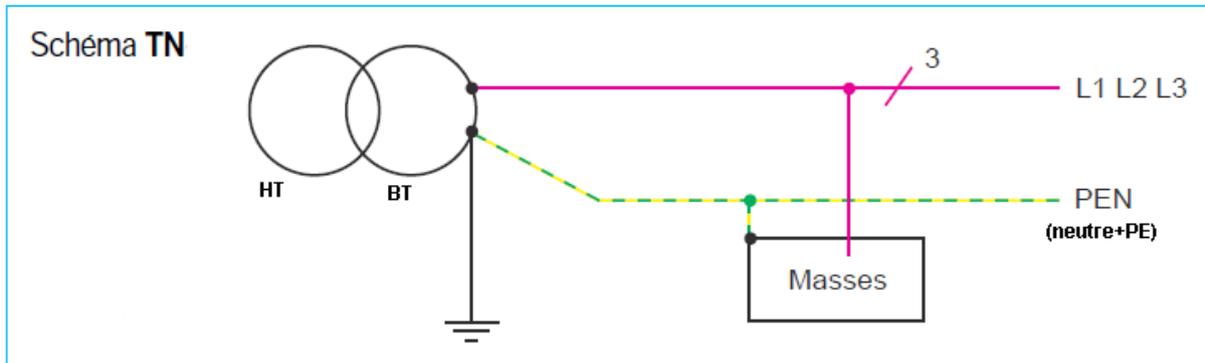


Seuil différentiel

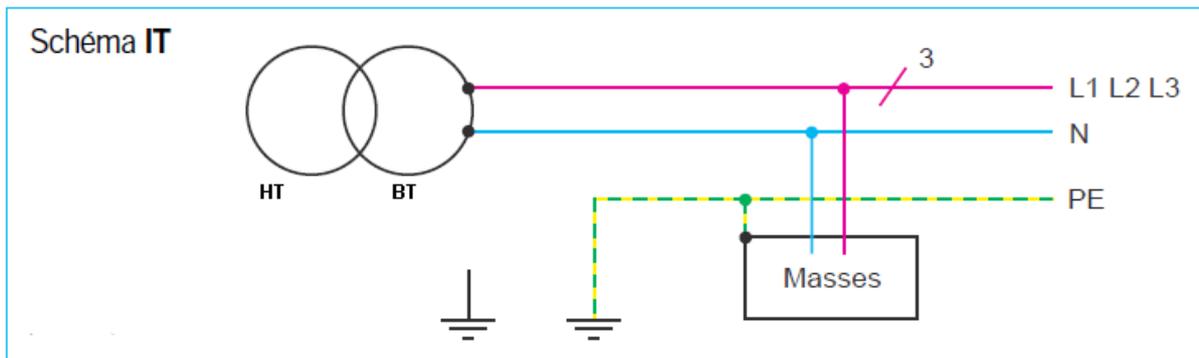
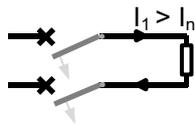
Câlibre disjoncteur 10A

coupure





Un défaut se traduit par un court-circuit, un disjoncteur magnéto-thermique assure la coupure



Un premier défaut ne présente aucun risque, aucun courant ne peut circuler. Un Contrôleur d'isolement (CPI) détecte et signale ce premier défaut.  
 Un second défaut se traduit par un court-circuit, un disjoncteur magnéto-thermique assure la coupure  
 Le schéma IT est obligatoire en salle d'opération pour sa meilleure continuité de service

## II.2. Habilitation électrique NFC 18-510

Cette norme est l'application d'un décret de 1988, elle concerne les employés qui travaillent sur, ou à proximité, d'installations électriques. L'employeur est tenu de faire former ces employés au risque électrique et de leur délivrer ensuite une attestation d'**habilitation électrique**

Il existe plusieurs types d'habilitation basse tension (<1000V) selon les fonctions de l'employé :

- B0 : Non électricien (peintre, nettoyage, ...)
- B1 : Electricien sous les ordres d'un B2
- B2 : Chargé de travaux
- BR : Chargé d'intervention (autonome)
- BC : Chargé de consignation (mise hors tension)
- BS : Interventions de remplacement et raccordement (compétences partielles en électricité)
- BE : Manœuvres, vérifications, essais

La lettre V à la suite de B0, B1 ou B2 indique l'autorisation de travailler au voisinage (moins de 60 cm) de conducteurs nus sous tension.

La même nomenclature existe pour la haute tension (>1000V) H0, H1, H2...

