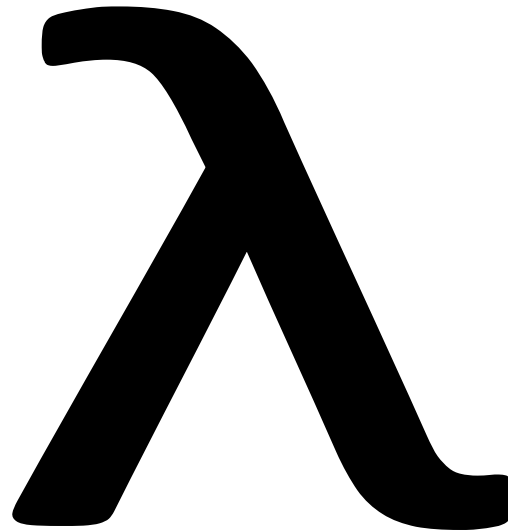


# Approche élémentaire pratique de la fiabilité



Moyens et Méthodes à mettre en  
œuvre pour la garantir

**Préambule** : Cette présentation ne prétend pas aborder tous les sujets liés à la fiabilité ,sujets qui ont fait l'objet ,et font toujours l'objet de nombreuses études théoriques et pratiques .La fiabilité est ,comme on le verra un sujet à aborder en étroite liaison avec la Qualité,outil de pointe non dissociable de la Fiabilité.

Le WEB et les bibliothèques techniques offrent un panorama remarquablement vaste d'expériences ,d'exemples ,de développements, de cours et de thèses sur la Qualité et la Fiabilité et leurs sujets connexes et pourront compléter les approches proposées dans cette présentation.

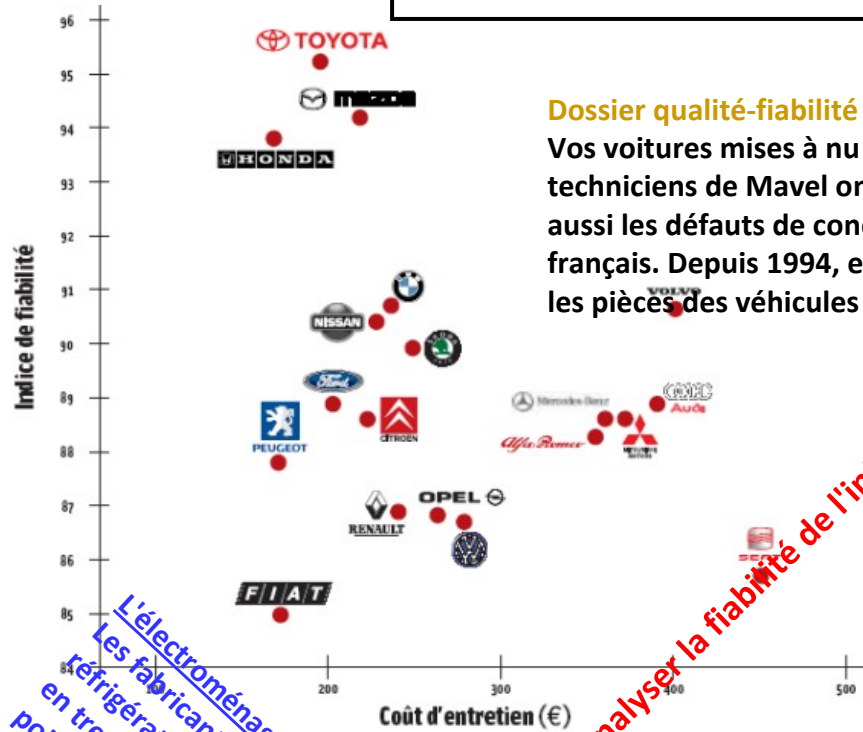
## HISTORIQUE

Depuis la seconde guerre mondiale l'électronique n'a cessé de progresser dans tous les dispositifs principalement destinés au domaine militaire. Des développements importants ont vu le jour pendant la « guerre froide » afin de donner à chaque « bloc » une supériorité (toujours temporaire ),le plus souvent en raison des mises au point successives et itératives des systèmes de mesures et de contre-mesures ,puis de missiles ,contre-missiles etc..

La guerre de Corée a fait se rendre compte aux Américains que leurs matériels n'étaient qu'à 30% opérationnels au moment de leur utilisation :ce qui a accéléré l'étude et la mise en application de toute une infrastructure destinée à garantir la fourniture de composants et de matériels destinés aux Armées :le système MIL-STD était né.

En France les « Normes » et spécifications CCTU puis NFC/UTE ont pour la plupart repris les concepts Américains de définition des composants et systèmes d'assurance de la Qualité .Puis l'Europe a produit des normes CECC ,et ensuite avec le succès que l'on sait les spécifications ESA.

Cependant ,si le domaine Militaire a toujours continué de progresser , les exigences en matière de qualité et de fiabilité se sont renforcées sous la pression du domaine Automobile (et quelquefois Industriel) dont les spécifications s'avèrent plus exigeantes (QS 9000) que celles des militaires



**Dossier qualité-fiabilité**

Vos voitures mises à nu : En exclusivité pour L'Automobile Magazine, les techniciens de Mavel ont accepté de vous divulguer les secrets de fabrication, mais aussi les défauts de conception, des modèles les plus représentatifs du marché français. Depuis 1994, en effet, cette société démonte, ausculte et analyse toutes les pièces des véhicules les plus vendus.

Analysez la fiabilité de l'information sur Internet

L'électroménager défend la fiabilité de ses produits  
Les fabricants affirment que la durée de vie des réfrigérateurs et des machines à laver n'a que peu baissé en trente ans. Les associations de consommateurs pointent la fréquence des pannes et la difficulté de réparation.

Étude de fiabilité des ordinateurs portables par marques  
29 août 2010  
Le choix de son ordinateur portable est important et beaucoup de critères peuvent entrer en ligne de compte. L'autonomie, la taille de l'écran, le design, les capacités de la mémoire vive, de la carte graphique, du processeur ou du disque dur, et bien sûr le prix. Mais ce qui reste difficile à évaluer pour le client, c'est la fiabilité sur le long terme.  
Il fallait donc que quelqu'un pense à faire des statistiques de longue durée sur les retours en Service Après-Vente pour cette analyse de matériel informatique, a réalisé et publié dans la garantie en Novembre 2009 sur plus de 30.000 ordinateurs portables achetés en magasin et couverts par la Garantie constructeur des marques qui dominent ce marché.

Fiabilité des indicateurs de corruption et aide au développement

## Qualité initiale –Notion de composant « ppm »

Dans le domaine de la qualité, notamment dans le secteur automobile, le « ppm » est habituellement utilisé comme indicateur du niveau qualité. Il mesure le nombre de pièces non-conformes par millions de pièces produites, aussi appelé DPMO (Defect Per Million Opportunities dans la méthode 6 $\sigma$ )

Les automobiles sont de plus en plus complexes, et la défaillance d'un seul élément engendre dans la plupart des cas la défaillance du véhicule lui-même. La seule possibilité de réduire le risque de défaillance à niveau acceptable consiste à atteindre le niveau de qualité le plus haut possible sur chacune des pièces assemblées.

**Ceci concerne en particulier l'électronique contenue dans les calculateurs (CF Article « Laguna »)**

Pour atteindre ce niveau de qualité élevé, il est impératif d'atteindre également une maîtrise complète des processus de fabrication. La mesure de la qualité des pièces produites par ces processus (et donc — indirectement — la mesure de la fiabilité et de la constance de ce processus) se fait en termes de ppm. Les constructeurs automobile exigent de la part de leurs fournisseurs (sous-traitants, équipementiers) un « niveau de ppm » relativement bas.

Même si l'exigence générale reste le « zéro défaut », les constructeurs autorisent parfois contractuellement un taux de défaillance, de l'ordre de 5 à 50 ppm selon les produits, et dans la mesure où ces défaillances potentielles seront détectées durant les étapes d'assemblage du véhicule, donc avant sa mise en circulation.

Un processus d'assurance qualité conséquent est nécessaire, pour atteindre les niveaux de qualité requis par les constructeurs. Ceci se fait, par exemple, par la mise en place d'outils tels que la maîtrise statistique des procédés et le calcul des « capacités process » (Cpk,.).

## Qualité ? Fiabilité ? De quoi parle-t-on ?

La Renault Laguna mise à nu : On a démonté la Renault Laguna  
Oubliés les déboires de son aînée ! La Laguna 3 vient d'être désossée.  
Diagnostic : une étonnante qualité de conception et de fabrication et, pour ne rien gâcher, une excellente fiabilité

"Se classer dans le Top 3 de sa catégorie en matière de qualité produit et de service" : tel était l'engagement solennel de Renault au lancement de la Laguna troisième du nom, fin mai 2007. Pour enfoncer le clou, ses concepteurs la parent d'une garantie 3 ans ou 150.000 km.

