

Conception et Réalisation d'une Toupie Electronique Pour la Vérification du Temps d'Exposition en Radiographie Médicale

Daton MEDENOU, C. Patrice BOHOUN, B. Serge KOGUI et C. Roland HOUSSOUVO*

*Département de Génie Biomédical Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC)
01 BP 2009 RP Cotonou, Benin*

* Correspondance, courriel : rhouessou2002@yahoo.fr

Résumé

Une démarche qualité en radiographie médicale consiste à vérifier la précision du calibrage des facteurs techniques dont le temps d'exposition du générateur de Rayons-X, soit à la toupie manuelle ou motorisée. La vérification du temps d'exposition avec la Toupie Manuelle se déroule sur un générateur de Rayons-X monophasé, celle avec la Toupie Motorisée est réservée aux générateurs alimentés en polyphasé. A ces deux restrictions s'ajoutent d'autres inconvénients comme la synchronisation de l'irradiation avec la vitesse de rotation de la Toupie ou la nécessité de plusieurs irradiations consommant ainsi plusieurs films radiographiques. Pour combler ces insuffisances, un dispositif électronique dénommé Toupie Electronique est conçu et réalisé. L'outil permet de sensibiliser le milieu hospitalier sur l'importance de la vérification du temps de pose. Cette étude contribue ainsi indirectement à la qualité des soins de santé par l'amélioration de la qualité de l'image radiographique et radioscopique. Cet outil va aussi contribuer à assurer une bonne maintenance à un coût optimum en des appareils de radiographie médicale.

Mots-Clés : *contrôle, manuelle, mesure, motorisée, qualité.*

Abstract

Design and Implementation of a Spinning Top Electronics for Exposure Time Checking in Medical Radiography

Quality in medical radiography approach is to verify the accuracy of the calibration of technical factors, including the exposure time of the X-ray generator, either the manual or motorized top. Verification of exposure time with Spinning Manual takes place on a single phase generator X-rays; the spinning top is for Motorized generators powered polyphase. In addition to these two restrictions are other disadvantages such as the timing of irradiation with the speed of rotation of the Spinning-Top or the need for several irradiation thus consuming more radiographic films. To address these shortcomings, an electronic device called Spinning Electronics has designed and built. The tool allows to sensitize the hospital on the importance of checking the exposure time. This study thus contributes indirectly to quality health care by improving the quality of radiographic and fluoroscopic picture. This tool will also help to ensure proper maintenance at optimum cost of medical radiography equipment

Keywords : *Control, manual, measure, motoring, quality.*

1. Introduction

Le diagnostic clinique est au centre des procédures médicales. Les images attendues en imagerie médicale devraient être de haute qualité. C'est pourquoi l'objectif d'un programme d'assurance qualité en radiographie diagnostic est de produire les radiogrammes avec un meilleur ratio qualité/risque pour le patient. Ce ratio dépend de certains paramètres essentiels [1-3]. Pour assurer la qualité, certains tests dont la vérification du temps d'exposition (TE), devraient être faits par le technologue radiologiste au journalier et par routine [4-6], ou par le technicien biomédical après chaque intervention de maintenance. Pour vérifier le TE en radiologie, la toupie est utilisée pour déterminer la précision et la reproductibilité de la minuterie sur les unités de radiographie monophasées ou triphasées [4, 7,8]. Il y a deux toupies fondamentales utilisées pour déterminer les TE des rayons-X: *la toupie manuelle et la toupie motorisée* [4] [8]. Dans la procédure de vérification du TE, on se base sur l'hypothèse que : L'émission des radiations est fonction de la fréquence du courant de la source d'alimentation et du type de bloc redresseur [4].

Ainsi, le résultat du test est fonction de la durée d'exposition, de la fréquence du courant qui alimente le tube et du bloc redresseur (Monophasé demi-onde, Monophasé pleine-onde, Triphasé) [8-11]. La mesure du TE est une obligation selon le décret N° 2001-1151 du 5 décembre 2001, [11-16]. Dans la pratique, la vérification du TE sur un générateur de rayons-X monophasé demi-onde ou pleine onde, se fait uniquement avec la toupie manuelle. Le cas sur un générateur de rayons-X alimentés en polyphasé n'est possible qu'avec la toupie motorisée. A ces deux restrictions s'ajoute le fait que : il faut deux opérateurs dont un exposé aux radiations durant la manipulation; la difficulté de synchroniser les radiations avec la rotation de la toupie; plusieurs radiations se font nécessitant plusieurs films donc un coût élevé; le temps dédié est long et nécessite le développement des films avant chaque analyse; un délai pour quantifier le pourcentage d'erreur.

