

## Mise en œuvre d'une stratégie de sécurité électrique en milieu hospitalier : cas du Centre Hospitalier Départemental (CHD) du Zou et des Collines au Bénin

Daton MEDENOU<sup>1</sup>, Dorothé ASSOÛ<sup>2</sup>, Thierry R. JOSSOU<sup>1\*</sup> et Roland C. HOUËSSOUVO<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Département de Génie Biomédical Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC),  
Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 2009 RP Cotonou, Bénin

<sup>2</sup> Département de Génie Electrique Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC),  
Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 2009 RP Cotonou, Bénin

\* Correspondance, courriel : [thierry.jossou@gmail.com](mailto:thierry.jossou@gmail.com)

### Résumé

Dans le souci de garantir la sécurité des biens et des personnes dans les hôpitaux du Bénin, il est nécessaire qu'une attention particulière soit accordée à la qualité de leur installation de mise à la terre électrique. Cela participe de la sécurité électrique. Le cas du Centre Hospitalier Départemental du Zou et des Collines (CHD/Z-C) a été traité dans le présent document. A travers le bilan des charges électriques et la mesure des résistances de terre, un état des lieux de la mise à la terre électrique dans ce centre hospitalier a été effectué. L'évaluation de la tension présumée de contact aux points de mesure et de la sensibilité des dispositifs différentiels à courant résiduel, révèle les risques que présente le réseau de terre électrique du CHD/Z-C. La simulation sous le logiciel Multisim de différentes situations de fonctionnement confirme l'existence des risques de chocs électriques, l'indisponibilité de l'Energie Electrique et la destruction des appareils électro médicaux. Après les analyses, il a été proposé des solutions dont l'introduction du concept du facteur de bilan de puissance, visant à atteindre au CHD/Z-C, une mise à la terre conforme aux exigences du milieu hospitalier.

**Mots-clés :** *chocs électriques, sécurité électrique, hôpital, terre électrique.*

### Abstract

**Practical electrical security in hospital proposal : Zou and Colline Departmental Hospital Center example**

In order to improve the quality of care in hospitals in our country, Benin, It is necessary that we turn our attention on their grounding quality. This is part of electrical safety. We treat the case of Zone hospital/Zou and Collines in this document. Through the schedule of electrical loads and measurement of earth resistance, we have the state of the grounding in this hospital. Simulation in Multisim software of different operating situations confirms the existence of electric shock hazard. The solutions such as the new concept about power bilan factor, we offer according to our analysis, participate in achieving a grounding meets the requirements of hospitals.

**Keywords :** *earth, electric shock, hospital, electrical safety.*

## 1. Introduction

Le niveau de sécurité dans les hôpitaux est en général faible [1]. Ce qui constitue un défi à relever par chaque groupe d'acteurs dans l'hôpital. Dans ce contexte, la santé des travailleurs hospitaliers et la sécurité des patients, dont la sécurité électrique, sont d'actualité [2]. L'énergie électrique est devenue indispensable dans bon nombre de domaines d'activités. Tout individu appelé à en faire usage doit prendre conscience des risques liés à cette forme d'énergie [3, 4]. Ses effets néfastes résultent parfois de la circulation d'un courant de fuite ou de défaut à travers un équipement électrique ou une installation électrique [5, 6]. Les conséquences sont parfois des brûlures. Bien que les brûlures électriques soient rares [4, 7], selon la forme de la tension électrique, elles sont souvent les plus dévastateurs de toutes les blessures thermiques, entraînant généralement des dommages superficiels ou profonds de la peau. Cela peut conduire à de grandes zones de nécrose, entraînant une augmentation de la morbidité et de la mortalité dans les hôpitaux [3,4, 7]. Compte tenu de la particularité de chaque service de l'hôpital, les stratégies pour sécuriser le système électrique sont spécifiques à chaque service comme celui d'un bloc opératoire [8].

L'évolution de la science et de la technique a favorisé la mise en œuvre d'appareils électriques et électroniques à usage médical. Avec cette évolution technologique et la diversification des attentes des patients et de leurs familles, les établissements de santé s'agrandissent, se restructurent et se transforment. Il apparait alors de nouvelles contraintes. Par exemple : comment rénover des sites critiques occupés tout en garantissant, d'une part, le fonctionnement permanent des installations, d'autre part la cohérence et la compatibilité des installations des bâtiments de différentes générations [9]. L'hôpital cumule des caractéristiques électriques qui, chacune, nécessite une attention particulière [8, 10]. L'électricité est indispensable à l'hôpital pour assumer ses missions et garantir le bon fonctionnement général de l'établissement, elle doit être fiable et disponible à tout instant [11]. Le véritable challenge consiste à maîtriser les contraintes dans leur ensemble afin de garantir la continuité et la qualité des soins, ainsi que la sécurité des patients, du personnel et des visiteurs [11, 12]. La conception actuelle de l'alimentation électrique des centres hospitaliers s'appuie sur des textes réglementaires tels que :

- ✓ le Livre blanc : la sécurité électrique dans les établissements de santé ;
- ✓ plan blanc et gestion de crise (04-2004) ;
- ✓ circulaire DHOS/E4 n°2006-393 (08-09-2006) ;
- ✓ norme NF C 15-211, applicable depuis le 31-01-2007.