La promesse a-t-elle été tenue ? La réponse est sans équivoque : oui. Hormis d'inévitables bugs électroniques vite éradiqués en après-vente, touchant des fonctions secondaires, comme l'instrumentation de bord, la fiabilité est excellente

.. Qu'en est-il de la qualité de fabrication ? Pour le savoir, les techniciens Mavel ont démonté une version Estate, équipée du 2.0 dCi 150. Premier constat : la structure de cette Laguna a été conçue en vue de réduire le poids et optimiser l'acoustique. C'est la première Renault plus légère que le modèle qu'elle remplace. La chasse aux kilos superflus a ainsi été poursuivie jusque dans les vis de fixation des roues : les vingt têtes creuses (cinq par roue) ont permis de gagner 700 grammes !



Les ailes en plastique, déformables en cas de petits chocs, ont été abandonnées au profit de pièces en acier, qui participent grandement à la qualité perçue.

## Airbus confirme des fissures sur l'A380 et dit avoir la solution

DUBLIN (Reuters) - Airbus a attribué l'apparition de fissures les ailes d'une série d'A380 [à des défauts de conception et de fabrication](#) et a dit mercredi avoir travaillé à l'élaboration d'une solution en deux étapes, tout en soulignant que son appareil pouvait continuer de voler en toute sécurité.

L'avionneur européen a confirmé une information de Reuters selon laquelle il avait découvert de nouvelles fissures lors des inspections réclamées par les autorités de sécurité aérienne cette semaine.

Il a toutefois refusé de donner davantage de précisions avant la fin de la première phase de ces inspections, prévue vendredi.

"L'A380 est sûr", a déclaré Tom Williams, vice-président exécutif des programmes d'Airbus.



Les fissures sont le fait à la fois du choix d'un alliage d'aluminium pour certaines fixations des ailes et [des tests imposés à deux étapes du processus de fabrication](#), a-t-il ajouté.

Tom Williams s'est envolé pour Dublin pour une série de points presse [destinés à rassurer sur la fiabilité de l'A380](#).

Airbus a rejeté des appels lancés par un syndicat de mécaniciens australiens pour clouer au sol le très gros porteur, estimant que ceci n'avait pas été exigé par les autorités.

L'Agence européenne de la sécurité aérienne (EASA) a demandé vendredi des inspections d'urgence sur un tiers des Airbus A380, soit 22 appareils, après la découverte de [micro-fissures](#) sur les ailes du plus gros avion de ligne au monde.

Depuis, des ingénieurs inspectant des A380 à la recherche d'éventuelles "criques", ou petites fissures, en ont découvert sur au moins un appareil.

## Quelques Définitions

La **Qualité** d'un produit ou d'un équipement se caractérise par son degré de conformité aux paramètres des spécifications qui le définissent.

Cette qualité peut être satisfaisante au temps «  $T_0$  » mais doit **conserver** sa valeur opérationnelle pendant une **période de temps déterminée** : ce produit ou cet équipement se doit donc d'être **« Fiable »**.

Conserver cette valeur opérationnelle dans le temps est cependant associé à un risque ou une probabilité de défaillance : **la Fiabilité est la probabilité** que ce produit ou cet équipement fonctionne pendant la période de temps et sous les conditions d'utilisations pour lesquelles il a été conçu.

Parler de « Fiabilité » n'a de sens que si le produit et/ou l'équipement a fait l'objet **d'une bonne conception** et d'une réalisation soignée et que l'un ou l'autre a subi **essais et pré-conditionnements jugés nécessaires à l'élimination de leurs défauts de jeunesse**.

Les interactions entre Qualité et Fiabilité sont indissociables et leurs frontières difficiles à définir , nous verrons cependant comment les aborder au travers des informations fournies.

- **Qualité et Fiabilité** (Définitions –Introduction- Concepts MIL-HDBK /ESA /ISO)
- **Moyens à mettre en œuvre pour assurer Qualité et Fiabilité**



## Précautions à prendre et Description d'une vie de composant

Avant d'utiliser un composant ou un sous-équipement dans une application donnée il est nécessaire de se renseigner sur les points suivants:

- Niveau de fiabilité requis pour l'équipement
- Complexité de l'équipement (nombre de composants défaillants pouvant stopper l'équipement)
- Coût résultant d'une défaillance de l'équipement et coût de la réparation nécessaire
- Contraintes d'environnement mécanique ,électriques ,thermiques et climatiques.

Pour la plupart des composants ,dont des millions ,voire des milliards ont été et sont utilisés on observe pendant leur durée de vie moyenne trois phases distinctes:

- Phase 1: Zone dite de défaillance précoce ou de mortalité infantile: on pourra éliminer ces défauts par un conditionnement approprié appelé « déverminage » (Tension et/ou VRT par exemple).
- Phase 2 :Le taux de défaillance se stabilise à une valeur très faible et les défaillances surviennent au hasard :c'est la vie utile du composant ou du système.
- Phase 3:Zone dite de vieillesse :accélération des pannes dues à l'usure

# Détermination de la fiabilité d'un composant par méthode expérimentale

Supposons que nous voulions connaître la fiabilité d'un condensateur dans un environnement donné (tension et température par exemple )

Pour ce faire nous prélevons d'une production stabilisée normale et homogène un certain nombre de condensateurs :550 par exemple et observons ce qui se passe :

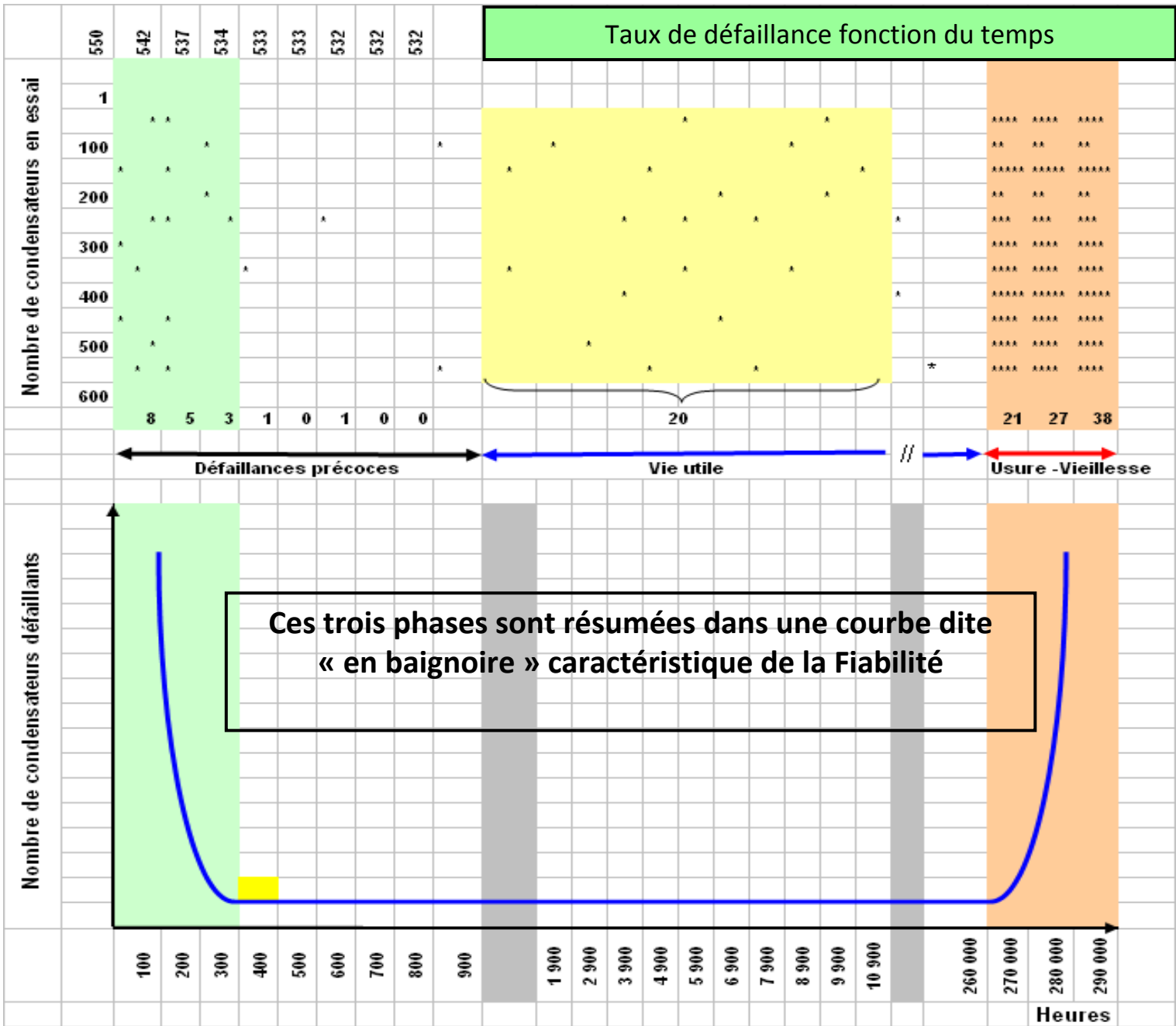
- Après 100 heures ,8 condensateurs décèdent
- Après 200 heures ,5 de plus
- Après 300 heures ,3 de plus

Nous remarquons que le nombre de défaillances par unité de temps décroît :c'est la **période des défaillances précoces ,ou défauts de jeunesse**. Nous verrons plus loin comment s'abstraire de cette période par des essais de Burn-in ou Halt selon les composants considérés et la destination du matériel.