L'objectif principal de ce travail est de contribuer à la qualité des soins de santé par le renforcement de la radioprotection du personnel impliqué dans les manipulations pour la mesure du temps d'exposition en cas de diagnostic-maintenance. Plus spécifiquement, il s'agit de concevoir et réaliser un outil moderne capable de mesurer réellement le temps d'exposition tout en corrigeant les insuffisances des outils traditionnels; de sensibiliser le milieu hospitalier de l'importance de la vérification du temps d'exposition. Dans les sections suivantes, après avoir décrit le matériel et méthodes, nous présenterons les résultats obtenus et terminons par la discussion et une conclusion avec les perspectives.

2. Matériel et méthodes

Les études et les expériences se sont déroulées dans le Laboratoire de Génie Electrique de l'Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC). En plus des composantes électroniques, voir la nomenclature dans la section 3.1, nous avons utilisé le Chronomètre/Fréquencemètre (Griffin display digital timer scaler & frequency meter/Chronomètre Griffin). Dans la procédure expérimentale, nous avons procédé à la *préparation technique du chronomètre Griffin*. En effet, pour que le chronomètre démarre son compteur il faut court-circuiter sa borne "Start" et pour l'arrêter il faut court-circuiter sa borne "Stop" en enlevant le court-circuit de démarrage.

3. Résultats

La toupie électronique que nous avons réalisé, comme l'indique la **Figure 1**, est constituée de trois blocs dont celui du capteur (**Figure 2 et Figure 3**), le bloc interface capteur-chronomètre (**Figure 2 et Figure 3**) et le chronomètre (**Figure 2 et Figure 3**).

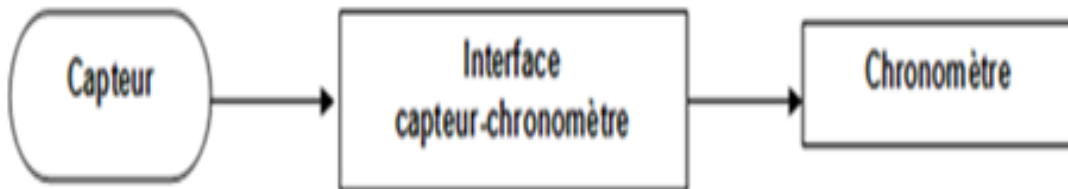


Figure 1 : Schéma des blocs fonctionnels de la toupie électronique proposée

3-1. Le Capteur (**Figure 2 et Figure 3**)

Il est constitué de deux photorésistances (LDR1 et LDR2) mises en parallèle et d'une plaquette de platino-cyanure de baryum (C_4BaN_4Pt). Cette dernière transforme les Rayons-X en lumière. En effet, lorsque les Rayons-X frappent la plaquette de C_4BaN_4Pt , les électrons qui gravitent autour du noyau de l'atome constituant le C_4BaN_4Pt gagnent d'énergie. Cette énergie permet aux électrons de gagner en couche supérieure et rend l'atome instable. Dans la quête de regagner leur stabilité les électrons libèrent l'énergie reçue en émettant un photon lumineux. On peut remplacer le C_4BaN_4Pt par le tungstate de cadmium ou le sulfure de zinc. La lumière fluorescente obtenue illumine les photorésistances dont la résistance équivalente devient faible. L'effet rémanent ne devrait pas être oublié. Le capteur réalisé est conditionné dans un emballage noir pour éviter l'influence de la lumière ambiante.