Ces textes s'inspirent du principe selon lequel les patients sous anesthésie ou inconscients, ne sont pas aptes à réagir normalement aux effets du courant électrique [8, 13]. De façon générale, le seuil de perception cutanée est de 1 mA et celui de non lâché est 10 mA [14]. En milieu hospitalier, les conséquences d'une défaillance de l'alimentation électrique sont d'autant plus fatales sur les dispositifs contribuant à suppléer une fonction vitale [15]. Pour cela, plusieurs travaux ont été consacrés à la résolution des différents problèmes d'ordre électrique, qui rongent nos hôpitaux [8, 16]. Mais ces travaux sont plus orientés sur des conseils pratiques pour une utilisation sécuritaire des équipements dans ces hôpitaux [6,17, 18], que sur la sécurité électrique des bâtiments abritant les dits équipements en amont. De plus à travers la littérature, l'hôpital est resté dans son rôle d'étude des différents types de conséquences dues aux chocs électriques [4, 7, 19]. Ajouté à cela, l'utilisation des techniques et méthode de management des risques, comme la méthode D&S, pour gérer les problèmes liés à l'utilisation de l'électricité [1,6, 18, 20]. Un des moyens de préserver la santé des personnes des effets d'un défaut d'isolement et de garantir le fonctionnement à long terme des équipements électro médicaux est la mise à la terre électrique.

L'installation de mise à la terre du CHD/Z-C, vieille de plus d'une vingtaine d'années, n'avait jamais fait l'objet d'un contrôle de résistance de terre. Cela signifie qu'aucune attention particulière n'a été accordée à cet indice de sécurité. On se demande alors si cette installation possède toujours les caractéristiques requises pour garantir la sécurité des biens et des personnes dans un centre de santé. Au regard des impacts de l'indisponibilité des appareils biomédicaux, sur la qualité des soins, les risques liés à la compatibilité électromagnétique, induits par une mauvaise prise de terre, le déclenchement intempestif des dispositifs de sécurité et de l'âge de l'installation de mise à la terre, nous nous sommes proposé d'étudier la qualité de la mise à la terre du CHD/Z-C. Ceci en vue de proposer une stratégie pour améliorer le niveau de sécurité électrique dans les hôpitaux du Bénin en général et celui du CHD/Z-C en particulier. Une élaboration du schéma du réseau de terre existant ainsi que le choix d'une méthode de mesure des résistances de terre ont été effectués. L'analyse de ces résultats nous a conduits à proposer des solutions pour corriger les éventuelles anomalies observées.

## 2. Matériel et méthodes

### 2-1. Etude de la configuration du réseau de terre du CHD/Z-C

Pour avoir une idée de la configuration du réseau de terre du CHD/Z-C, un inventaire des différents points de mise à la terre électrique a été effectué au niveau de chaque bâtiment de tous les services de l'hôpital. De même, la façon dont les différents bâtiments sont reliés entre eux a été explorée afin de ressortir un schéma actualisable. Car le réseau de terre initial a été modifié à plusieurs reprises.

### 2-2. Choix d'une méthode de mesure de résistance de terre

#### 2-2-1. bilan des charges électriques de l'installation

Nous sommes partis du bilan au niveau de chaque service pour aboutir au bilan global en utilisant les **Formules** ci-dessous citées.

➤ *puissance installée ( $P_i$ );*

$$P_i = \sum \text{puissances actives des appareils du service} \quad (1)$$

➤ *puissance utilisée ( $P_u$ )*

$$P_u = P_i * k_u * k_s \quad (2)$$

où ;  $P_i$  est la puissance installée,  $k_u$  le coefficient d'utilisation et  $k_s$  le coefficient de simultanéité.

➤ *puissance appelée*

$$P_a = \frac{P_u}{\cos\varphi} \quad (3)$$

$\cos\varphi$  étant le facteur de puissance de l'ensemble des équipements et  $P_u$  la puissance utilisée.

### 2-2-2. Détermination du facteur de bilan de puissance

Nous définissons le concept du facteur de bilan de puissance (Fbp) comme étant le quotient de la puissance appelée à l'équivalent apparent de la puissance installée. Il s'agit d'une des innovations de ce travail.

$$Fbp = \frac{Pa}{(Pi/\cos\varphi)} \quad (4)$$

Où,  $Pa$  est la puissance appelée,  $Pi$  est la puissance installée et  $\cos\varphi$ , le facteur de puissance de l'ensemble des équipements.

### 2-2-3. Etude comparative de quelques méthodes de mesure de résistance de terre

Ayant étudié les avantages et inconvénients de quelques méthodes de mesure existantes, nous avons dégagé celle qui convient le mieux à notre cas. Le tableau 1 qui constitue un outil d'aide au choix d'une méthode de mesure donne un classement de différentes méthodes usuelles.

**Tableau 1 : Tableau d'aide au choix de méthode de mesure**

		Implantation des piquets possible	Implantation des piquets impossible	Terres multiple en parallèle	protection permanente requise
Méthodes avec piquet de terre	Méthode des 62%	✓			
	Méthode sélective	✓		✓	✓
	Méthode en triangle	✓			
	Méthode variante des 62%	✓	✓	✓	✓
Méthodes sans piquet de terre	Mesure de boucle	✓	✓		
	Pince de terre			✓	✓
	Pinces ampérométriques			✓	✓
	Méthode à deux pôles		✓	✓	

La méthode la mieux indiquée est celle qui utilise une pince de terre puisqu'elle permet de maintenir la protection lors des mesures. Mais compte tenu du matériel mis à notre disposition et du fait que le site permet d'implanter des piquets, nous avons utilisé la méthode des 62% tout en prenant soin de ne travailler que le week-end, période où l'installation électrique est moins sollicitée. Le choix du week-end pour effectuer les mesures se justifie par le fait que les courants de fuite seront moindres puisque l'appel de courant est plus faible par rapport aux jours ouvrables. Ouvrir les barrettes de coupure pendant le week-end présente donc moins de risque que les jours ouvrables. Sur le terrain nous avons utilisé comme outil de mesure le telluromètre C.A 6456 du groupe ARNOUX CHAUVIN, pour effectuer nos mesures.