Après 700 heures on peut dire que tous les défauts de jeunesse ont été éliminés ;aux environs de 800 à 900heures ce taux de défaillance restera **quasiment constant** et le composant remplira alors totalement sa mission ce sera sa **période de vie utile** (Pendant la période qui va de 900 heures à 10 900 heures le nombre moyen de défaillances par 1000 heures étant de 2).Les défaillances constatées sont appelées « catalectiques ».

En continuant l'essai au-delà de plusieurs centaines de milliers d'heures on assisterait à une augmentation sensible de défaillances ( 21 entre 260 et 270 000 heures , 27 entre 270et 280 000 heures etc..) :la **période des défaillances catastrophiques ou défauts d'usure** serait alors atteinte

Ces trois périodes apparaissent nettement sur la courbe de défaillances avec le temps ,appelée courbe en « baignoire » .



## Exemple de calcul du taux de fiabilité (courbe précédente)

- 550 condensateurs en essai
- 18 « décèdent » pendant les premières heures
- 532 condensateurs demeurent en essai

En supposant que la **valeur de  $\lambda$  est constante pendant la durée de vie utile (Cf Loi Exponentielle)** et si 2 condensateurs défont (hors dérive) chaque 1000 heures, on peut dire que :

$(2 / 532) \times 100 = 0.376$  est la probabilité pour qu'un condensateur sur 100 soit défont chaque 1000 heures

ou encore que la probabilité de défont est de :

$$\lambda = 0.376\%/1000 \text{ heures} \text{ ou } 0.376\% \times 10^{-3} \text{ par heure} = 0.376 \times 10^{-3} \times 10^{-2}$$




$$\lambda = 3.76 \times 10^{-6} \text{ par composant et par heure}$$

## Moyenne des temps de bon fonctionnement (MTBF = Mean Time Between Failure)

La mesure de la fiabilité durant la vie utile est le temps moyen qui s'écoule entre deux défaillances consécutives (MTBF) en prenant en considération la totalité des heures d'essai accumulées par les composants (Cf Définitions)

$\Theta$  = Nombre total d'heures d'essai accumulées par les composants ( $n \times t$ ), divisé par le nombre de défaillances ( $k$ )


$$\text{MTBF} = \Theta = n \times t / k$$

Exemple initial :

$n$  = nombre de pièces contenues dans l'échantillon = 532 condensateurs

$t$  = nombre d'heures d'essai = 10 000

$k$  = nombre de défaillances = 20

$\text{MTBF} = (532 \times 10\,000) / 20 = 266\,000$  heures

Ce même résultat aurait pu être obtenu après 1900 heures : en effet deux défaillances ont été constatées entre 900 et 1900 heures, soit une période de 1000 heures :

$\text{MTBF} = (532 \times 1\,000) / 2 = 266\,000$  heures

Un calcul similaire pour une autre période de temps et un autre nombre de défaillances pourrait cependant conduire à une fausse représentation de la fiabilité de l'échantillon : dans l'exemple précédent, passer de 2 à 3 (ou 1) défaillances peut faire varier le MTBF de 178 000 à 532 000 heures.

Par conséquent une estimation plus précise ne sera possible qu'en accroissant le nombre de (composants x heures) testés.

## Niveaux de confiance dans la détermination des paramètres « taux de défaillance ou MTBF »

### Notion de valeur vraie ( $\theta$ ) et valeur estimée ( $\theta'$ )

Dans le cas de l'essai pris en exemple initial (532 condensateurs en test), supposons que l'essai soit arrêté au bout de 3000 heures et que 6 défaillances aient été constatées au bout de ce temps (en ayant remplacé les condensateurs morts dans l'intervalle) :

$$\theta' = (532 \times 3000) / 6 = 266\,000 \text{ heures}$$

Démarrons un autre essai avec 532 composants et observons les défaillances (1 à 6) avec le temps :

- 1= 800 heures
- 2= 950 heures
- 3=1120 heures
- 4=1900 heures
- 5=2000 heures
- 6=2800 heures

La meilleure estimation de  $\theta$  (vraie) serait :

$$\theta = [(800+950+1120+1900+2000+2800) + (532-6) \times 3000] / 6 = \underline{264\,595 \text{ heures}}$$

L'occurrence des défauts au cours d'un tel essai ou de ses répétitions éventuelles peut modifier sensiblement les valeurs du MTBF : en arrêtant l'essai à 2800 heures, la valeur de  $\theta$  deviendrait :

$$\theta = (532 \times 2800) / 6 = 248\,267 \text{ heures}$$

**Le MTBF est l'inverse du taux de fiabilité :  $MTBF = \Theta = 1/\lambda$**

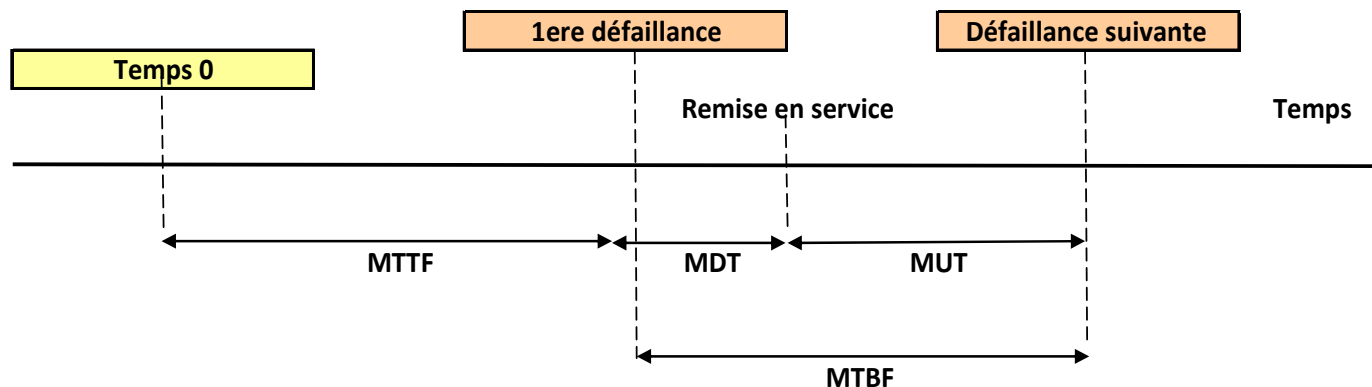
**Un MTBF de 266 000 heures ne veut pas dire que ce condensateur se maintiendra en fonctionnement pendant tout ce temps, mais qu'il n'aura que 37% de probabilité de survivre à un essai de durée égale à ce temps (nous verrons ce point plus loin)**

**Le MTBF n'est qu'une donnée de fiabilité exprimant dans quelle mesure le composant présentera un comportement fiable pendant sa vie utile.**

**En fait selon la Norme NFX60 500 le MTBF ,historiquement considéré pour les composants , s'applique surtout aux systèmes réparables car il s'agit du temps « entre deux défaillances » ,il faudrait plutôt lui substituer le terme MTTF :Mean Time To Failure (cf slide N°23); mais ces deux termes seront proches si le temps d'indisponibilité pour réparation est très faible devant le temps de fonctionnement jusqu'à la prochaine défaillance ,dans ce cas on pourra écrire que  $MTTF = MTBF$**

**Source A.Socard**

# Qualité dans le temps : Fiabilité-Terminologie



MTTF	Mean Time To Failure	Temps Moyen de fonctionnement avant panne
MTBF	Mean Time Between Failure	Temps Moyen entre pannes
MDT	Mean Down Time	Durée moyenne d'indisponibilité
MUT	Mean Up Time	Durée moyenne de fonctionnement après réparation
MTTR	Mean Time To Repare	Durée moyenne de réparation

Nota : Si  $MDT \ll MUT$  alors MTTF et MTBF très voisins

Source Fiateq (web)

**Exemple :** Produits catalogués sous marque MERLIN-GERIN Multi 9 Disjoncteurs, différentiels, parafoudres, auxiliaires, et accessoires Multi 9 coffrets Pragma C, D, et F, Mini Pragma, Kaedra, Opale et Mini Opale accessoires d'installation .**Nous, soussignés SCHNEIDER ELECTRIC, déclarons par la présente que nos produits catalogués sous marque MERLIN-GERIN Multi9 ont fait l'objet d'une étude de fiabilité conduisant à un MTTF calculé supérieur à 100 ans.**



## Quelques Définitions : Probabilité

On considère la notion de probabilité lorsque l'on veut étudier une population-homogène- à partir d'observations effectuées sur des échantillons .Cette extrapolation s'effectue à l'aide de modèles mathématiques fourni par le calcul des probabilités.

### Éléments de probabilité:

La probabilité d'un événement est un nombre compris entre 0(impossibilité) et 1(certitude) et la somme des probabilités de chacun des événements incompatibles est égale à l'unité:

$$P(\text{événement}) + P(\text{contraire événement})=1$$

### Principales lois de probabilité:

- Loi normale (loi de Gauss ou loi de Laplace –Gauss
- Loi Binomiale (loi de Bernoulli)
- Loi de Poisson
- Loi exponentielle (utilisée lorsque les défaillances sont indépendantes et aléatoires- Taux de défaillance  $\lambda$  est constant dans le temps durant vie utile :exemple plus loin)
- Loi de Weibull
- Loi du Khi-deux

# Probabilité de survie des composants

Probabilité pour qu'un composant continue à fonctionner sans défaillance pendant un temps donné :  
connaissance de sa probabilité de survie

Seule la période de vie utile sera considérée (taux de défaillance réputé constant) à l'exclusion des périodes de défauts de jeunesse (défaillances précoces) et de vieillissement (défaut d'usure).