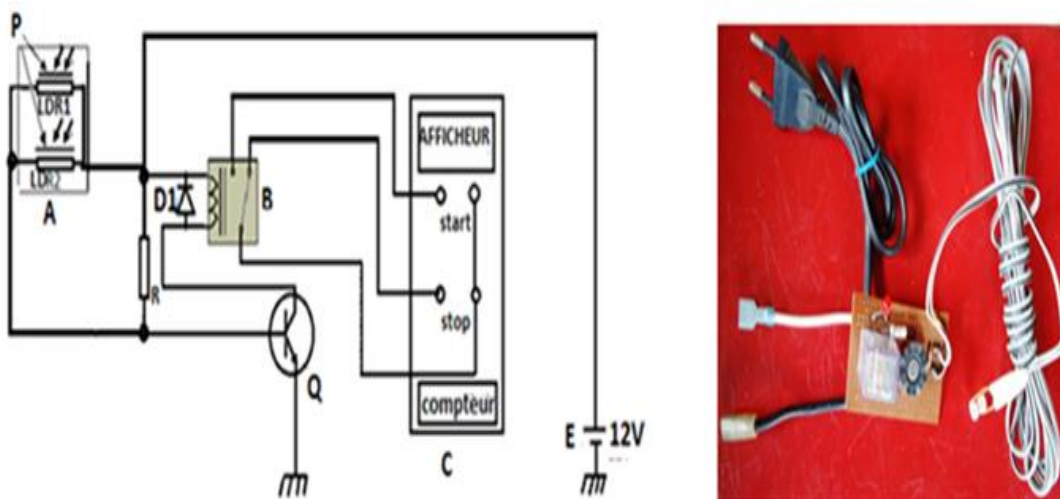


Figure 2 : Schéma électronique de l'ensemble capteur-interface-chronomètre (à gauche) et photo du capteur et l'interface (à droite)

La nomenclature

A	Capteur constitué de plaquette de platino-cyanure de baryum
LDR	Deux photorésistances
B	Relais électromagnétique. La mesure de la résistance de l'enroulement vaut 402Ω . Il sert à démarrer et à arrêter le chronomètre à travers ses contacts
D1	Diode 1N4001. Il joue le rôle de roue libre pour protéger la bobine du relais
E	Batterie 12V pour l'alimentation en courant continu constante
P	Plaquette de platino-cyanure de baryum qui s'illumine lorsqu'elle est bombardée par les rayons-X
Q	2N1711, transistor NPN utilisé en commutation pour exciter la bobine du relais
C	Chronomètre

3-2. L'Interface Capteur-Chronomètre (Figure 2 et Figure 3)

Le rôle de l'interface est de commuter pour actionner le démarrage du compteur lorsqu'elle reçoit l'information ou l'autorisation venant du capteur. L'interface a aussi pour rôle d'arrêter le compte lorsque l'irradiation s'arrête. Lorsque les photorésistances reçoivent l'information transmise, celles-ci laissent passer le courant venant de l'alimentation continue issue de la batterie qui permet d'exciter la base du transistor 2N1711. Une fois la base du transistor excitée celui-ci devient comme un interrupteur fermé et le courant la traverse du collecteur vers l'émetteur alimentant ainsi la bobine du relais qui peut à son tour commuter. Le changement de position du contact du relais permet de lancer le démarrage du compteur par la fermeture du contact *Start du chronomètre*. L'arrêt d'irradiation ramène la valeur des photorésistances à une valeur très élevée ce qui bloc immédiatement le transistor et le contact du relais passe à sa position de repos, ce qui actionne le contact d'arrêt (stop) du chronomètre.

3-3. Le Chronomètre (Figure 2 et Figure 3)

Le chronomètre utilisé est de la marque Griffin. Il intègre plusieurs fonctions à savoir : l'oscillation, comptage, décodage et affichage. Le chronomètre que nous avons associé a des plages de 1 milliseconde à 9,999 secondes ; de 0 à 99,99 secondes et de 0 à 999,9 secondes selon la plage choisie.