### 2-3. Simulations

Une fois les valeurs de résistance connues, nous allons trouver le modèle résistif du réseau de terre, modèle à partir duquel nous effectuerons des simulations telles que :

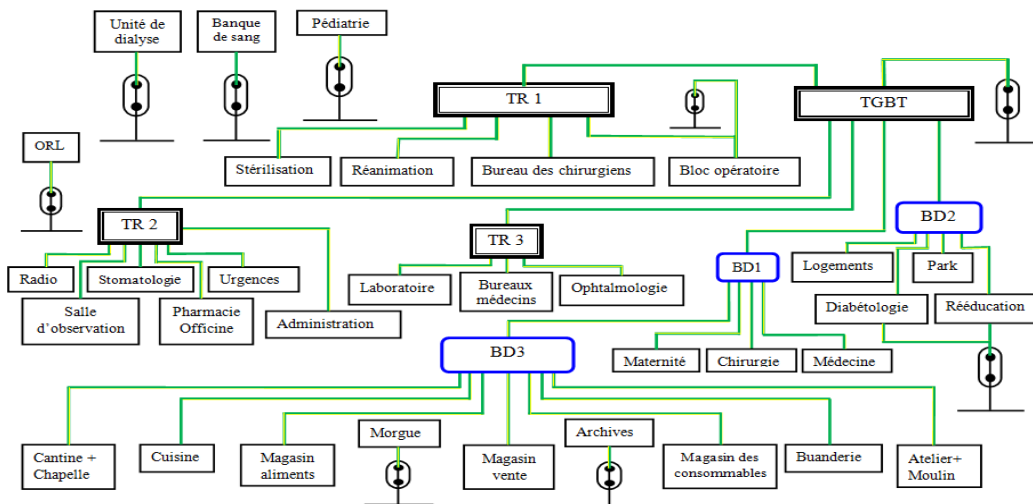
- la détermination de la résistance globale de terre en chaque point de mesure en appliquant le théorème de Norton;
- l'intensité du courant qui pourrait traverser un individu en cas de défaut électrique en un point du réseau.

Tout ceci avant et après la prise en compte des solutions que nous proposons. Les simulations ont été effectuées sous le logiciel Multisim.

## 3. Résultats et discussion

### 3-1. Présentation du réseau de terre

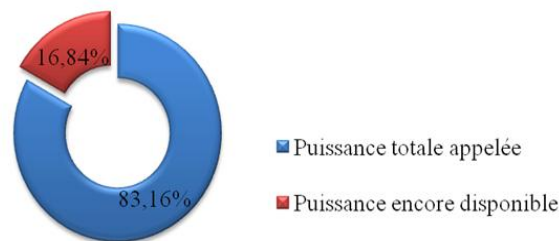
La **Figure 1** montre la configuration du réseau de terre dans son état actuel



**Figure 1 :** Structure de l'installation de mise à la terre du CHD/Z-C

### 3-2. Bilan des charges électriques

Considérons la **Figure 2**.



**Figure 2 :** Diagramme du bilan de puissance

Au terme du bilan des charges électriques, nous pouvons retenir que le CHD Z-C dispose, présentement de 42,08992 kVA, soit 16,84% des 250 kVA qui représentent sa puissance de souscription (**Figure 2**).

### 3-3. Le facteur de bilan de puissance

Ce facteur renseigne sur le niveau du risque de perte de l'isolement et la capacité de chacun des locaux du centre, à accueillir de nouveaux équipements. Il traduit le niveau de sollicitation de l'installation électrique de chaque bâtiment ou service (**Tableau 2**).

**Tableau 2 : Niveaux d'exploitation et de risque d'affaiblissement de l'isolation dans les locaux du CHD Z-C**

Compartiments	Facteur de bilan de puissance (Fbp)	Evolution du risque
Administration	0,35	Pas de risque
Cantine	0,36	
Labo	0,43	
Rééducation	0,44	
Buanderie	0,45	
Radiologie	0,46	
Ophthalmologie	0,50	Encore acceptable
ORL	0,51	
Maternité	0,53	
Diabétologie	0,53	
Médecine	0,54	
Résidences	0,55	
Chirurgie	0,57	Seuil de risque atteint
Mag pharmacie	0,57	
Morgue	0,61	
Bloc opératoire	0,62	
SMI	0,62	
Pédiatrie	0,62	
Stomatologie	0,67	Risque élevé
Moulin	0,70	
Atelier technique	0,86	
Bureau des entrées	0,95	
Archive	0,95	
Bureau du Pharmacien	1,00	

Nous avons constaté que 76% des locaux ont un *facteur de bilan de puissance*  $\geq 0,5$ . En matière de sécurité électrique, une attention particulière doit donc être accordée à de telles installations. Cela justifie l'importance de ce travail avant nos mesures.

### 3-4. Relevés de mesure de résistances de terre

La configuration du réseau de terre du CHD Z-C est telle que certains bâtiments possèdent une terre isolée tandis que la terre est distribuée dans d'autres. Le **Tableau 3** comporte les valeurs de résistance de terre des bâtiments ayant une barrette de coupure.