Par expérience le nombre de défaillances par unité de temps pendant la vie utile suit une **distribution de Poisson** donnant la probabilité d'observer au plus « k » défaillances dans l'intervalle « 0-t » appelée distribution exponentielle cumulative

$$P(0-k) = \sum_{i=0}^k e^{-\lambda t} \frac{(\lambda t)^i}{i!}$$

La **probabilité de survie** en l'absence de défaillance (k=0) peut s'écrire :

- R(t) = probabilité de survie à l'instant « t »
- λ = taux de défaillance en composants x heures
- t = temps

$$P(0) = R(t) = e^{-\lambda t}$$

Le complément de la probabilité de survie est appelé la **fonction cumulative de défaillance** :

$$F(t) = 1 - R(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

### Courbe de fiabilité à taux de défaillance constant

La probabilité de survie d'un composant au temps  $t = \theta$  (MTBF) est de :  $R(t) = e^{-\lambda\theta}$  (avec  $\theta = 1/\lambda$ )  $====e^{-1} = 0.37$   
Le MTBF représente le temps ou en moyenne seulement 37% du groupe initial de condensateurs restent en fonctionnement.

Exemple d'un condensateur dont le  $\lambda$  est évalué à : 1%/1000h

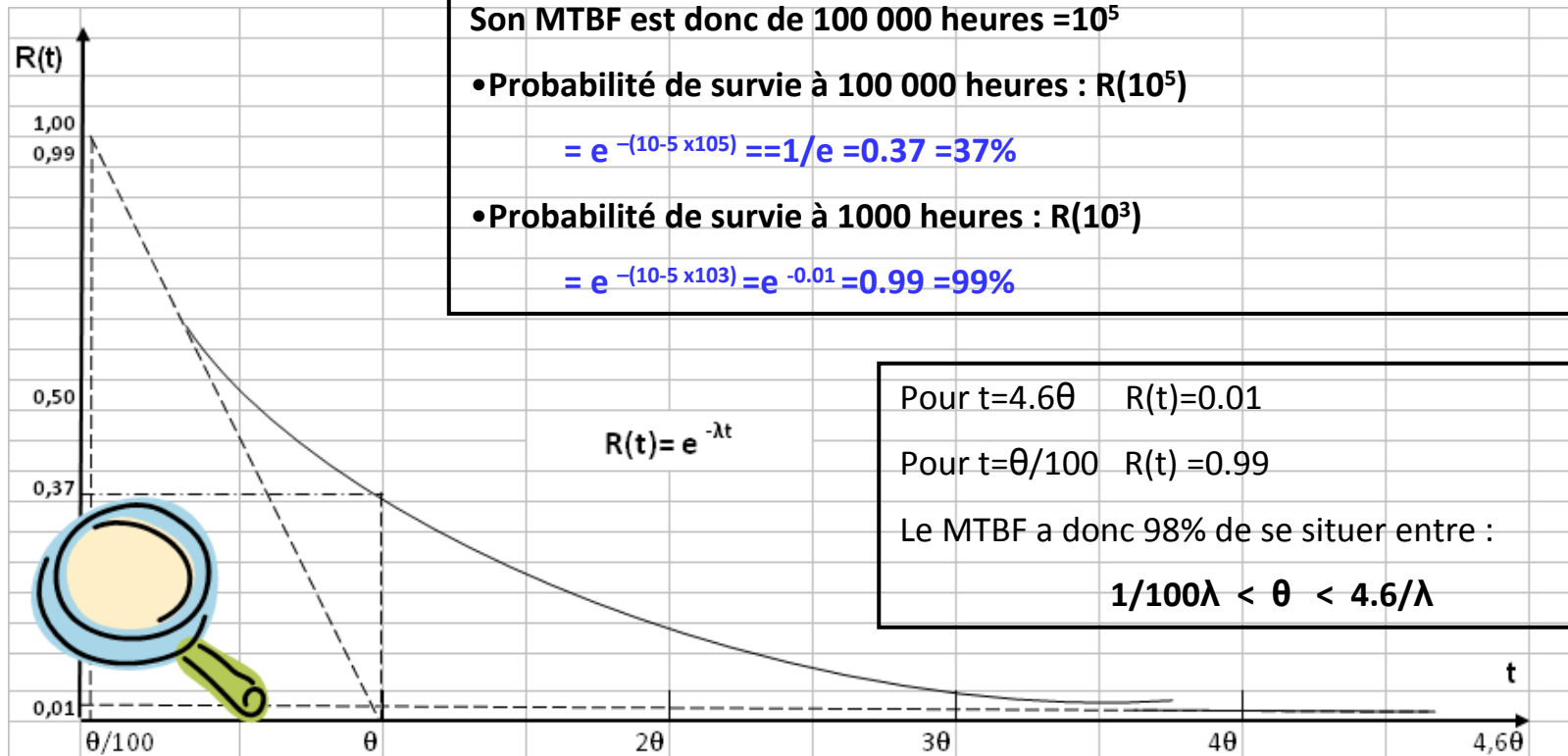
Son MTBF est donc de 100 000 heures =  $10^5$

• Probabilité de survie à 100 000 heures :  $R(10^5)$

$$= e^{-(10^{-5} \times 10^5)} = 1/e = 0.37 = 37\%$$

• Probabilité de survie à 1000 heures :  $R(10^3)$

$$= e^{-(10^{-5} \times 10^3)} = e^{-0.01} = 0.99 = 99\%$$



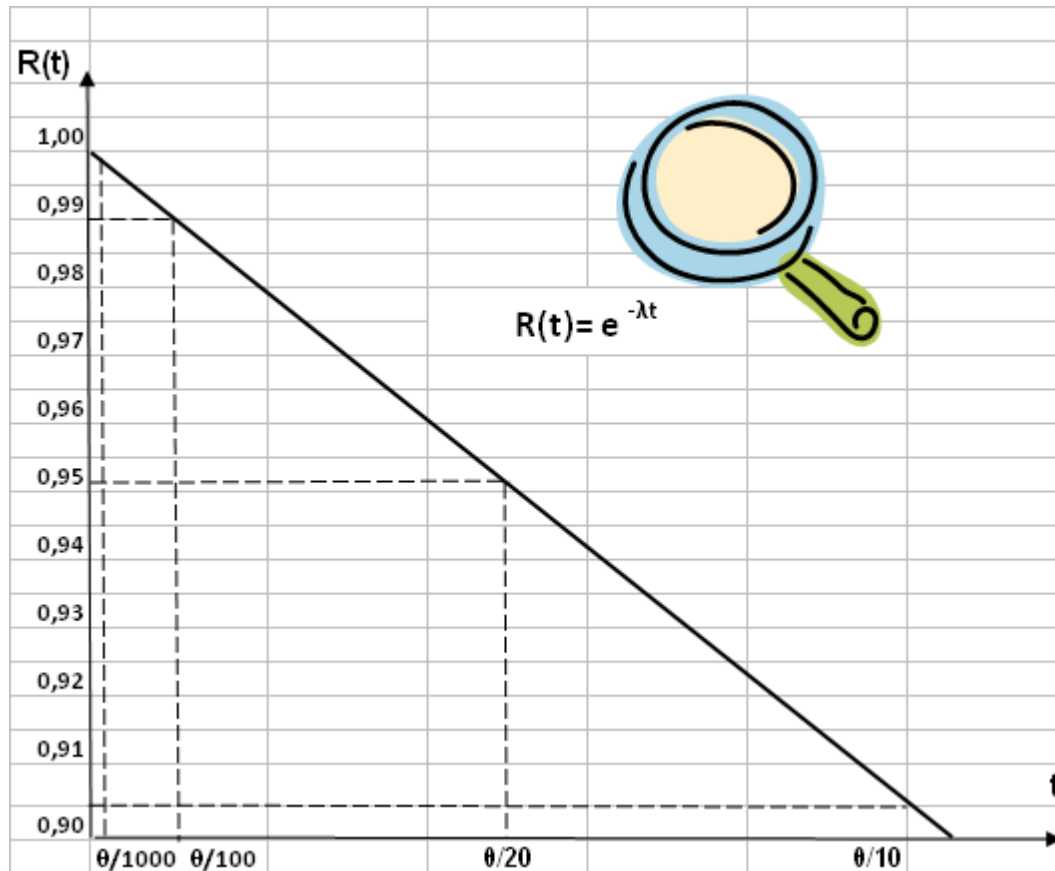
Pour  $t = 4.6\theta$   $R(t) = 0.01$

Pour  $t = \theta/100$   $R(t) = 0.99$

Le MTBF a donc 98% de se situer entre :

$$1/100\lambda < \theta < 4.6/\lambda$$

## Agrandissement de la courbe précédente (assez proche d'une droite )



### En pratique :

Si on se donne pour  $\theta = 2$  ans ( 104 semaines ) on peut dire que le système ou le composant a 1% de probabilité de tomber en panne la première semaine (  $\theta = 104/100$  ) et/ou 1% de chance de survivre au-delà 9 ans (  $4.6 \times 2$  ans = 9.2 ans ).