Les techniciens biomédicaux ne sont pas tenu, en général, de posséder cette habilitation de part leur domaine d'intervention situé en aval des prises de courant.

### III. Spécificités du milieu hospitalier

La fragilité et dépendance potentielle des patients en milieu hospitalier, les dispositifs invasifs, justifient des dispositions particulières concernant la sécurité électrique tant du point de vue de la **continuité de service** que du **risque d'électrification**.

Le personnel médical de l'hôpital de Cherbourg (Manche) s'est offert mardi matin une grosse demi-heure de sueurs froides. Une demi-heure digne des séries TV médicales les plus anxiogènes : de 10h35 à 11h10, l'établissement est resté totalement privé d'électricité à la suite d'une panne électrique et d'un dysfonctionnement des deux groupes électrogènes de l'établissement. «Même si on prend en compte tous les hôpitaux de France, c'est une situation rarissime», estime Benoît Gauthier, le directeur adjoint de l'hôpital.

La triple panne, qui n'était jamais survenue à Cherbourg, a pris tout le monde au dépourvu. «Dans les blocs opératoires, où il n'y a pas de fenêtre et où les personnels se sont donc retrouvés vraiment dans le noir en pleine opération, il a fallu trouver très vite de la lumière», raconte Alain Galopin, secrétaire de la CFDT.

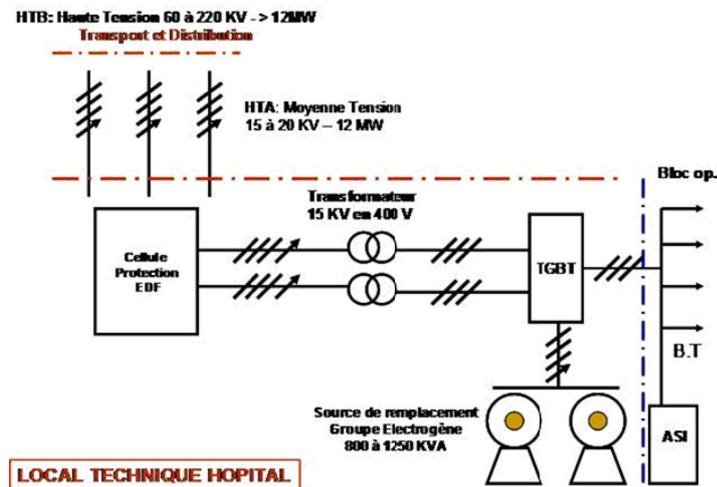
Certaines opérations ont donc été poursuivies à la lampe frontale, et à l'aide d'engins à piles. Par chance, seul un malade était sous respiration artificielle. Sa survie a été assurée par des pompes manuelles. En néonatalité, fort heureusement, les couveuses disposent de leur propre batterie. Première piste d'explication avancée par la direction : une entreprise sous-traitante a sectionné un câble dans le cadre de travaux de mise aux normes.

#### III.1. Alimentation HT – Continuité de service

Lorsque les conditions normales de distribution électrique sont compromises, l'arrêté du 5 juillet 1990 fixant les consignes générales de délestage sur les réseaux électriques, prévoit qu'un **service prioritaire** doit permettre le maintien de l'alimentation en énergie électrique de certaines catégories d'usagers.

De plus un établissement de soins doit comporter :

- Soit 2 sources HT indépendantes et 1 source de secours (groupe électrogène)
- Soit 1 source HT et 2 sources de secours indépendantes



Groupe électrogène du CHR d'Orléans (1MVA)

#### III.2. Schéma IT opératoire – Onduleurs - Norme NFC 15-211

Points importants de la norme NF C 15-211 :

⇒ Le schéma IT médical est obligatoire au bloc opératoire

L'alimentation en énergie électrique des salles d'opération et des salles d'anesthésie doit être assurée par l'intermédiaire d'un ou plusieurs transformateurs de séparation conformes à la norme en vigueur, à l'exception de l'alimentation de l'appareil de radiologie. Ces transformateurs sont réservés

exclusivement à cet usage et un transformateur n'alimentera qu'une seule salle. L'utilisation de dispositifs différentiels est proscrite sur le schéma IT.

⇒ Pour les prises de courant de locaux non alimentés en IT, il est obligatoire de placer un disjoncteur différentiel haute sensibilité (30 mA) appelé aussi DDR HS, en amont de ces prises.

⇒ Les éclairages opératoires doivent être secourus par des batteries assurant au moins **une heure** de fonctionnement.