**Tableau 3 :** Valeurs de résistance de terre des bâtiments ayant une barrette de coupure

Point de mesure	Valeur de la résistance de terre ( $\Omega$ )		
	Valeur mesurée	Recommandée	Observation
<b>Pédiatrie</b>	2,84	10	Bon
<b>Magasin de la pédiatrie</b>	41,10	50	Bon
<b>S.M.I</b>	89	10	Mauvais
<b>ORL</b>	7,57	10	Bon
<b>Diabétologie</b>	21,21	10	Mauvais
<b>Unité de dialyse</b>	0,82	10	Bon
<b>Banque de sang</b>	4,54	10	Bon
<b>Rééducation</b>	18,44	10	Mauvais
<b>Radiologie1</b>	4,10	10	Bon
<b>Archives</b>	182,43	50	Mauvais
<b>Morgue</b>	7,53	10	Bon

Nous présentons dans le **Tableau 4**, les valeurs de résistance de terre des bâtiments reliés à la terre distribuée.

**Tableau 4 :** Valeurs de résistance de terre des bâtiments reliés à la terre distribuée

Point de mesure	Valeur de la résistance de terre ( $\Omega$ )		
	Valeur mesurée	Recommandée	Observation
Borne principale	106,93		-
Bloc administratif	8,52	50	Bon
Blocs opératoire	81,50	5	Mauvais
Bureau des entrées	8,52	50	Bon
Laboratoire	3,03	10	Bon
Ophthalmologie	3,03	10	Bon
Maternité	930,95	10	Mauvais
Chirurgie	3549,00	10	Mauvais
Médecine	928,00	10	Mauvais
Diabétologie	21,21	10	Mauvais
Rééducation	18,44	10	Mauvais
Radiologie2	2407,33	10	Mauvais
Stomatologie	2407,33	10	Mauvais
Urgences	81,50	10	Mauvais
Cantine	182,43	50	Mauvais
Cuisine	NC	50	Mauvais
Atelier technique	NC	50	Mauvais
Buanderie	NC	50	Mauvais

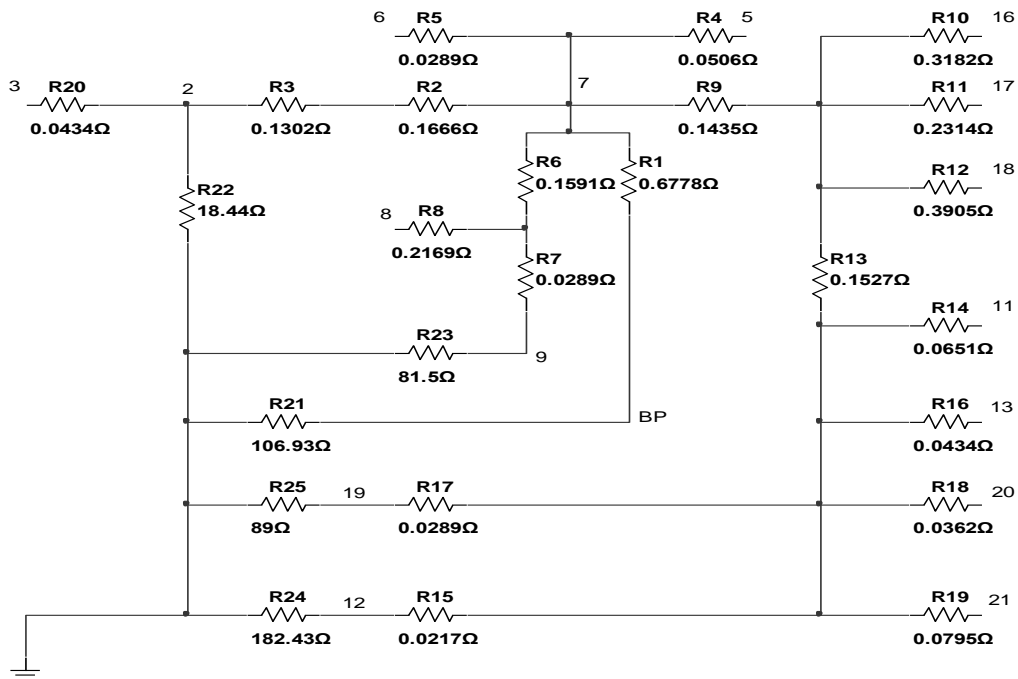
**NC :** Non Connectée

**3-5. Modèle résistif équivalent du réseau de terre**

Connaissant les résistances de terre et ayant évalué celles des conducteurs utilisés pour distribuer la terre, par *l'Equation (5)*, nous avons établi le circuit résistif équivalent du réseau de terre électrique du CHD Z-C, que nous présentons à la *Figure 3*.

$$R = \frac{\rho L}{S} \tag{5}$$

où :  $\rho$  est la résistivité du matériau ayant servi à fabriquer le conducteur ;  $L$  est la longueur du conducteur ;  $S$  est la section du conducteur.



**Figure 3 : Schéma équivalent du réseau de terres**

Sur cette *Figure*, les résistances R21, R22, R24 et R25 représentent les terres isolées. Toutes les autres résistances représentent les conducteurs de protection ayant servi à distribuer la terre dans les autres locaux. Les résistances, dont la seconde borne n'est raccordée à aucune autre partie du circuit, correspondent aux locaux n'ayant pas de terre isolée. Le sol est représenté par la masse. Le *Tableau 5* constitue une légende pour la *Figure 4*.