Le paramètre  $\lambda$  représente la fiabilité du composant ou du système et s'exprime la plupart du temps en FIT « Failure in time »: 1 FIT représente 1 défaillance par milliard d'heure ( $10^9$ ) soit 1 défaut tous les 114 ans et se déduit des résultats d'essais accélérés de vieillissement.

# Fiabilité $\lambda$

**Commence par une maîtrise de tous les processus à mettre en place**

## Environnement :

Applications Outdoor/Indoor-Gamme de température-Dynamique de variation de température-Humidité-Type atmosphère-Chocs –Vibrations –Secousses-Risques électriques :surtension due à foudre ,autre cause ?

## Utilisation:

Fréquente –Peu fréquente (set & forget ?) –Disponibilité haute ou faible –Maintenabilité-MCO (conditions opérationnelles)

## Définition –Application et maîtrise des processus (ISO 9000)

Choix des fournisseurs et des sous-traitants et leur suivi Qualité  
Choix des composants/ sous-systèmes et systèmes selon besoin

## Elaboration des spécifications nécessaires à:

Qualification interne des produits fabriqués

Satisfaire exigences environnementales (rohs-reach)-Pérennité des matières premières (ISO 14000)

Méthodes de production et de contrôle

Qualification et suivi Qualité des fournisseurs et des sous-traitants

Mettre en place les procédures de retour et de mise en application des actions correctives

## Qualité initiale (1)

### Choix du fournisseur –Evaluation des paramètres suivants

- Sa situation financière
- Ses moyens d'étude et de production
- Ses références Nationales et /ou Internationales (Clients –Marchés)
- Ses qualifications existantes (ESA/MIL) –Ses procédures qualité
- Ses référentiels (ISO 9001/14000)

### Choix du produit dans la ligne du fournisseur

- Validité de la technologie (sécurité d'approvisionnement /matières premières )
- Satisfaction aux directives en vigueur (Reach, RoHs)
- Evaluation des faiblesses éventuelles inhérentes à la technologie considérée
- Homologation /Qualification interne –Spécifications –Validation
- Qualifications existantes (ESA/MIL/Autres)

## Qualité initiale (2)

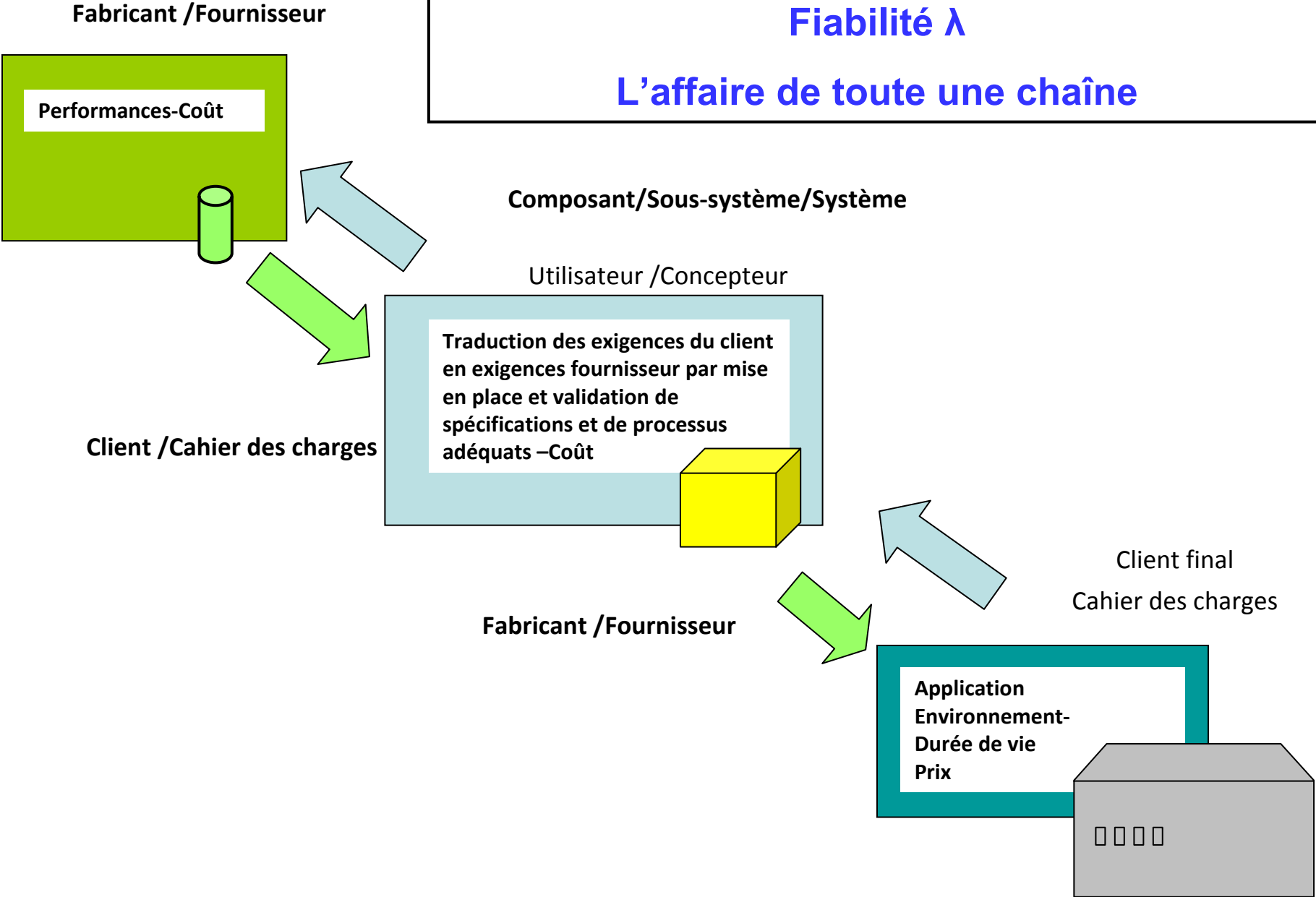
### Etapes de fabrications et de contrôles

- Production automatique ou manuelle (Mise en évidence des étapes réputées « opérateur-dépendantes »).
- Nombre de pièces produites (jour/mois /année) –Capacité utilisée
- Pourcentage de défaut (notion de « ppm composant » )
- Capabilité du procédé de fabrication visant à estimer l'écart entre la limite supérieure ou inférieure et la moyenne de la spécification par rapport à la dispersion de la fabrication.

### Spécifications

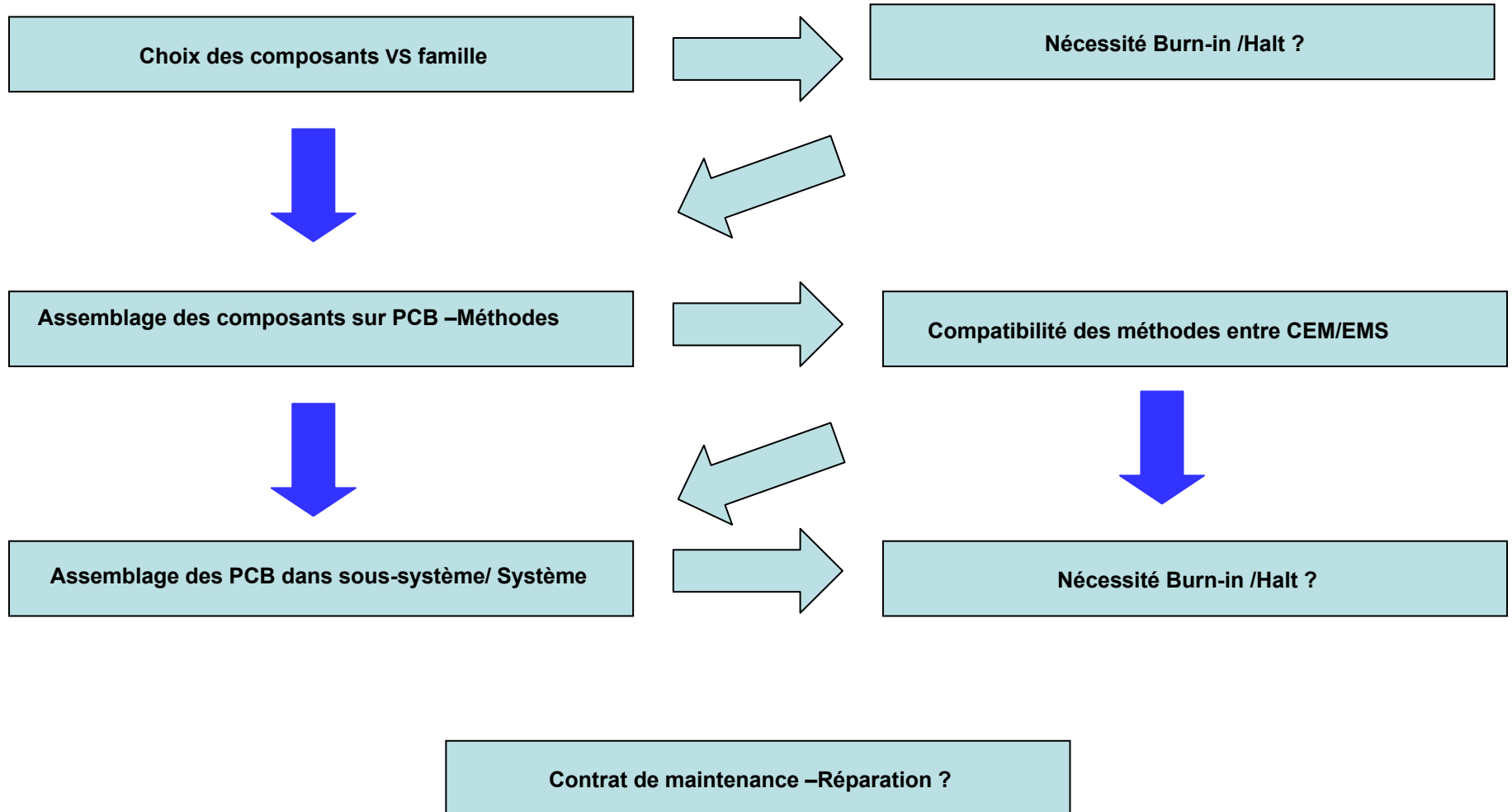
- D'achat de composants et/ou de matières premières
- Du produit
- De sa qualification interne
- De sa fabrication
- De ses contrôle périodique et/ou lot-par-lot

