Comprendre la terminologie et les facteurs
qui affectent la fiabilité des alimentations

Par Gary Bocock, directeur technique, XP Power

Il y a beaucoup d'aspects pour comprendre comment designer des produits fiables, mais commençons par quelques explications sur la terminologie employée pour décrire la fiabilité.

**Terminologie**

Le taux de défaillance **λ** est défini comme le pourcentage de pièces en défaut par unité de temps. Ceci varie durant la vie de l'équipement et la courbe caractéristique en forme de baignoire (Figure 1) est obtenue pour la plupart des équipements électroniques.

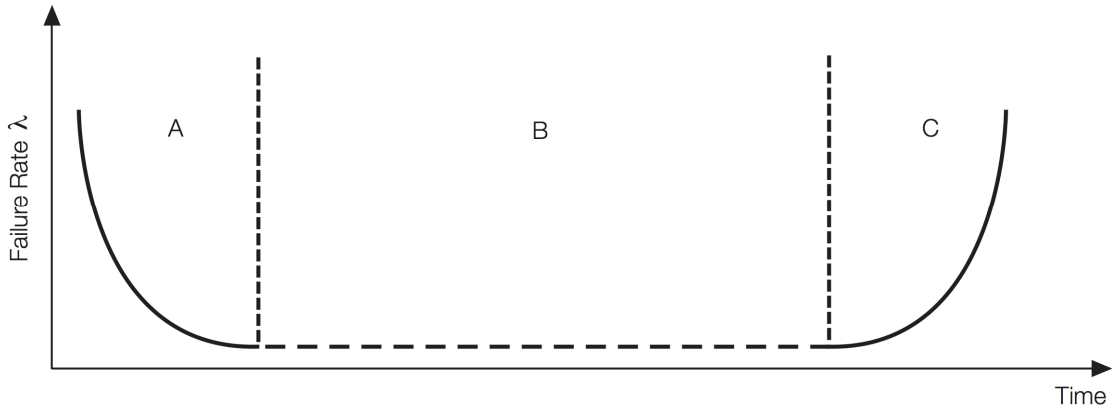



**Figure 1 – Courbe baignoire**

La courbe a trois sections, A – début de vie, B – vie utile, C – Fin de vie. Dans la section A, la mauvaise fabrication et des composants de mauvaise qualité provoquent les défaillances. Cette période intervient normalement dans les premières heures et le vieillissement en température est généralement utilisé pour éviter que ces défaillances interviennent sur le terrain. Ce vieillissement n'élimine pas complétement l'apparition de ces pannes mais il permet à ces pannes d' apparaître  chez le fabricant plutôt que chez le client ou sur le terrain. Dans la section B, le taux de défaillance est

pratiquement constant et c'est uniquement pour cette partie que les analyses suivantes s'appliquent.
Finalement dans la section C, les composants commencent à tomber en panne en atteignant leur fin de vie. Les condensateurs électrolytiques sèchent, les roulements des ventilateurs se grippent, les mécanismes d'interrupteur se cassent etc. Bien appliquée, la maintenance préventive peut repousser l'apparition de cette section.

La fiabilité est définie comme la probabilité qu'une partie d'équipement fonctionnant sous certaines conditions fonctionnera de façon satisfaisante pendant une période de temps donnée. La probabilité est impliquée car il est impossible de prévoir le comportement avec certitude. Les critères pour une performance satisfaisante doivent être aussi définis ainsi que les conditions de fonctionnement comme l'entrée, la sortie, la température, la charge, ect.
Le MTBF (Mean Time Between Failures) s'applique aux équipements qui sont retournés pour réparation et s'applique aux parties qui seront mises au rebus.
Le MTBF est l'inverse du taux de défaillance et est fréquemment mal compris. Il est souvent supposé que le chiffre de MTBF indique un temps minimum garanti entre les pannes. Cette supposition est incorrecte et pour cette raison il est recommandé d'utiliser le taux de défaillance plutôt que le MTBF