**Tableau 5 : Légende de la Figure 4**

<b>Point de mesure</b>	<b>Bâtiment ou local</b>
<b>BP</b>	Borne principale
<b>1</b>	Banque de sang
<b>2</b>	Diabétologie
<b>3</b>	Rééducation
<b>4</b>	Unité de dialyse
<b>5</b>	Laboratoire
<b>6</b>	Ophthalmologie
<b>7</b>	Bureau des entrées
<b>8</b>	Radiologie
<b>8*</b>	Administration
<b>9</b>	Bloc opératoire
<b>10</b>	ORL
<b>11</b>	Cantine
<b>12</b>	Archives
<b>13</b>	Atelier technique
<b>14</b>	Pédiatrie
<b>14*</b>	Pédiatrie (administration)
<b>15</b>	Magasin pédiatrie
<b>16</b>	Médecine
<b>17</b>	Chirurgie
<b>18</b>	Maternité
<b>19</b>	SMI
<b>20</b>	Bureau pharmacien
<b>21</b>	Buanderie
<b>22</b>	Morgue
<b>* : Etage (niveau1)</b>	

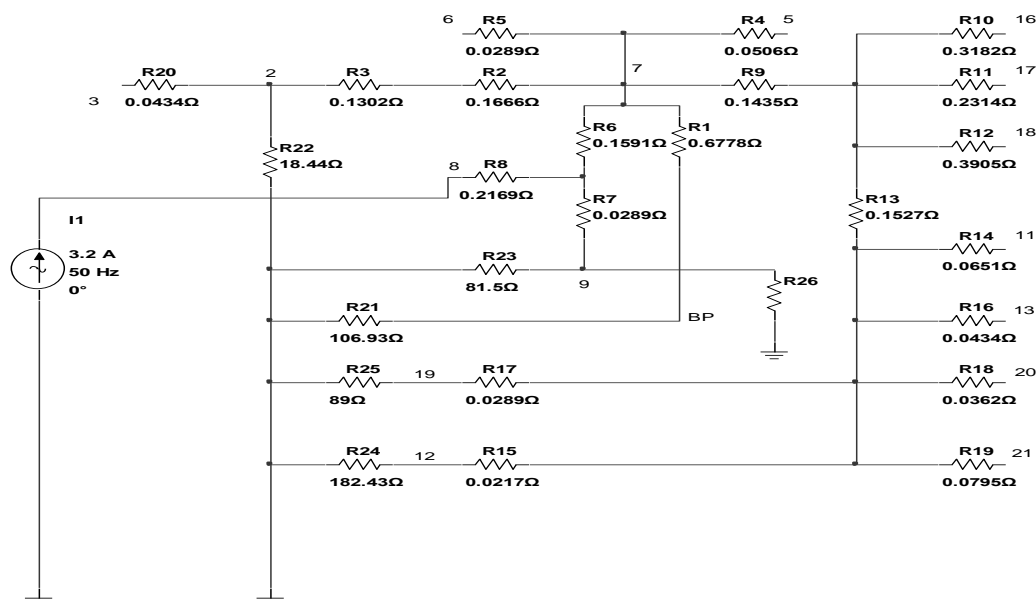
### **3-6. Simulations**

#### ***3-6-1. Evaluation de la résistance globale du réseau de terre***

L'évaluation de la résistance globale de terre révèle que la plus faible résistance dépasse dix (10) ohms.

#### ***3-6-2. Courant à travers un patient en cas de défaut***

La résistance du corps humain décroît rapidement lorsque la tension de contact augmente. Le corps humain peut ainsi être représenté par une résistance électrique ( $R_{26}$ ). La simulation faite à partir du schéma de la **Figure 4** nous permet d'évaluer le courant pouvant traverser un patient en un point quelconque du réseau, pendant qu'un courant est en cours d'évacuation en un autre point. Nous choisissons l'unité de radiologie (8) comme point d'injection du courant et le bloc opératoire (9) comme le local où une personne se trouve en contact avec une masse métallique à titre d'exemple.



**Figure 4 :** Schéma de simulation pour l'évaluation du courant pouvant traverser une personne

Selon la courbe de variation de la résistance du corps humain [14], nous avons choisi le courant injecté. Les différentes valeurs de courant, pouvant traverser le corps humain sont récapitulées dans le **Tableau 6**.

**Tableau 6 :** Evaluation du courant pouvant traverser une personne

Courant injecté (A)		3,2	6,4	32	100
Tension de Contact présumée (V)		24,97	49,92	249,73	772,16
Peau sèche	Potentiel (V)	24,916	49,806	247,81	772,16
	Résistance ( $\Omega$ )	5000	4000	1500	1000
	Courant Mesuré (A)	0,005	0,012	0,165	0,772
Peau humide	Potentiel (V)	24,862	49,669	246,915	772,16
	Résistance ( $\Omega$ )	2500	2000	1000	1000
	Courant Mesuré (A)	0,01	0,025	0,247	0,772
Peau mouillée	Potentiel (V)	24,699	49,32	245,54	767,211
	Résistance ( $\Omega$ )	1000	875	650	650
	Courant mesuré (A)	0,025	0,056	0,378	1,18
Peau immergée	Potentiel (V)	24,431	48,719	241,37	748,119
	Résistance ( $\Omega$ )	500	440	325	325
	Courant mesuré (A)	0,049	0,111	0,743	2,302

La plus faible intensité de courant mesurée est de 5 mA. Cette valeur est obtenue lorsque l'individu considéré est soumis à une tension de contact d'environ 25 V, sa peau étant sèche. Pour toute autre tension de contact supérieure à 25 V ou autre local (humide, mouillé et immergé), il existe un risque de chocs électriques. Avec une tension de contact supérieure à 50 V le courant à travers l'individu peut atteindre 111 mA, dépassant ainsi le seuil de fibrillation cardiaque irréversible [13].