**Fiabilité  $\lambda$**   
**L'affaire de toute une chaîne**

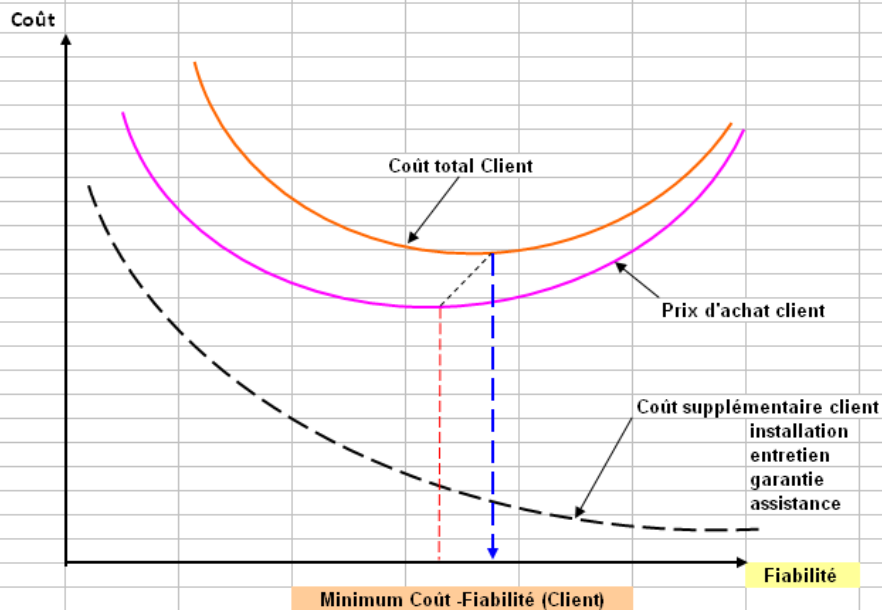
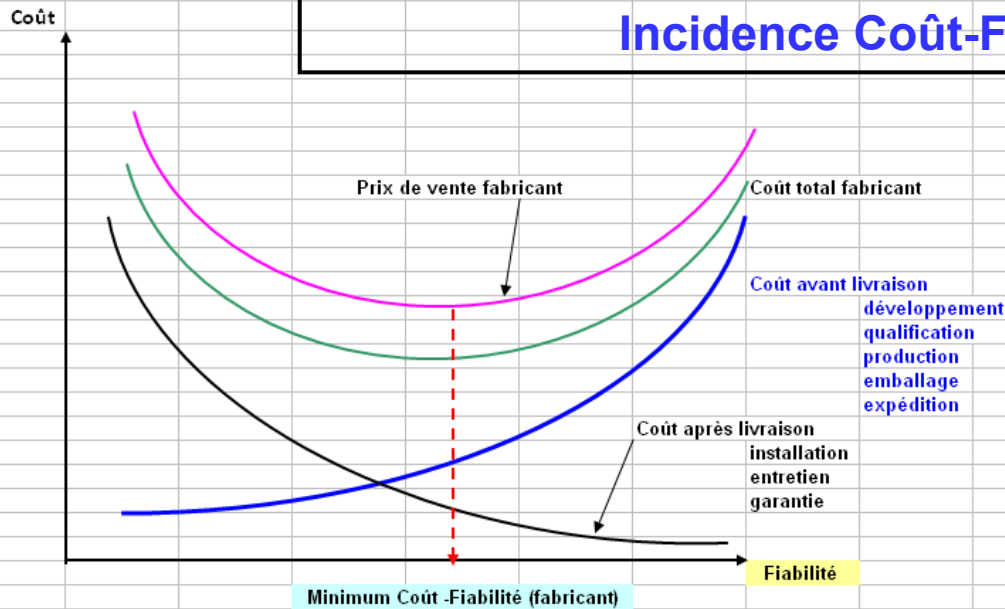




## Quelques questions essentielles



# Incidence Coût-Fiabilité



## Fiabilité et Coûts

Interaction entre coût et fiabilité à optimiser : Fiabilité maximum pour coût total de l'équipement minimum. Attention : le minimum coût –fiabilité ne rend pas maximum la valeur du produit .

Cf : Coûts de non qualité – Coût de sur-qualité

Application « Economique » proposée par une Société :

« Diminuez vos coûts en service après-vente »

.....*Les essais HALT ayant éliminé les défauts de jeunesse, vous commercialisez un produit plus mature, et par conséquent vos coûts de service après vente sont moindres. Pendant la période de commercialisation de vos produits, une campagne d'essais HALT permet également la mise en évidence de possibles dérives sur vos chaînes de fabrication (Source :Emitech)*

## Essais de démonstration de fiabilité

Dans les exemples précédents, les essais dont il était question n'avaient pour but que de mesurer la fiabilité d'un lot et de déterminer ses limites avec une certaine probabilité.

Les concepts de probabilité permettent de bâtir des plans d'échantillonnage en tenant compte des risques partagés entre fabricant et utilisateur ; ces risques dépendent principalement de facteurs tels que :

- Nature de l'échantillon
- Taille de l'échantillon
- Nombre de défauts tolérés pendant une période déterminée.

Les essais de démonstration de fiabilité définissent généralement :

- Le temps d'essai exprimé en « composants x heures »
- Le nombre de défaillances à ne pas dépasser durant le temps d'essai

Des tables permettent de calculer, à partir de résultats expérimentaux les valeurs d'une donnée statistique avec le choix d'un niveau de confiance déterminé : « MIL-STD-690D, DEPARTMENT OF DEFENSE STANDARD PRACTICE: FAILURE RATE SAMPLING PLANS AND PROCEDURES (10 JUN 2005) »

Les niveaux suivants sont le plus souvent considérés :

- 60% le plus souvent utilisé pour les composants électroniques et pour les calculs prévisionnels de fiabilité.
- 90% pour une estimation plus sévère



## Fiabilité prévisionnelle

De nombreuses sources de données basées sur des retours d'expérience existent afin de guider l'utilisateur vers les modèles les plus réalistes que possible et en adéquation avec son application .

[Un guide de sélection des modèles de fiabilité prévisionnelle électronique](#) a été publié assez récemment (Octobre 2009) par [l'Institut pour la maîtrise des risques \(IMdR\)](#) à partir du projet IMdR P07-05 .

Il définit par type de composants (Passifs, Actifs, CI, Hybrides, MCM) les modélisations des taux de défaillances recommandées et les modes de défaillances appropriés pour les principaux environnements d'exploitation.

