

LA MODELISATION DE LA PERFORMANCE DES EQUIPEMENTS MEDICAUX VIA L'INTEGRATION DES INDICATEURS DE FIABILITE.

Rachid BENAMIROUCHE¹

Résumé :

La qualité d'un équipement médical est caractérisée essentiellement par sa fiabilité. A cet effet, la fiabilité est représentée par la probabilité qu'un système accomplisse une fonction requise dans des conditions d'utilisation et pour une période de temps déterminée. Par approche systémique, on constate que les interactions entre les éléments d'un même système entraînent généralement, une diminution de la capacité de fonctionnement du système dans sa globalité. D'ailleurs, la fiabilité d'un instrument biomédical est tributaire de l'analyse des défaillances (pannes) quand celui-ci est en service. A l'hôpital, le service chargé de la maintenance est appelé continuellement à collecter les données afférentes aux pannes des équipements d'exploration sur un temps très long car il s'agit de systèmes électroniques qui enregistrent des fréquences de pannes inférieures à ceux basés sur des technologies anciennes.

Vu l'importance de sûreté de fonctionnement d'un équipement Biomédical et puisqu'il s'agit de préserver au maximum les vies humaines, il est nécessaire de faire un suivi permanent dans le temps de ces équipements avec une analyse de leurs fiabilité, qui est un moyen de contrôle de fonctionnement et ainsi s'assurer de la validité des potentiels alloués. Ce suivi permet certainement, de sélectionner les meilleurs fournisseurs en tenant compte du rapport qualité (fiabilité) -prix.

Mots clés : maintenance, fiabilité, pannes, système.

1- INTRODUCTION :

Le manager est appelé à prendre constamment des décisions parfois urgentes pour apporter des correctifs au dysfonctionnement de l'organisation. A cet effet, ce dernier doit se doter d'un ensemble d'indicateurs éclairants sa décision. Cet ensemble forme le tableau de bord (TB). Dans notre cas, le système dit système d'information hospitalier, doit continuellement alimenter le TB en informations qui seront agrégées sous forme d'indicateurs. A ceci, s'ajoute la formation de certains indicateurs issus des outils et méthodes d'aide à la décision. L'objet de ce présent article est d'intégrer des indicateurs de performance afférents aux équipements biomédicaux au tableau de bord

¹Maître de conférences A, Ecole nationale supérieure de statistique et économie appliquée. Email :r bena2002@hotmail.com

relatifs aux établissements de santé. Cette nous a été dictée par la dominance du plateau technique sur la performance d'un hôpital. De même, à ce jour on a omis d'y intégrer des indicateurs de fiabilité pour une meilleure prise de décision.

2- LA MESURE DE LA PERFORMANCE ET LE TABLEAU DE BORD

Le tableau de bord de gestion permet tout d'abord au gestionnaire d'écouter la structure hospitalière par un suivi d'indicateurs éclairants de l'évolution de l'hôpital et facilitateurs d'actions.

Dans une institution hospitalière, la non-fiabilité d'un produit a des conséquences néfastes sur la qualité de service des soins sans oublier son impact sur les coûts de prise en charge des patients dû à l'augmentation de la durée moyenne de séjour pour les malades hospitalisés ou les patients suivis en externe expliqués dans ce cas, par le retard d'examen biologiques ou d'exploration (scanner , IRM,...).

On peut schématiser cet aspect comme suit :

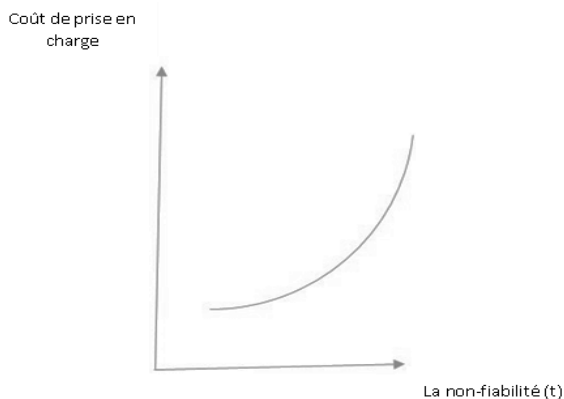


Figure 1 : Evolution du cout de la prise en charges des patients

Dans notre présente contribution , nos objectifs ne se résume pas à présenter les lois statistiques afférentes à la survie des équipements mais il s'agit d'intégrer les indicateurs de fiabilité dans le tableau de bord des gestion au sein de l'établissement de santé et ainsi proposer un mode de suivi des équipements médicaux en service pour assurer une meilleure production de soins dans le temps et permettre ainsi de prendre les mesures adéquates en matière de maintenance au bon moment et réajuster le potentiel des équipement en phase d'usure.