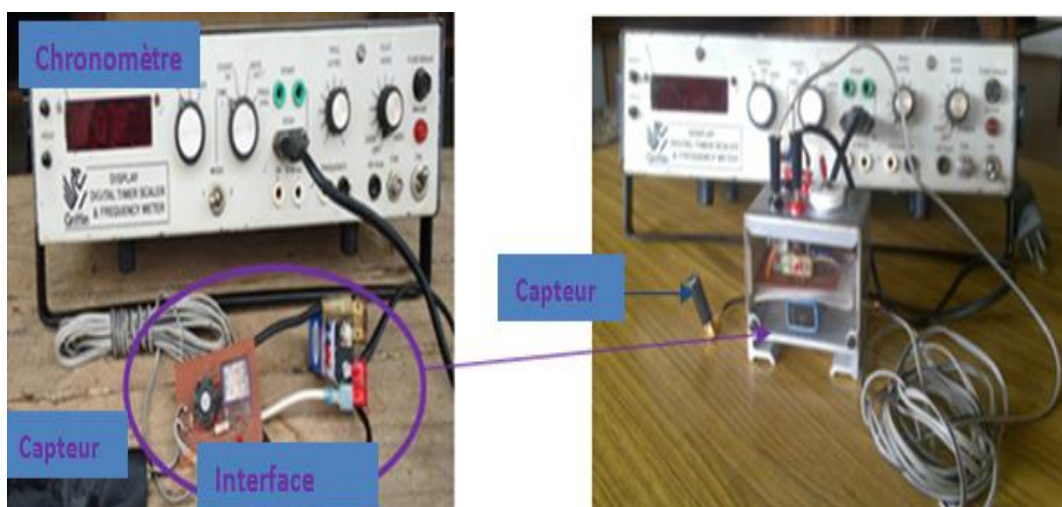


Figure 3 : Vue d'ensemble de capteur-interface-chronomètre

4. Discussion

En gros, l'outil réalisé va assurer la fonction de vérification du calibrage du contacteur d'exposition. Avec cette fonction, l'outil peut détecter un défaut de fonctionnement d'un contacteur d'exposition sur les appareils de radiographie. On pourra ainsi contourner les procédures à la toupie manuelle ou à la toupie motorisée avec tous les risques associés et avoir une idée sur le comportement du contacteur d'exposition. C'est un avantage et une différence principale au regard des "X-ray exposure timers" disponibles sur le marché (tels que: Electronic Control Concepts (ECC) 815; ECC 820; ECC 870; ECC 890; ECC 890 RS ; Victoreen 4000M+ ; Victoreen 451P et le TNT 12000.). L'instrument proposé dans son état actuel se veut être un outil complet de diagnostic et de contrôle qualité du temps d'exposition en radiographie. Bien que la toupie manuelle/motorisée offre un protocole plus complète en diagnostic-maintenance de qualité sur les modalités de radiographie, mais il ne s'agit pas seulement de connaître le temps d'exposition (TE) mais aussi connaître la forme du TE: *continue ou discontinue*. De plus, un défaut du temps d'exposition peut être dû soit à la minuterie, soit aux contacts du contacteur, soit au bloc redresseur soit simultanément avec les 2 ou les 3 systèmes à la fois. Ce sont seulement les toupies manuelle et motorisée qui permettent de faire ce diagnostic avec une précision élevée et par conséquent la toupie électronique proposée ici sera plus indiquée.

5. Conclusion et perspectives

De tout ce qui précède, nous pouvons dire que la toupie électronique proposée est un outil innové d'une grande utilité et importance dans le domaine d'imagerie médicale pour se conformer aux procédures de qualité et de respect des normes de radioprotection. L'ensemble de l'outil proposé offre une méthodologie plus complète pour la vérification du temps d'exposition dans une procédure de contrôle qualité. Principalement l'outil va permet de s'assurer de la fermeture et de l'ouverture des contacts du contacteur d'exposition et de recueillir des temps d'exposition de référence et par conséquent, le contrôle de l'état du minuteur. Il s'agit donc d'une technique différente de celle offerte par les outils disponibles sur le marché. Ou aura ainsi les mêmes précisions de diagnostic comme si on avait utilisé la toupie manuelle ou motorisée avec tous les inconvénients qui en découlent.

Notre invention est arrivée au bon moment où la maintenance et le contrôle qualité des générateurs de rayons-X sont d'actualité dans les centres de santé. En plus, le temps de pose en radiologie est déterminant dans l'obtention d'une image de bonne qualité et de préserver la santé du patient. C'est la raison principale qui explique tout l'importance de la toupie électronique. En perspective, l'outil proposé sera utilisé pour vérifier le temps d'exposition à l'instar des autres "exposure time meters" disponibles sur le marché afin d'évaluer sa reproductibilité et sa validité. De plus, les réflexions doivent se poursuivre pour réaliser un chronomètre dédié. Il est aussi nécessaire d'améliorer la sensibilité du capteur et de l'interface vis-à-vis des rayons-X. Il est aussi possible d'envisager utiliser la toupie électronique comme un dosimètre électronique pour savoir la quantité de rayons-X à laquelle un patient est exposé et l'amortissement du tube à rayons-X. Ce dispositif pourrait être amélioré et se concevoir avec un microcontrôleur.