Ce guide a été élaboré et validé par des cas d'applications représentatifs des équipements électroniques traités dans des environnements industriels très diversifiés au sein de :

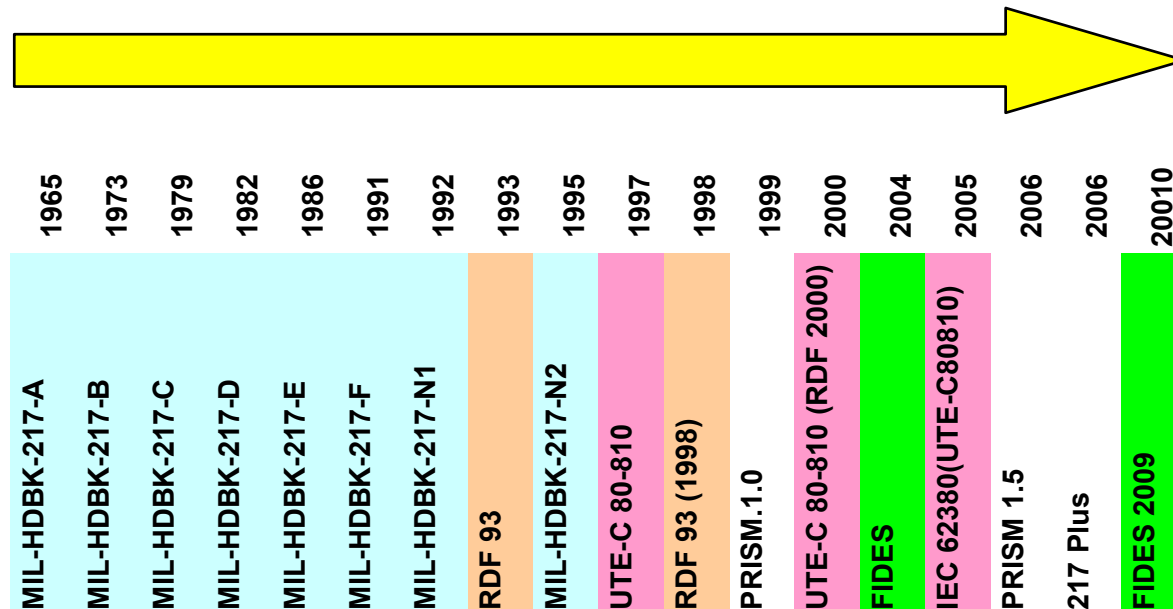
- Areva
- Cnes
- DGA/LRBA
- Eads Astrium
- Eads Apsys
- ECE(Safran)
- EDF
- PSA
- SNCF
- TOTAL

L'évaluation de la fiabilité des sous-ensembles électroniques est, depuis de nombreuses années fondée sur les données de fiabilité de leurs composants estimées selon le référentiel MIL-HDBK-217 (Reliability Analysis Center) en utilisant exclusivement une approche statistique (fréquentielle) sur les données de retour d'expérience .Il en est de même pour le guide RDF 93.

Ces référentiels prennent en compte uniquement les défaillances intrinsèques aux composants considérant que tous les facteurs extrinsèques (environnement de la carte) et le processus de fabrication des composants doivent être gérés à un autre niveau.

Or les facteurs extrinsèques des équipements représentent des facteurs d'influence majeurs dans leur fiabilité opérationnelle des systèmes

D'autres référentiels :UTE-C 80-810,FIDES,217-Plus ont ensuite été développés et ont progressivement mis en oeuvre des modélisations basée sur la physique des défaillances.



## MIL-HDBK-217

Taux de défaillance d'un composant : Taux de base sur lequel s'appliquent des facteurs correctifs liés aux contraintes :  $\lambda = \lambda_b \times \pi_S \times \pi_Q \times \pi_E$

- Taux de base :  $\lambda_b$  cf recueil de fiabilité ou source fournisseur
- Facteur correctifs:
  - S: Température et/ou stress électrique (Tension-Courant)
  - Q: Qualité de fabrication du composant
  - E: Contraintes environnementales (température-variations de température-Pression)

Note: Ce référentiel regroupe plusieurs milliards de composants x heures de fonctionnement cumulées pour chaque famille de composants.

## RDF 93

Ex-Recueil de données de Fiabilité développé par le CNET à l'initiative de France Télécom ,édité en 1993 avec une révision en 1998 demeurée en l'état :approche et modèles identiques similaires à ceux du guide MIL-HDBK-217 modifié de retours d'expériences vécues des années 1980 à 1990 dans les environnements Téléphone (fixe –non protégé), TélécomCentraux (fixe protégé)et ferroviaire (sol mobile).

Les facteurs correctifs pouvaient donner lieu à discussion (NDLR)

## UTE-C80-810

RDF93→ RDF200→UTE-C80-810→IEC TR62 380 Sans structure de remise ni de maintien.

Construit sur une approche empirique à partir des données d'expérience pas forcément modélisés.

$$\lambda = \lambda_a \times \lambda_b \times \lambda_c$$

- $\lambda_a$ =Défaillance des constituants liés aux facteurs d'accélération dus à température et stress électrique
- $\lambda_b$ =Défaillance de l'encapsulation-boîtier liée aux cycles thermiques
- $\lambda_c$ =Défaillances du composant liée aux surcharges accidentelles (environnement)

La modélisation utilisée prend en compte les phases de stockage et de non fonctionnement du fait que le taux de défaillance estimé correspond à un profil de vie moyen.

## FIDES

Ce guide de fiabilité prévisionnelle a été développé et réalisé par les entreprises du groupe FIDES sous la tutelle de la DGA :Airbus,Eurocopter,Nexter electronics,MBDA,Thales Systèmes Aéroportés,Thales Avionique,Thales Corporate Service et Thales Underwater Systems.

Les modèles présentés dans ce guide ont été construits à partir de la physique des défaillances et non d'une modélisation empirique du retour d'expérience.

$$\lambda = \pi_a \times \pi_b \times \sum [ (\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5) \times T_{\text{phase}} ] \times \pi_c$$

Source:Projet IMdR 07-05

## FIDES (suite) :

$$\lambda = \pi a \times \pi b \times \sum [ (\lambda 1 + \lambda 2 + \lambda 3 + \lambda 4 + \lambda 5) \times T \text{ phase} ] \times \pi c$$

- $\pi a$  = représentatif de la qualité et de la maîtrise technique de la fiabilité dans le cycle de vie du produit.
- $\pi b$  = représentatif de la qualité du composant similaire au  $\pi q$  du guide MIL-DBK-217
- $\pi c$  = représentatif des facteurs induits extrinsèques : mécanique (mos), thermique (tos), électriques (eos)
- $\lambda 1$  à  $\lambda 6$  = Influencées par les principaux facteurs suivants pour chaque phase d'exploitation de durée relative Tphase
  - Température (impact sur la puce ou cœur du composant)
  - Cycles thermiques (impact sur le boîtier et soudures)
  - Humidité
  - Contraintes mécaniques
  - Surcharges accidentelles

## 217 PLUS

Guide élaboré afin de répondre à problématique d'obsolescence du guide MIL-HDBK-217 qui n'est plus entretenu depuis la dernière parution de l'édition F + notice N2 de 1995. Correspond à la mise à jour de la version 1.5 du logiciel d'évaluation de la fiabilité électronique PRISM.

Les différents modèles de ce guide ont été construits selon une approche « physique des défaillances » comme **FIDES** associée à un calibrage empirique. Ce guide

Source:Projet IMdR 07-05



## 217 PLUS (suite)

Le plus intéressant dans l'approche 217PLUS est qu'elle prend en compte les défaillances extrinsèques liées aux processus de développement ,de production ,d'exploitation et de maintenance au travers d'une méthodologie spécifique

$$\lambda = (\lambda\pi)o + (\lambda\pi)e + (\lambda\pi)c + \lambda i + (\lambda\pi)s_j \times \pi_{process}$$

- $(\lambda\pi)o$  = mode de défaillance en fonctionnement
- $(\lambda\pi)e$  = mode de défaillance induit par environnement
- $(\lambda\pi)c$  = mode de défaillance lié au cyclage
- $(\lambda\pi)s_j$  = mode de défaillance lié au report
- $\lambda i$  = mode de défaillance lié à interfaces
- $\pi_{process}$  = apprécie la qualité et la maîtrise technique de la fiabilité dans le cycle de vie du produit.

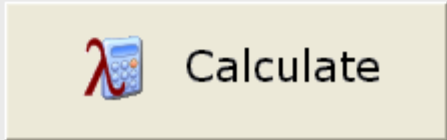
Depuis de nombreuses années des progrès significatifs ont été accomplis du côté des logiciels de modélisation et de simulation ; néanmoins la phrase d'un célèbre George E.P Box « **tous les modèles sont faux ,mais certains sont utiles** » garde sa pertinence: tout modèle repose sur un postulat :dans le cas de structures on considère des variables telles que l'amplitude et la direction des vecteurs de force qui s'y appliquent ,ou bien l'homogénéité des matériaux utilisés. Mais il est indispensable de valider et d'améliorer ces modèles grâce à des données physiques afin de s'assurer que ces conceptions mécaniques seront capables de faire face aux contraintes du monde réel. ( Cf Brian Betts -National Instruments-26/10/2011)

# Exemple de logiciel de calcul des MTBF et taux de fiabilité


(Source ALD <http://www.aldservice.com/en/download> )

**MTBF Calculator by ALD**

Perform reliability prediction and MTBF/FR calculation for electronic and mechanical components in 5 simple steps:

- 1. Select Component Family and Type**  
Family:   
MECHANICAL  
Item Code:
  - Bubble Memory
  - Resistor
  - Potentiometer
  - Capacitor**
  - Switch
  - Relay
  - Connector
  - LF Diode
  - LF Transistor
  - HF Diode
  - HF Transistor
  - Optoelectronic
  - Laser-Gas
  - Laser-Solid
- 2. Select Reliability Prediction Method**
  - GJB/Z 299B Part count
  - GJB/Z 299B Part stress
  - GJB 299C Import P. count
  - GJB 299C Import P. stress
  - GJB 299C P. count
  - GJB 299C P. stress
  - HDBK-217Plus**
  - HRD5 TELECOMM
  - IEC 62380
  - ITALTEL IRPH93
  - NPRD-95
- 3. Select Environment and Temperature**  
Environment:   
Temperature:  degrees Centigrade
- 4. Enter Component Parameters**  

- 5. Get MTBF and FR**  
MTBF:  hours  
Failure Rate:  failures per million hours  
Failure Rate:  FIT

ALD MTBF Calculator is a free tool suitable for simple reliability prediction of single components.  
If you need professional Reliability Tool for reliability engineering of complex systems, including product tree building, Reliability Block Diagrams, Reports, Report Generator, Pareto Analysis, Temperature Curve, Fault Tree Analysis, FMEA/FMECA, Safety Module, Derating Module and much more - please check our RAM Commander Software. You may download its evaluation version for free from our website.  
Copyright ALD Ltd. 2011 support@ald.co.il [www.aldservice.com](http://www.aldservice.com)



## Approche ESA

Bien que ces procédures soient destinées à des qualifications spatiales, leur structure et déploiement peut servir de modèles dans la conduite de l'évaluation d'un couple fabricant x produit.