Pour le cadre hospitalier, ce type de connaissances permet de mieux comparer les équipements pour la même fonction et éviter de dissiper les responsabilités. C'est cette connaissance qui permet de contribuer sensiblement à atténuer les dépenses inutiles de santé car de nos jours, la tendance de performance d'un hôpital repose sur la qualité de son plateau technique.

De même, il est primordial d'analyser la fiabilité d'un système (équipement) dans un environnement de respect des conditions d'utilisation :

- Respect de la procédure de stockage, de température, de transport,...;
- Fixer le temps de référence de suivi des pannes du système en question parce que le temps est une mesure (variable) qui permet d'estimer les probabilités de fonctionnement sans défaillances ;
- Définir et normaliser le niveau de satisfaction (tolérance).

3- OBJECTIFS DE L'ANALYSE DE FIABILITE :

- Maintenir un système de surveillance des systèmes (équipements médicaux).
- Fournir un système de contrôle de réajustement des potentiels de ces équipements.

Etant donné, que les études de fiabilité sont des applications du calcul de probabilités qui ne peuvent se concrétiser que par la présence de données ou relevés d'exploitations (statistiques).

L'efficacité donc de l'analyse de fiabilité dépend essentiellement dans la continuité dans l'alimentation en données statistiques pour mesurer la fiabilité. Le débit en données doit être rapide et les valeurs indiquées d'actualité et précises. D'où la nécessité de se doter d'un système d'information performant permettant l'accès rapide aux données qui renseigne correctement la fiabilité de l'équipement (système).

Cette exigence permet la réparation du système défaillant en un temps raisonnable (aide à la décision) car il s'agit de prodiguer des explorations à des produits en attente de diagnostic et de thérapie.

4- LA FIABILITE DES EQUIPEMENTS :

4-1 Concepts et définitions :

4-1-1 La durée de vie d'un équipement :

C'est la durée de vie représentant le temps écoulé depuis sa mise en service au temps $t=0$.

On note cette durée par la variables aléatoire T .

Posons :

$$V(t) = P(T > t)$$

Où P est la probabilité.

$V(t)$ est appelé fiabilité ou sécurité de fonctionnement de l'appareil ou de système en général.

Pour éviter de distinguer les éléments de façon exhaustive : scanner, appareil biomédical,...

On désigne l'objet par le terme « système » au sens établi au chapitre premier. Ce système réalise une fonction donnée, dans des conditions déterminées et pendant un temps fixé t.

Par contre, la défaillance (panne) c'est la cessation de l'aptitude à accomplir une fonction dans des limites préétablies. Cette exigence de suivi de ces systèmes permet la réparation en un temps raisonnable (aide à la décision) car il s'agit de prodiguer des explorations à des patients en attentes de diagnostic et de thérapie.

4-1-2-Taux de pannes :

Ce taux est un paramètre de performance, il est considéré comme caractéristique du maintien des performances dans le temps.

A l'acquisition un certain nombre N_t d'appareils identiques (même fonctionnement à comparer), nous allons les faire fonctionner pendant un temps t.

Pour chaque équipement, au bout du temps « t » :

- ou il fonctionne encore et c'est une épreuve défavorable.
- ou il y a défaillance encore et c'est une épreuve favorable.

Soient :

N_f : le nombre d'épreuves favorables

N_d : le nombre d'épreuves défavorables

Avec

$$N_t = N_f + N_d$$

$$V(t) = \frac{N_f}{N_t}$$

$$V(t) = 1 - \frac{N_d}{N_t}$$

On note λ : taux de panne qui est la probabilité instantanée (une dérivée à l'instant t) de panne à l'instant t.

La fiabilité est fonction du temps ainsi que N_f , N_d alors que N_t est fonction du nombre d'appareils choisis lors de l'expérience (N_t est constante).

Etudiant la variation de $V(t)$ en fonction du temps :

où

$$\frac{dV}{dt} V(t) = \frac{N_t - N_f}{N_t}$$

$$\Rightarrow \frac{dV}{dt} = \frac{-1}{N_t} \frac{dN_f}{dt} \quad r(t)$$

dN_f/dt est un nombre d'accessoires qui tombent en panne entre t et $t + dt$
 Au temps t , il y'a encore N_d accessoires qui fonctionnent.