Références

- [1] - M. BAKHOUCHE, A. RICHARD et A. VIOLET, "Radioprotection et dosimétrie état de l'art et perspectives d'avenir pour le service biomédical", *Projet Master MTS*, U.T.C (2005).
- [2] - D. MEDENOU, S. SANTOS, R. ABOHOU et S. AMADOU, Problématique de la maintenance hospitalière au Bénin : Cas de l'unité de radiologie, "Actes du 3ème Colloque des Sciences, Cultures et Technologies" l'UAC-Bénin, (2011) 331-347.
- [3] - S. MRAD et J. RUBAMBANA, "Quelles bonnes pratiques en contrôle qualité en radiologie conventionnelle?" *Projet d'intégration TSIBH*, URL: [http://www.utc.fr/~farges/ UTC\(2004-2005\)](http://www.utc.fr/~farges/UTC(2004-2005)).
- [4] - American Association of Physicists in Medicine, "Basic quality control in diagnostic radiology", Report No 4 (1997).
- [5] - World Health Organization, "Quality Assurance in Diagnostic Radiology: a guide prepared following a workshop held in Neuherberg" *Federal Republic of Germany*, ISBN 92 4 154164 4 (1982).
- [6] - A. E. OLIVEIRA, S. M. DE ALMEIDA, G. A. PAGANINI, F. HAITER NETO and F. N. BÓSCOLO, "Comparative Study of Two Digital Radiographic Storage Phosphor Systems", *Braz Dent J*, ISSN 0103-6440, 2 (11)(2000) 11-116.
- [7] - P. COLIN, B. D. S. and F. D. S. R. C. S., A modification of the "spinning top" principle for checking the accuracy of X-ray timers, *The British Journal of Radiology*, 44(520) (April 1971), DOI: <http://dx.doi.org/10.1259/0007-1285-44-520-322>, Published Online: January 28, (2014).
- [8] - J. W. ADDY, P. HARRISON, An improved "spinning top" for exposure timer checking coupled with a light beam checking device, *The British Journal of Radiology*, 42(495) (1969), DOI: <http://dx.doi.org/10.1259/0007-1285-42-495-229>, Published Online: January 28, (2014).
- [9] - J. M. BOONE and J. A. SEIBERT, "An accurate method for computer-generating tungsten anode x-ray spectra from 30 to 140 kV", *Med. Phys*, 24(1661) (1997), <http://dx.doi.org/10.1118/1.597953>.
- [10] - L. K. WAGNER, D. P. FONTENLA, C. KIMME-SMITH, L. N. ROTHENBERG, J. SHEPARD, J. M. BOONE, Recommendations on performance characteristics of diagnostic exposure meters: Report of AAPM Diagnostic X-Ray Imaging Task Group No. 6, *Med. Phys.* 19 (231) (1992), <http://dx.doi.org/10.1118/1.596904>.
- [11] - Directive 97/43/Euratom du conseil du 30 juin 1997 relative à la protection sanitaire des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants lors d'expositions à des fins médicales, remplaçant les directives 84/466/Euratom, *Journal officiel* n° L180 du 09/07/ (1997) p22-27.
- [12] - A. NEGRE, ROUQUET F., Précis de technique radiologique, "DOIN Editeurs", 7e Edition, (1972).
- [13] - P. C. OKPE, A. CHOIGNINO, Calibration des facteurs techniques du générateur de rayons x : le temps de pose, le milliampérage et le kilovoltage. "CPU", (1985).
- [14] - Critères de qualité et optimisation des doses: en radiologie conventionnelle, URL:<http://perso.Wanadoo.fr/eassa.cordo/SFROPRI/sommaire.htm>, consulté le (12 /06/2012).
- [15] - Décret n°2001-1154 du 5 décembre 2001 relatif à l'obligation de maintenance et au contrôle qualité des dispositifs médicaux prévus à l'article L.5212-1 du code de la santé publique, (3e partie : Décret), JORF n° 284 d u 7 décembre 2001, NOR : MESP0123968D.
- [16] - Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé, URL <http://www.agmed.sante.gouv.fr/>, consulté le (20 /05/2012).