

*a rendre*  
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE GENERALE

4 Avril 1966

GROUPE ESSAIS-DEPANNAGE

DEG/GED/R.14 - CG/PB

*Note CEA N. 708*

NOTION D'EFFICACITE D'UN EQUIPEMENT ELECTRONIQUE ;

DISPONIBILITE, FIABILITE ET MAINTENABILITE

par  
C. GUYOT \*

I - L'efficacité ou la valeur d'un ensemble électronique est le plus souvent évaluée subjectivement. Les justifications d'emploi quant à l'intérêt du système pour les services, la probabilité espérée de bon fonctionnement ou, les économies qu'il permet de réaliser ne sont chiffrées de façon précise que d'après les résultats d'exploitation après l'acquisition et la mise en service.

---

(\*) Le même exposé a été présenté à la Maison de l'O.R.T.F. le  
4 Mars 1966

II - Depuis quelques années, cette notion a reçu une attention particulière outre atlantique. On peut dire maintenant qu'il est possible d'évaluer et de chiffrer objectivement, et, à priori, cette efficacité.

Les Américains appellent cela "SYSTEM EFFECTIVENESS".

III - Parmi les divers paramètres servant à chiffrer ou à démontrer l'efficacité, ou la valeur d'un ensemble, ou d'un système électronique, on trouve deux concepts importants :

III-1 Le concept de Fiabilité qui tient compte de la fréquence des pannes, et, que l'on définit comme étant la probabilité de bon fonctionnement du dispositif (composant, ensemble ou système), pendant un temps donné et dans des conditions d'utilisation données.

III-2 Le concept de Maintenabilité qui tient compte du temps pendant lequel un ensemble ou un système sera immobilisé par suite d'une défaillance. La maintenabilité est par définition la probabilité de remise en état d'un ensemble ou d'un système dans un temps donné, lorsque l'action de maintenance est exécutée, selon une procédure donnée et avec des moyens donnés.

IV - Ces deux notions sont d'une importance capitale lorsque l'on veut définir les chances de succès d'une mission complexe donnée. Il est commode dans ce cas de parler de "Disponibilité"

Ce critère simple, ainsi que nous le verrons, permet en effet de bien définir le problème, et, de déduire les méthodes et moyens optimaux à mettre en oeuvre pour augmenter les chances de succès de l'expérience.

IV-1 Le facteur de disponibilité opérationnelle est défini par le rapport suivant lorsque les ensembles fonctionnent en permanence :

$$Do = \frac{\text{Temps total d'utilisation}}{\text{Temps total d'utilisation} + \text{Temps total d'immobilisation}}$$

Le "Temps total d'immobilisation" comprend :

- Le temps total d'immobilisation pour remise en état c'est-à-dire le temps pendant lequel un ou plusieurs techniciens travaillent effectivement pour remettre en état l'ensemble ou le système;
- Le temps total d'immobilisation logistique, c'est-à-dire le temps pendant lequel il est nécessaire d'attendre pour disposer du composant ou de l'ensemble ou sous-ensemble de remplacement nécessaire, ou l'obtention de moyens de mesure appropriés;
- Le temps total d'immobilisation non technique ou administratif : périodes de congé, fêtes légales, heures de nuit, maladie, transport etc....

Ce temps administratif dépend du dynamisme de l'organisation ou de la Société; en réalité il est difficile de l'évaluer quantitativement à priori. De ce fait, il n'est pas toujours possible de définir une disponibilité opérationnelle d'une manière précise. L'expérience permet cependant de l'évaluer ou de lui fixer des limites.

IV-2 Par contre, il est plus facile d'évaluer le facteur de "disponibilité intrinsèque" qui est le rapport :

$$Di = \frac{M.T.B.F.}{M.T.B.F. + T.M.I.R.E.}$$

M.T.B.F. = Moyenne des Temps de Bon Fonctionnement

T.M.I.R.E. = Temps Moyen d'Immobilisation pour Remise en Etat.

Comme la fiabilité, la maintenabilité possède des règles et des hypothèses de travail précises. Par exemple :

- Les défauts sont signalés dès leur apparition;
- L'action corrective est déclenchée dès que la défaillance est signalée;
- Les appareils ne sont pas modifiés etc....

Sans entrer dans le "détail des méthodes d'évaluation que l'on peut trouver dans la littérature spécialisée (1), (2), (3), (4) et (5) on peut dire que la disponibilité intrinsèque est un bon estimateur de la disponibilité opérationnelle, laquelle est moins élevée en général.

Par ailleurs, l'expression de la disponibilité intrinsèque montre l'influence importante de la fiabilité et de la maintenabilité. Il faudra augmenter la M.T.B.F. et diminuer le temps moyen d'immobilisation pour remise en état si le facteur de disponibilité doit tendre vers l'unité.

Pour un matériel bien conçu du point de vue facilité de maintenance, c'est la M.T.B.F. qui est le paramètre prépondérant, et, l'on retrouve le vieil adage qu'il vaut mieux "prévenir" que "guérir".

Il est nécessaire que ces deux concepts soient bien compris des Ingénieurs d'études et de prototypes et de la direction. Il n'est pas possible d'améliorer beaucoup la disponibilité d'un ensemble peu fiable, à posteriori, par une maintenance renforcée. Cela conduit toujours à un gaspillage de moyens, et, si l'installation est complexe, cette procédure est vouée à un échec certain malgré les efforts des équipes de maintenance.