### 3-7. Solutions proposées

#### 3-7-1. Proposition d'une nouvelle configuration du réseau de terres

Nos simulations révèlent que la résistance globale minimale est supérieure à 10 ohms. Cela signifie qu'on ne pourra même pas compter sur l'action combinée de toutes les terres pour assurer la sécurité électrique dans les locaux à usage médical. Il faudra donc améliorer la valeur de la résistance au niveau des terres qui ne sont pas en conformité avec les normes de sécurité électrique en milieu hospitalier. Nous proposons ainsi la mise en place d'un réseau où le bloc opératoire et l'unité de dialyse auront chacun une terre isolée afin d'être gardé à l'abri des perturbations pouvant provenir des autres locaux. Il en sera de même pour l'unité de radiologie, en raison de la forte tension qui y est exploitée. La terre de la morgue est isolée compte tenu de son éloignement par rapport aux autres locaux. Une terre est également prévue pour chaque groupe électrogène. Dans cette configuration, l'équi-potentialité sera assurée entre toutes les prises de terre, à l'exception de celles de la radiologie, du bloc opératoire, de la morgue puis l'unité de dialyse. Tous les fauteuils, tables et lits d'intervention seront reliés à la terre, s'ils sont fabriqués en matériaux métalliques. Il en sera de même pour les canalisations de fluides. Le **Tableau 7** présente les valeurs maximales de résistance retenue dans les locaux du centre hospitalier.

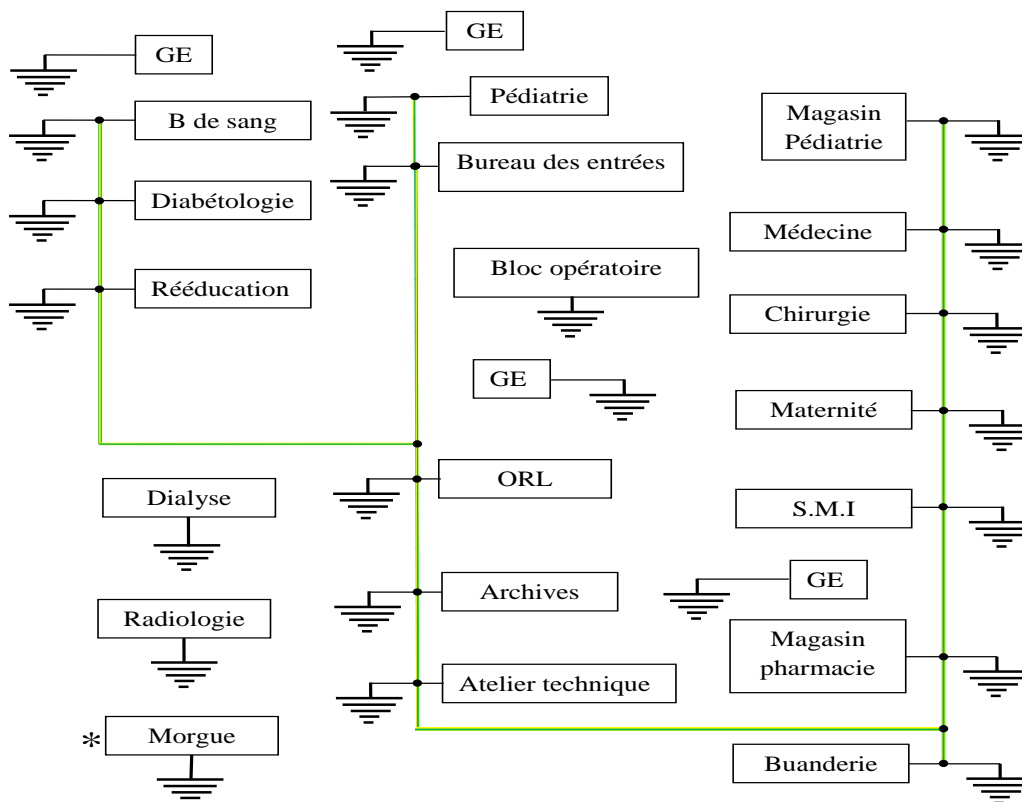


Figure 5 : Nouveau réseau de terres proposé

GE : Groupe électrogène

\* : Séparé compte tenu de l'éloignement

**Tableau 7 : Valeurs de résistances de terre retenues dans les locaux du CHD Z-C**

Local	Résistance de terre ( $\Omega$ )
<b>Salles d'opération</b>	5
<b>Salle de surveillance post-interventionnelle</b>	10
<b>Salle d'accouchement</b>	10
<b>salle de réanimation</b>	10
<b>Service de prématurés</b>	10
<b>Salle de radiologie conventionnelle</b>	10
<b>Salle d'échographie</b>	10
<b>Salle de traitement par ultrason</b>	10
<b>Salle d'hydrothérapie</b>	10
<b>Salles d'hospitalisation</b>	10
<b>Autres locaux à usage médical</b>	10
<b>Administration</b>	50
<b>Morgue</b>	10
<b>Buanderie</b>	50
<b>Pharmacies</b>	10
<b>Laboratoire</b>	10
<b>Ophtalmologie</b>	10
<b>ORL</b>	10
<b>Diabétologie</b>	10
<b>Stomatologie</b>	10
<b>Cantine</b>	50
<b>Magasin</b>	50
<b>Archives</b>	50
<b>Bureaux</b>	50
<b>Groupe électrogène (GE)</b>	50
<b>Atelier technique</b>	5

Mais en attendant la mise en œuvre du réseau de la **Figure 5**, nous proposons dans un premier temps, l'amélioration de la valeur des résistances de terre dans les locaux tels que la rééducation, le bloc opératoire, la SMI et les archives. Nous proposons ensuite, la réalisation d'une terre pour chacun des bâtiments abritant les services de la maternité (R26), la chirurgie (R27) et la médecine (R28). Il s'agit de trois grands bâtiments qui ne possèdent pas de terre isolée. Nous proposons enfin la réalisation d'une terre (R29) à laquelle seront reliés la buanderie, l'atelier technique et le bureau du pharmacien. La **Figure 6** montre le réseau de terre, prenant en compte ces propositions.