### III.3. Autonomie batterie des DM

⇒ Certains dispositifs médicaux comme les respirateurs, éclairages opératoires, dispositifs de perfusion, de monitoring, ... sont obligatoirement munis de batteries leur assurant une certaine autonomie.

Il est recommandé de procéder à des cycles de décharge complète/recharge tous les mois pour augmenter la durée de vie de ces batteries (2ans à 4 ans)

⇒ Au contraire, d'autres DM, de par leur consommation élevée, ne peuvent être équipés de batteries (Bistouri électrique, amplificateur de luminance, ...). On peut néanmoins les brancher sur des prises secourues ou ondulées de couleur rouge.

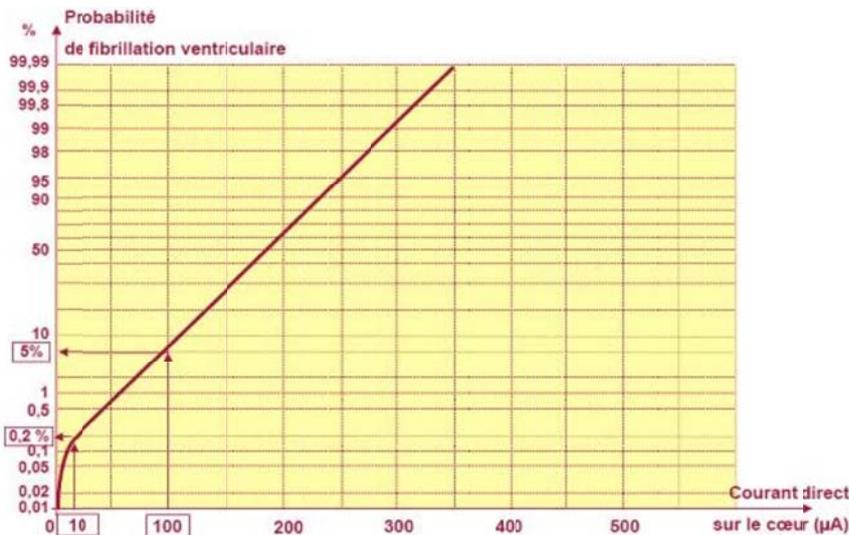
En résumé, suite à une défaillance de l'alimentation d'un DM au bloc opératoire, les secours suivants sont prévus :

- 2 sources HT de remplacement
- Coupure au deuxième défaut seulement grâce au schéma IT
- Prises de courant ondulées ou secourues
- Batteries

La continuité de service dans les établissements de santé semble bien assurée !

### III.4. Risques d'électrisation – Normes 60601 et 62353

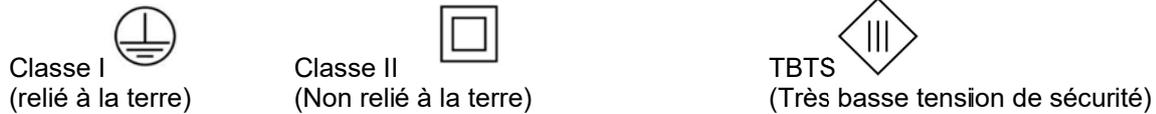
Le risque physiologique encouru par un patient face à une électrisation est augmenté d'une part à cause de sa fragilité potentielle et d'autre part par des lésions possibles de la peau, principal obstacle au passage du courant électrique.



Par conséquent, si dans le cas général, on considère un courant dans le corps, potentiellement mortel à partir de 30 mA, les normes 60601 et 62353, spécifiques aux dispositifs médicaux et à la sécurité électrique des patients et utilisateurs, prescrivent des valeurs limites toujours inférieures à 1mA.

Ces normes ne sont pas intrinsèquement obligatoires, mais le technicien biomédical est tenu de respecter les préconisations du constructeur, lesquelles indiquent après chaque intervention sur un DM, d'effectuer un test selon la norme 60601-1 (ou plus rarement 62 353, norme plus récente et plus simple).