Les calculs sont exprimés comme suit:

$$m = \frac{1}{\lambda}$$

$$R_{(t)} = e^{-\lambda t} = e^{-(t/m)}$$

$$m = \frac{t}{\log_{(n)}\left(\frac{1}{R_{(t)}}\right)}$$

Where $R_{(t)}$ = reliability
$e$ = exponential (2.178)
$\lambda$ = failure rate
$m$ = mtbf
$t$ = time

**Figure 2 – Formule de fiabilité**

Ceci montre que pour un taux de défaillance constant, la fiabilité ‘$R_{(t)}$’ en fonction du temps ‘t’ donne une courbe exponentielle négative. Quand t/m = 1, i.e. après un temps ‘t’, numériquement égal au chiffre de MTBF ‘m’, alors

$R_{(t)} = e^{-1} = 0.37$

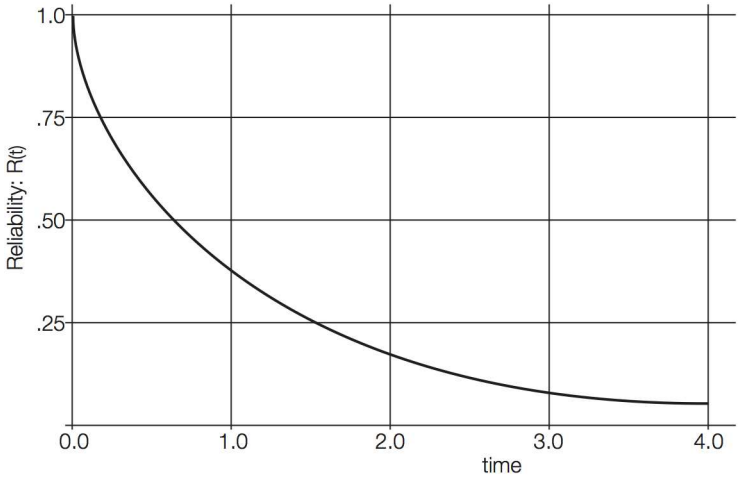



**Figure 3 – Courbe de fiabilité**

Cette équation peut être interprétée de nombreuses manières:
a) Si une grande quantité de pièces est considérée, seulement 37% survivront aussi longtemps que le chiffre de MTBF.
b) Pour une pièce, la probabilité qu’elle fonctionnera aussi longtemps que le chiffre de MTBF est seulement de 37%.
c) La pièce fonctionnera aussi longtemps que son chiffre de MTBF avec un coefficient de confiance de 37%.

Pour mettre ces chiffres dans le contexte, considérons une alimentation avec un MTBF de 500,000 heures (ou un taux de défaillance de 0.002 pour 1000 heures), ou comme un publicitaire le présenterait un MTBF de 57 ans. En utilisant les équations ci-dessus, $R_{(t)}$ pour 26,280 heures (trois ans) est approximativement 0.95 et si cette pièce est utilisée 24 heures par jour, pendant trois ans la probabilité de son bon fonctionnement est de 95%. Le

même calcul pour une période de dix ans donnera un $R_{(t)}$ de 84%. Si 700 pièces sont utilisée, une moyenne de 0.2%/1000hrs tombera en panne, ou approximativement une par mois.