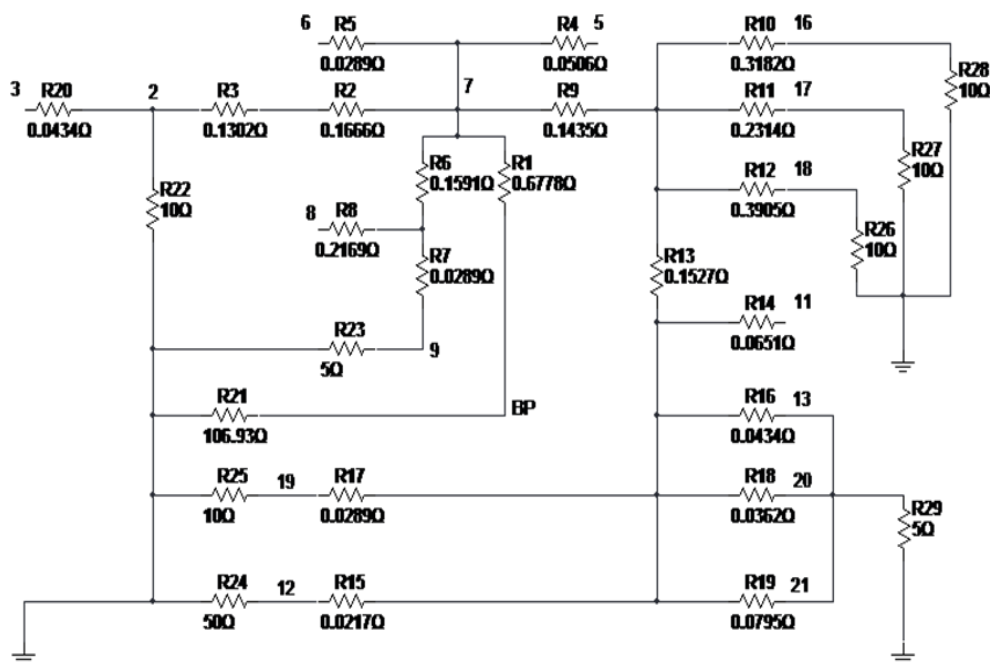


Figure 6 : Nouveau réseau proposé à court terme

Un tel réseau favorisera selon nos simulations, une réduction de la résistance globale allant de 86,42% à 89,46% par rapport au réseau initial. Les nouvelles valeurs de résistance sont conformes à la norme NF C15-211, la plus grande résistance globale évaluée par simulation étant 1,48 ohm. Le courant pouvant traverser un patient au bloc opératoire, pendant qu'un courant est en cours d'évacuation en radiologie, subit une réduction allant de 88,44% à 95,7% par rapport au réseau initial comme l'indique le **Tableau 8**.

Tableau 8 : Evaluation du courant pouvant traverser une personne en cas de défaut (réseau corrigé)

Courant injecté (A)		3,2	6,4	32	100
Tension de Contact présumée (V)		3,3482	6,6963	33,4843	104,5436
Peau mouillée	Potentiel (V)	2,8376	5,6738	28,3691	88,6408
	Résistance (Ω)	1000	1000	875	800
	Courant mesuré (mA)	2,8376	5,6738	32,4218	110,801
Peau immergée	Potentiel (V)	2,8334	5,6675	28,3232	88,4994
	Résistance (Ω)	500	500	440	400
	Courant mesuré (mA)	5,6668	11,335	64,3709	221,2485
Peau sèche	Potentiel (V)	2,8397	5,6795	28,396	88,7263
	Résistance (Ω)	5000	5000	4000	2000
	Courant Mesuré (mA)	0,5679	1,1359	7,099	44,3632
Peau humide	Potentiel (V)	2,8397	5,6781	28,3924	88,691
	Résistance (Ω)	2500	2500	2000	1500
	Courant Mesuré (mA)	1,1359	2,2712	14,1962	59,1273

### 3-8. Interprétations

Le régime de neutre adopté dans ce centre étant de type TT, ce courant circule également dans le réseau de terre et engendre une perte de puissance d'une part et l'élévation du potentiel de terre d'autre part. Cet état de chose compromet le bon fonctionnement des appareils électriques et entrave leur disponibilité à long terme. Puisque 76% des 24 locaux ont un facteur de bilan de puissance au moins égale à 0.5, une attention particulière doit être accordée à la sécurité électrique dans ce centre hospitalier. Les courants de fuite seront donc importants puisque l'intensité du courant appelé dans ces locaux a déjà atteint 50% de celle disponible. Tout ceci rend permanent, le risque de choc électrique. Or l'utilisation d'équipements électriques de diagnostic nécessite la mise en place d'un bon régime de terre [6, 12]. Ainsi étant donné que les activités menées au bloc opératoire ont une criticité de niveau 1 (aucune coupure admissible) [13], nous suggérons l'adoption du régime de terre IT médical pour son alimentation électrique. Une fois ces corrections effectuées, le réseau de terre doit désormais, faire l'objet d'un suivi scrupuleux, d'où la nécessité de doter l'atelier technique d'un telluromètre. Il est aussi capital d'œuvrer à la mise à jour régulière du bilan des charges électriques de l'hôpital à travers le suivi de l'installation de nouveaux équipements électriques et le déclassement des plus anciens.