$$\lambda = \frac{-1}{N_d} \frac{dN_f}{dt}$$

On peut écrire

$$\lambda = -\frac{N_t}{N_d} \frac{dV}{dt} = \frac{-1}{V} \frac{dV}{dt}$$

$$\int_0^t \lambda dt = - \int_0^t \frac{dV}{V}$$

$$\Rightarrow -\log(V) = \int_0^t \lambda dt$$

$$V(t) = \exp\left(- \int_0^t \lambda dt\right)$$

Quand le taux de panne (λ) est pratiquement constant (cas de système électronique):

$$V(t) = \exp(-\lambda t)$$

$$\lambda = -\frac{1}{N_d} \frac{dN_f}{dt}$$

On remplace au fur et à mesure les accessoires défectueux, alors on aura :

$$N_d = N_t$$

$$\frac{1}{N_d} = -\frac{1}{N_t} = \text{constante}$$

$$\Rightarrow \frac{dN_f}{dt} = \text{constante}$$

Dans ce cas, la variation du nombre d'accessoires en panne varie linéairement avec le temps.

Alors que

$$N_f = kt \quad \Rightarrow k = \frac{N_f}{t}$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{1}{N_d} \frac{N_f}{t} = \frac{N_f}{N_t} t$$

5- INDICATEURS DE FIABILITE :

5-1 La moyenne des temps de bon fonctionnement (MTBF) :

Le MTBF (Mean Time Between Failure) : cet indicateur représente la moyenne des temps de bon fonctionnement entre deux pannes successives d'un système.

M.T.B.F = Durée de fonctionnement d'un accessoire / nombre total de panne retenues.

Cette moyenne est directement liée à la fiabilité :

$$V(t) = e^{-\lambda t}, t \text{ période de référence}$$

Sur une période t, on aura :

$$MTBF = t / \lambda \quad t = 1 / \lambda$$

avec λ constant

d'où $V(t) = e^{-t/M}$ ou M est MTBF par opposition on montre :

5-2 Taux d'utilisation ou de disponibilité (TU)

Il concerne le rapport entre la durée de fonctionnement spécifiée c'est-à-dire le rapport entre la durée de fonctionnement effectif (MTBF) et le temps où l'équipement (système) devait être utilisable (potentiel). On conclut que le TU peut être calculé comme suit :

$TU = MTBF/t$ (potentiel)

On peut remarquer que l'unité de la mesure de la durée diffère d'un instrument à un autre (nombre de pannes par heure ou par 1000 heures, etc....).pour la durée de bon fonctionnement représente la période de temps pendant laquelle le dispositif en service, est exposé à des pannes. Compte tenu que les équipements médicaux sont à base d'électronique avec une variation de $\lambda(t)$ qui est le taux de pannes pendant le temps t , selon trois zones :

Zone 1	Période de test
Zone 2	Période de maturité
Zone 3	Période de vieillissement

On s'intéresse à la zone 2 avec un taux de panne $\lambda(t)$ constant.

6- CONCLUSION :

Nous proposons un manuel d'alerte qui est un outil de surveillance des équipements médicaux dont le seuil d'alerte est fixé par le fournisseur ou constaté par l'équipe chargé du suivi de la maintenance comme seuil d'alerte et ce pour chaque type d'appareil avec une possibilité de réajustement du potentiel car celui-ci est sécurisant, ils peuvent être considérés en raison du mauvais fonctionnement d'un équipement.

En conclusion , le but de notre présent article dans un premier temps est d'introduire ces indicateurs d'aide à la décision et non l'exposé des concepts afférents à la fiabilité avec des systèmes plus compliqués et complexes (systèmes composés) où il serait intéressant de développer des indicateurs composites à intégrer dans le tableau de bord de gestion sanitaire qui fera certainement l'objet de résultats de nos prochaines recherches.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

1. **Afnor**, dispositifs médicaux–systèmes de management de la qualité, septembre 2012, www.afnor.org.
2. **G. Faye**, « guide de bonnes pratiques de l'ingénierie biomédicales en établissement de santé », Edition 2011,Paris-Lexitis.

3. **Humbert (J)**, « nouvelle méthodes d'analyse de la criticité dispositifs médicaux en exploitation, Université de Technologie de COMPIEGNE, 2013.
4. **MOTO L.**, Santé et multidisciplinarité Ed HERMES, Paris, 1995.
5. **GALLOU C., GALLOU F.**, L'innovation dans les services, ECONOMICA poche, 1996.
6. **FERNANDEZ A.**, Les nouveaux tableaux de bord des managers, Ed. Organisation, 2003.
7. **REIX R.**, Systèmes d'information et management des organisations, Vuibert 2^e édition 1998
8. **SOLOVY A.**, Survey shows a healthy return on investment, Hospitals health, New York, 2001
9. **FAURE (R) & LAURIERE**, Fiabilité et renouvellement des équipements, Ed DUNOD, 1975.
10. **KAUFMAN (X)**, La confiance technique : théorie mathématique de la fiabilité, Ed HERMES, 1971.