Ces tests sont dépendants de la **classe électrique** du DM ; les symboles doivent figurer sur la plaque de l'appareil :



Et du **type des parties appliquées** (figurant également sur le DM):

- type B :  Parties appliquées non isolées de l'appareil
- type BF :  Parties appliquées isolées (Floating) de l'appareil
- type CF :  Application Cardiaque isolée (Floating)
- type BF et CF protégés contre les effets des défibrillateurs :  

**a. Norme 60601-1**

Cette Norme impose :

- La continuité du conducteur de protection (PE jaune/vert) : Valeur maximale 0.2  $\Omega$  sous 25A pendant 3s
- Les valeurs maximales en milliampères des courants de fuite :

Courant	Type B		Type BF		Type CF		
	CN	CPD	CN	CPD	CN	CPD	
Courant de fuite à la terre	0.5	1	0.5	1	0.5	1	
Courant de fuite à travers l'enveloppe	0.1	0.5	0.1	0.5	0.1	0.5	
Courant de fuite patient par les parties appliquées	0.1	0.5	0.1	0.5	0.01	0.05	
Courant auxiliaire patient (entre parties appliquées)	continu	0.01	0.05	0.01	0.05	0.01	0.05
	alternatif	0.1	0.5	0.1	0.5	0.01	0.05

CN : Condition normale

CPD : Condition de premier défaut (rupture du conducteur de phase, neutre, ou terre)

**b. Norme 62353 (récente)**

Cette norme est moins dure que la norme 60601 : Le test de continuité du conducteur de protection se fait sous un courant de 0,2A seulement contre 25 A. Le test des courants de fuite reste similaire. Cet « allègement » permet des testeurs de taille réduite et des mesures possibles sur site.

**IV. Gestion des risques – criticité**

La norme NF C 15-211 caractérise les installations électriques suivant trois niveaux de criticité :

- au niveau 1, les installations ne supportent aucune coupure de courant ;
- au niveau 2, les installations acceptent des coupures de courant d'une durée inférieure ou égale à 15 s ;
- au niveau 3, les installations acceptent des coupures de courant d'une durée supérieure à 15 s et inférieure à 30 min.

Interprétation : Pour les niveaux 1 et 2, un groupe électrogène n'a pas le temps de démarrer, un (ou plusieurs) onduleur (ASI) est nécessaire au moins pendant le démarrage du groupe

Exemple (tiré de la norme) :

Activité		Equipements	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
<b>Bloc opératoire</b>	Salle d'opération	Respirateur, Moniteur de surveillance, Bistouri électrique, Défibrillateur, Pompe à perfusion, Table d'opération, Scialytique	X		
	Salle surveillance post-interventionnelle	Respirateur, Moniteur de surveillance		X	
<b>Bloc obstétrical</b>			X		
<b>Salle d'accouchement</b>		ECG, Respirateur, Scialytique, Défibrillateur		X	
<b>Anesthésie</b>		Respirateur	X		
<b>Réanimation</b>		Respirateur, Moniteur de surveillance	X		
<b>Unité de soins intensifs</b>			X		
<b>Service de prématurés</b>				X	
<b>Hémodialyse</b>		Générateur d'hémodialyse		X	
<b>Imagerie interventionnelle</b>			X		
<b>Explorations fonctionnelles</b>				X	
<b>Imagerie médicale</b>	Salle de radiologie conventionnelle	Table télécommandée			X
	Salle d'angiographie			X	
	Salle de coronarographie		X		
	Salle de scanographie	Scanner	X*	X	
	Salle d'imagerie par résonance magnétique	IRM	X*	X	
<b>Médecine nucléaire</b>	Salle de scintigraphie	PET, SPECT, Scanner	X*	X	
	Ventilation	Ventilateur		X	
<b>Radiothérapie</b>					X
<b>Laboratoire</b>		Automate d'analyse, Centrifugeuse, Bain marie	X		
<b>Pharmacie</b>		Conservateur		X	
<b>Unités d'hospitalisation</b>					X

## V. Bibliographie

[1] : IRBM News 2008 ; 29 (3-4) La sécurité électrique dans les établissements de santé : impacts qualité de la norme NF C 15-211

[2] : Norme NF C15-211 Abrogée par NFC 15 211 de Août 2006 Installations électriques à basse tension – Installations dans les locaux à usage médical. Juin 1987 – Union Technique de l'Electricité et l'Association Française de Normalisation (AFNOR).

[3] : Norme UTE 60 601.NF EN 60601-1 Appareils électromédicaux - Partie 1 : règles générale de sécurité (IEC 601-1:1991)

[4] : Circulaire DHOS/E 4 no 2005-256 du 30 mai 2005 relative aux conditions techniques d'alimentation électrique des établissements de santé publics et privés – Bulletin Officiel N°2005-7 :

[5] : Circulaire N°DHOS/E4/2006/393 du 8 septembre 2006 – Conditions techniques d'alimentation électrique des établissements de santé publics et privés.

[6] : Rapport MASTER Management des Technologies en Santé (MTS), UTC, 2007-2008 Maîtrise de l'installation électrique au bloc opératoire