### 4. Conclusion

Le bilan de charges électriques a généré des indicateurs de niveau de risque de perte de l'isolement comme le facteur de bilan de puissance qui nous ont été utiles dans le choix de la méthode de mesure de résistances de terre. La méthode que nous recommandons pour les mesures au CHD Z-C est celle qui utilise une pince de terre. Une fois les mesures effectuées, l'analyse et l'interprétation de toutes les données recueillies lors de cet état des lieux nous ont amené à notifier le non-respect des normes de mise à la terre en milieu hospitalier, aussi bien en matière de valeur de résistance qu'en matière de configuration du réseau. Les solutions que nous proposons aideront non seulement à garantir la sécurité électrique et à améliorer la qualité des soins mais aussi à préparer nos centres hospitaliers à accueillir les appareils électro médicaux de la dernière génération, qui ne fonctionnent pas avec une mauvaise terre électrique. Le cas du CHD Z-C n'est qu'un exemple qui met en exergue la problématique de la sécurité électrique en générale dans nos hôpitaux. Nous recommandons donc qu'une étude soit effectuée au niveau des autres centres hospitaliers afin de cerner le problème dans sa globalité. Ce qui permettra d'apporter des solutions adaptées à chaque situation.

### Références

- [1] - ARUNMOHAN, H. ABDUL ZUBAR, K. VISAGAVEL, "*Significance of health and safety management in healthcare service providers*", International Journal of Research in Engineering and Technology, 3 (11) (2014) 96-101, Available @ <http://www.ijret.org>.
- [2] - A. M. JONES, A. STOCKWELL, S. LAKE, "*Healthy workers and safe patients: The role of management policy and practice*", Health Professional Student Journal, 1(1) (2015) 1-4.
- [3] - G. MANIGANDAN, S. PERANANTHAM, K. SHANMUGAM, "*Fatal high voltage accidental electrocution - Two case reports*", International Journal of Forensic Science & Pathology, 2 (7) (2014) 57-60.
- [4] - K. AGHAKHANI, M. HEIDARI, A. OKAZI, V. YOUSEFINEJAD, L. ABDOLKARIMI, "*Electrical burn patients according to electrical voltage in Shahid Motahari Burn Center*", International Journal of Medical Toxicology and Forensic Medicine, 5 (1) (2015) 17-21.

- [5] - Norme NFC15-100, “*Installations électriques à basse tension*”, Ed. l’UTE, France(2002).
- [6] - S. C. ANGELAKI, G. SAATAKIS, D. PRIONAS, I. VALAIS, “*Electrical Safety of Medical Equipment An Experimental Approach*”, *e-Journal of Science & Technology*, 3 (9) (2014) 25-30.
- [7] - D. KYM, D. K. SEO, G. Y. HUR, J. W. LEE, “*Epidemiology Of Electrical Injury : Differences Between Low- And High-Voltage Electrical Injuries During A 7-Year Study Period In South Korea*”, *Scandinavian Journal of Surgery*, 104: 108–114, 2014.
- [8] - N. NIKNAM, M. MAHBOUBI, M. H. FARSAANI, M. MOGHISEH, A. G. SARTANG, Z. MOHAMMADI, H. YAZDI, H. JAFARI, R. MOHAMADNEZHAD, “*The Assessment of Safety Management in Operation Rooms of the Hospitals Related to Isfahan University of Medical Sciences in 2013*”, *Life Science Journal*, 11 (10s) (2014) 632-635.
- [9] - P. Guy, “*Histoire des sciences médicales - TOME XXXIII*”, 4<sup>ème</sup> Edition, Paris(1999).
- [10] - INSTITUT DE L’ENERGIE ET DE L’ENVIRONNEMENT DE LA FRANCOPHONIE (I. E. P. F.), “*Fiche technique PRISME N°4 : La maîtrise de l’énergie dans les établissements de santé*”, Imprimé au Québec (décembre 2006).
- [11] - SCHNEIDER ELECTRIC FRANCE, “*Garantir la sécurité de vos patients: Solutions de distribution électrique pour les hôpitaux*”, Ed. Altavia Connexion.
- [12] - W. S. PEASE, S. L. GROVE, “*Electrical Safety in Electrodiagnostic Medecine*”, *PM&R*, 5(5), Supplement (2013) S8-S13.
- [13] - J. ANCELLIN, “*La sécurité au bloc opératoire (2009) page 2*”.
- [14] - PHELMA, “*Sensibilisation aux risques électriques : partie théorique, page 2*”, Grenoble(2001).
- [15] - R. NADER, “*Ralph Nader’s most shocking Expose*”, *Ladies Home Journal*, 1970, pp. 176-179.
- [16] - L. MOUIZ, “*Contribution à l’efficacité énergétique dans les bâtiments publics : cas du Centre Hospitalier Départemental de l’Ouémé et du Plateau*”, Mémoire soutenu à l’Ecole Polytechnique d’Abomey Calavi, pour l’obtention du diplôme d’ingénieur de conception en Génie Electrique, UAC(2013).
- [17] - G. W. PETLEY, “*Hands-on defibrillation : Theoretical and practical aspects of patient and rescuer safety*”, *Official Journal Of The European Resuscitation Council*, 83(5) (2012) 551-556.
- [18] - J. J. WAGNER, T. N. INGRAM, “*Development of an Electric Medical Bed for an Inpatient Psychiatric Environment*”, *Journal of Psychosocial Nursing*, (2013), [www.sizewise.net](http://www.sizewise.net).
- [19] - M. MOORE, “*Case study: Electrical disaster recovery operations for a hospital*”, *Electrical Safety Workshop (ESW)*, 2013 IEEE IAS, 11(15) (2013) 69-76.
- [20] - F. DURSO, “*Front burner*”, *NFPA Journal*, (July/August 2013) 58-63.