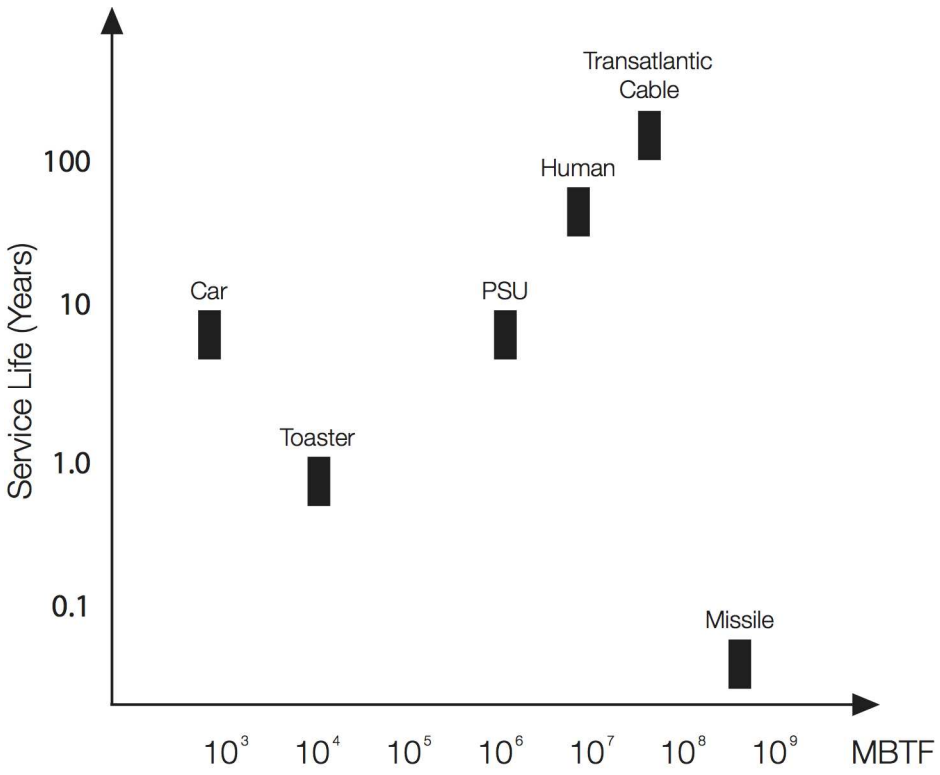



**Figure 4 – Comparaison de la durée de vie de différents produits**

Il n'y a pas de lien direct ou de corrélation entre la durée de vie et le taux de défaillance. Il est parfaitement possible de designer un produit très fiable avec une durée de vie courte. Un exemple typique est le missile, qui a doit être très fiable (MTBF de plusieurs millions d'heures) mais sa durée de vie n'est que d'environ 4 minutes. Un être humain de 25 ans a un MTBF de 800 ans (taux de défauts de 0.1% par an), mais peu ont une durée de vie comparable à leur MTBF. Un MTBF élevé ne signifie pas nécessairement une durée de vie longue.

**Facteurs affectant la fiabilité**

Le plus important est un design soigné basé une expérience solide qui permet de prévoir des marges de sécurité. Malheureusement ceci ne se voit pas dans les prédictions qui supposent un design parfait.

Beaucoup de pannes d'équipements électroniques sur le terrain ne sont pas dues aux schémas classiques de pannes aléatoires discutés ici mais à des défauts au niveau du design et à des erreurs dans l'utilisation des composants ainsi qu'à des éléments extérieurs comme des pics de tension occasionnels. Faire un produit robuste avec un design soigné et des tests de stress contrôlés est très important pour faire un produit fiable.

Le taux de défaillance de l'équipement dépend des trois facteurs suivants.

Complexité : Faire simple, car ce qui n'est pas là ne peut pas tomber en panne mais inversement ce qui n'est pas là peut provoquer une défaillance. Une spécification compliquée ou difficile résulte invariablement dans une fiabilité réduite. Ceci n'est pas dû aux erreurs de l'équipe de design mais au nombre de composants. Chaque composant utilisé contribue à la fiabilité de l'équipement.

Stress : Pour les équipements électroniques les stress les plus importants sont la température, la tension, les vibrations et l'élévation de température dûe au courant. L'effet de chacun de ces stress sur chacun des composants doit être pris en compte. Pour obtenir un très bon niveau de fiabilité, différentes marges de sécurité doivent être appliquées à ces niveaux de stress en tenant compte des implications de coût et d'encombrement. Une grande attention aux détails est nécessaire pour réduire les stress thermiques au maximum. Le routage du circuit doit permettre aux composants dégageant de la chaleur d'être le plus éloignés des autres et être refroidis d'une façon identique. Les barrières thermiques sont utilisées à bon escient et avec une ventilation adéquate. L'importance de ces facteurs ne peut pas être ignorée car le taux de défaillance des composants double pour une augmentation de température de 10℃. Diminuer la taille du produit sans augmenter son rendement augmente sa température et donc sa fiabilité.