#### V - Procédures générales :

Pour chiffrer la probabilité de bon fonctionnement d'une installation électronique importante et pour donner des garanties à l'utilisateur sur la disponibilité, il est nécessaire de procéder logiquement.

V-1 D'abord, il convient de bien définir les ensembles formant l'installation, les objectifs à atteindre, la durée de l'expérience, le temps d'immobilisation admissible lors des défaillances, ce qu'on entend par défaillance.

V-2 Ensuite, on évalue la M.T.B.F. de chaque ensemble sans oublier que durant ce temps on ne peut garantir que 37 chances de succès sur 100.

La probabilité de survie est en effet donnée par la formule  $P_s = e^{-\lambda t}$  dans le cas de la distribution exponentielle.

Pour obtenir une probabilité de succès avec un niveau de confiance plus élevé, par exemple 90%, la durée de l'expérience considérée ne doit pas excéder 10% de la M.T.B.F., et, 1% seulement environ, pour atteindre un niveau de confiance de 99%.

V-3 On évaluera aussi la probabilité d'avoir moins de une, deux ou n défaillances durant la durée t de l'expérience.

L'expression est simple durant la période de vie utile à taux de défaillance constant (distribution exponentielle).

$$Ps(n) = e^{-\lambda t} \left[ 1 + \frac{\lambda t}{1!} + \frac{(\lambda t)^2}{2!} + \frac{(\lambda t)^3}{3!} + \dots + \frac{(\lambda t)^n}{n!} \right]$$

Considérons par exemple le cas d'une installation comprenant plusieurs ensembles électroniques identiques représentant une M.T.B.F. globale  $m = 100$  heures.

On pourra dire que cette installation à 90 chances sur 100 de fonctionner pendant 10 heures sans panne.

Mais, il ne faut pas oublier que pendant ce même temps, il y a 1 chance sur 10 d'avoir plus de 1 panne

La probabilité d'avoir 1 panne au moins pendant 10 heures est 0,99.

La probabilité d'avoir 2 pannes ou moins pendant le même temps est environ 0,995.

Selon le niveau de confiance à atteindre, il sera possible donc de définir les moyens à mettre en oeuvre du point de vue de la maintenance.

V-4 Il peut y avoir des incompatibilités. Pour atteindre la probabilité de survie exigée, ou la disponibilité demandée, il peut être envisagée alors d'utiliser la redondance, en particulier pour les appareils les moins sûrs ou les plus critiques pour l'expérience dans le schéma de l'installation.

Lorsque deux ensembles identiques fonctionnent en parallèle, et, que l'on peut passer de l'un à l'autre immédiatement si  $p_A$  est la probabilité de survie d'un ensemble, la probabilité pour que les deux ensembles tombent en panne est :

$q = (1 - p_s) \times (1 - p_A)$ . La probabilité de survie du système est donc :

$$p_s = 1 - q = 2p_s - p_s^2 = p_s \times (2 - p_s)$$

$p_s$  étant plus petit que l'unité,  $(2 - p_s)$  est supérieur à un.

La probabilité de survie de deux ensembles identiques fonctionnant en parallèle est donc supérieure à la probabilité de survie d'un ensemble unique. Par conséquent, on peut ainsi améliorer les chances de succès d'une expérience par ce moyen; la réparation ou le remplacement de l'ensemble défaillant doit être effectué dans un temps assez court pour ne pas compromettre les chances de succès.

Naturellement, le coût est plus élevé; le fait d'avoir doublé, le matériel conduit à doubler le taux de défaillance, et, il faut alors augmenter les moyens de la maintenance et du support logistique.

#### EN CONCLUSION :

- D'après ces quelques observations, on peut voir qu'il y a intérêt à améliorer :

1°) La fiabilité des appareils,

2°) La maintenabilité de ceux-ci,

si l'on veut garantir avec des moyens raisonnables, les chances de bon fonctionnement d'une installation électronique complexe pendant un temps donné,

- Chaque cas, doit être étudié attentivement de manière à aboutir à une solution optimale. Pour cela, il est indispensable que les objectifs et les conditions d'exploitation soient très clairement définies.

Enfin, je dois insister sur le fait que la Fiabilité n'est pas un domaine réservé à quelques spécialistes. C'est l'affaire de tout le monde, et avant tout, elle concerne la Direction responsable des décisions concernant le succès et la bonne marche d'une affaire. J'ai la conviction que la fiabilité apporte une aide précieuse.

REFERENCES :

- (1) Electronic Maintainability Vol.3 - FLANKEMBRANDT - Chapman Hall Ed. 1960
- (2) Reliability : management, methods and mathematics - LLOYD David et Myron Lipow - Ed. Printice Hall Inc. 1962.
- (3) Reliability Engineering ARINC Research Corporation Prentice Hall Inc. 1964.
- (4) Maintainability Requirements for Aerospace Systems and Equipment MIL-M-26.512 B (U.S.A.F.) 23 march 1962
- (5) Equipment Availability - An improved method of prediction - Oct. 1965.- I.E.E.E. Transactions on Aerospace Systems Vol. AES-1 n°2 pp.129-140.