Générique : la fiabilité générique (aussi connue sous le nom de fiabilité inhérente) se réfère au fait par exemple que les condensateurs à films sont

plus fiables que les condensateurs électrolytiques, les connexions en wrap plus fiables que les connexions par soudures, les résistances fixes plus fiables que les potentiomètres. Les composants doivent être soigneusement sélectionnés pour éviter de fort taux de défaillance inhérente. Souvent il s'agit d'un compromis car les composants fiables peuvent être plus chers.

**Estimer le taux de défaillance**

Le taux de défaillance devrait être estimé et mesuré durant la vie de l'équipement. Pendant le design, il est prédit. Pendant la fabrication il est évalué. Pendant la durée de vie il est observé.

Le taux de défaillance est prédit en évaluant chaque facteur affectant la fiabilité pour chaque composant et en les additionnant pour obtenir le taux de défaillance de l'équipement entier. Il est essentiel que les bases de données utilisées soient définies et utilisées en conséquence. Il y a trois bases de données utilisées communément : la MIL-HDBK-217, la HRD5 et la Bellcore. Elles reflètent respectivement les expériences de la marine US, de British Telecom et Bell Telephone.

En général, les prédictions supposent que le design soit parfait, les stress connus, les marges de sécurité appliquées, que seuls les pannes aléatoires apparaissent; et que la base de données soit valide. Ces suppositions sont incorrectes. Le design est loin d'être parfait, les bases de données ne sont plus à jour. Quoiqu'il en soit ces prédictions sont utilisées pour comparer différentes topologies ou approches plutôt que d'établir une fiabilité absolue.

**Prédiction**

Méthode par stress des composants

Dans cette méthode, chaque facteur affectant la fiabilité de chaque composant est évalué. Une alimentation a plus de 100 composants et chaque composant environ sept facteurs (taux de stress, générique, température, qualité, environnement, construction et complexité), cette méthode demande des efforts considérables et du temps. Les prédictions sont généralement faites par ordre pour comparer les différentes approches et topologies, par exemple quand les informations détaillées du design ne sont pas disponibles

et que le design lui-même n’est pas figé. Dans ces conditions, le plus simple et le plus rapide est d’utiliser la méthode ‘’parts count’’.

Méthode Parts count

Dans cette méthode, tous les composants de même type sont regroupés ensemble et les facteurs moyens alloués pour le groupe. Par exemple plutôt que de travailler sur tous les facteurs pour chacun des 15 condensateurs électrolytiques utilisés, il n’y a qu’une donnée pour le groupe et pour une quantité de 15. Habituellement seulement deux facteurs sont appliqués, générique et qualité. Les autres facteurs incluant les niveaux de stress sont supposés être à des niveaux réalistes et permettre le calcul. Pour cette raison, les facteurs ne sont pas interchangeables entre les deux méthodes. En général, pour les alimentations, la HRD5 donne le résultat le plus favorable suivit de près par la Bellcore, la MIL-217 étant la plus défavorable. Cela dépend du mixte des composants dans l’équipement, une base de données pouvant être défavorables pour les circuits intégrés, une autre défavorable pour les transistors FET, de là l’importance de comparer les résultats pour la même base.

Estimation

Cette méthode est la plus utile et la plus précise pour prédire un taux de défaillance. Un nombre de pièces sont mises en test de fonctionnement à une température élevée et les stress et l’environnement sont contrôlés.

Malgré tous les moyens sophistiqués disponibles sur ordinateur, il n’y a toujours pas de remplacement aux tests minutieux des composants et produits. Une façon de faire consiste à effectuer des tests HALT (Highly Accelerated Life Test) pour tester autant de conditions que possible et de faire des séquences en température, en tension d’entrée et charge indépendamment.

Un point final est l’attention à la méthode de fabrication utilisée. Le manuel d’assemblage peut être sujet à des erreurs et entraîner des stress involontaires sur les composants. Des contrôles minutieux et une gestion de la chaîne de production doivent être observés.