Evaluation du fabricant: ESA/SCC Basic Specification No. 20200.

- Organisation générale et management du site /de la ligne de fabrication
- Examen du système d'inspection et des contrôles de fabrication
- Examen de la ligne de production du produit soumis à qualification.

Evaluation du composant : ESA/SCC Basic Specification No. 22600.

- Test d'évaluation du composant (step-stress par exemple –limites d'utilisation)
- Définition des actions correctives éventuelles et leur mise en application
- Revue de documentation et finalisation de l'information dans un document appelé PID (Process Identification Document)

### Test du composant :

Les tests sont généralement conduits selon des exigences bien définies (Chart /Chartes) dans des spécifications spécifiques aux composants considérés (condensateurs, résistances, diodes..).

Le nombre des composants testés est également défini et ces composants doivent avoir été fabriqués selon les méthodes et procédures ayant été consignées dans le PID.

La qualification étant acquise, les composants à livrer aux différents clients devront satisfaire lot- par- lot à des exigences particulières correspondants aux niveaux requis (B ou C) et faire l'objet de test d'acceptation du lot (LAT :Lot Accepting Test I à III ) fonction du degré de sévérité requis.

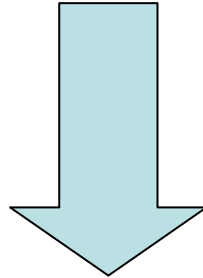
**Ces spécifications, assez exigeantes, sont à utiliser pour la fourniture de composants et /ou de systèmes destinés à une société participant à un programme ESA, mais peuvent constituer pour la fourniture de tout autre composant, une philosophie de procédure à mettre en place pour l'établissement d'un contrat Qualité avec un fournisseur et/ou un client .**

**Des passerelles existent heureusement entre toutes ces spécifications  
(Méthodes de test)**

**Exemple :**

**« Cross reference between ESA/SCC ,US/MIL and IEC Test methods  
ESA/SCC Basic Specification N°24700 »**

## Fiabilité –Qualité : Menu ou carte ?



**MIL-PRF-55681F-3 September 2004  
SUPERSEDING MIL-PRF-55681E-3 July 1997  
PERFORMANCE SPECIFICATION-CAPACITOR, CHIP, MULTIPLE LAYER, FIXED,  
CERAMIC DIELECTRIC, ESTABLISHED RELIABILITY AND NON-ESTABLISHED RELIABILITY,  
GENERAL SPECIFICATION**

## Elimination des défauts de jeunesse –Déverminage – « Burn-in »

### But recherché :

Connaissant les points faibles d'une technologie ,éliminer les pièces susceptibles de défaillance durant les premières heures de fonctionnement par l'application de conditions de test élaborées en vue de l'application.

- Variations rapides de température (Cycles -55°C/+125°C par exemple)
- Tension de tenue impulsionnelle (X fois la tension nominale)
- Essai de puissance RF (applications MRI)
- Endurance (48Heures sous tension et en température)
- Vibrations –Secousses-Chocs

# Exemple de proposition « à la carte » (Source « Syfer »)

## Testing and termination types Technical Summary

### Tests conducted during batch manufacture

	Syfer reliability SM product group			
	Standard SM capacitors	IECQ-CECC / MIL grade	AEC-Q200	S (Space grade) High Rel 502A
Solderability	●	●	●	●
Resistance to soldering heat	●	●	●	●
Plating thickness verification (if plated)	●	●	●	●
DPA (Destructive Physical Analysis)	●	●	●	●
Voltage proof test (DWV / Flash)	●	●	●	●
Insulation resistance	●	●	●	●
Capacitance test	●	●	●	●
Dissipation factor test	●	●	●	●
100% visual inspection	○	○	●	●
100% burn-in. (2xRV @125°C for 168 hours)	○	○	○	○
Load sample test @ 125°C	○	○	○	LAT1 & LAT2 (1000 hours)
Humidity sample test. 85°C/85%RH	○	○	○	240 hours
Hot IR sample test	○	○	○	○
Axial pull sample test (MIL-STD-123)	○	○	○	○
Breakdown voltage sample test	○	○	○	○
Deflection (bend) sample test	○	○	○	○
SAM (Scanning Acoustic Microscopy)	○	○	○	○
LAT1 (4 x adhesion, 6 x rapid temp change + LAT2 and LAT3)	-	-	-	○
LAT2 (20 x 1000 hour life test + LAT3)	-	-	-	○
LAT3 (6 x TC and 4 x solderability)	-	-	-	○

● Test conducted as standard.  
○ Optional test. Please discuss with Syfer Sales.

### Termination types available

	Syfer reliability SM product group			
	Standard SM capacitors	IECQ-CECC / MIL grade	AEC-Q200	S (space grade) High Rel 502A
F1 Silver Palladium	●	●	-	●
J1 Silver base with nickel barrier (100% matte tin plating)	●	●	COG/NiP0 dielectric only	○
A1 Silver base with nickel barrier (tin/lead plating with min 10% lead)	●	●	-	●
Y1 FlexiCap™ with nickel barrier (100% matte tin plating)	●	●	-	○
H1 FlexiCap™ with nickel barrier (tin/lead plating with min 10% lead)	●	●	-	○
Z1 Silver base with Copper Barrier (100% matte tin plating)	● <sup>(1)</sup>	-	-	-
B1 FlexiCap™ with Copper Barrier (100% matte tin plating)	● <sup>(2)</sup>	-	-	-

Notes:  
(1) Available on COG/NiP0 and High Q only.  
(2) Available on all dielectrics.  
● Termination available.  
○ Termination available but generally not requested for space grade components. Please discuss with Syfer Sales.

## Technical Summary Documentation and compliance

### Release documentation

	Syfer reliability SM product group			
	Standard SM capacitors	IECQ-CECC	AEC-Q200 MIL grade	S (Space grade) High Rel 502A
Certificate of conformance	●	-	-	-
IECQ-CECC Release certificate of conformity	-	●	-	-
Batch electrical test report	○	○	○	Included in data pack
S (space grade) data documentation package	-	-	-	●

● Release documentation supplied as standard.  
○ Original documentation.

### Periodic tests conducted and reliability data availability

**Standard Surface Mount c apactors**  
Components are randomly selected on a sample basis and the following routine tests are conducted:

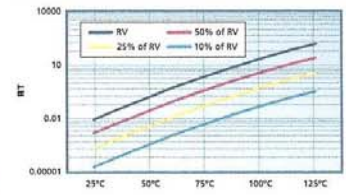
- Load Test. 1,000 hours @125°C (150°C for XBR), Applied voltage depends on components tested,
  - Humidity Test. 168 hours @ 85°C/85%RH,
  - Board Deflection (bend test).
- Test results are available on request.

### Conversion factors

From	To	Operation
FITS	MTBF (hours)	10 <sup>6</sup> ÷ FITS
FITS	MTBF (years)	10 <sup>4</sup> ÷ (FITS x 8760)

FITS = Failures in 10<sup>6</sup> hours.  
MTBF = Mean time between failures.

### Example of FIT (Failure In Time) data available:



Component type: 0805 (COG/NiP0 and X7R).  
Testing location: Syfer reliability test department.  
Results based on: 16,622,000 component test hours.

### REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and restriction of Chemicals) statement

The main purpose of REACH is to improve the protection of human health and the environment from the risks arising from the use of chemicals.  
Syfer Technology Ltd maintains both ISO14001, Environmental Management System and OHSAS 18001 Health and Safety Management System approvals that require and ensure compliance with corresponding legislation such as REACH.  
For further information, please contact Syfer at sales@syfer.co.uk

All standard Syfer MLCC products are compliant with the EU RoHS Directive 2002/95/EC (see below for special exceptions) and use common Pb free solder alloys (refer to 'Soldering Information' for more details on soldering limitations). Compliance with EU 2002/95/EC automatically signifies compliance with some other legislation (e.g. Korea RoHS). Please refer to Syfer for details of compliance with other international legislation.  
Breakdown of material content, SGS analysis reports and tin snaker test results are available on request.  
Standard Syfer MLCC components are available with non RoHS compliant tin lead (SnPb) solderable termination finish by special request for exempt applications and where pure tin is not acceptable. Other tin free termination finishes may also be available – please refer to Syfer for further details.  
Radial components have tin plated leads as standard, but tin/lead is available as a special option. Please refer to the radial section of the catalogue for further details.

### RoHS compliance

Syfer routinely monitors world wide material restriction EU / China & Korea RoHS mandates) and is actively in shaping future legislation.

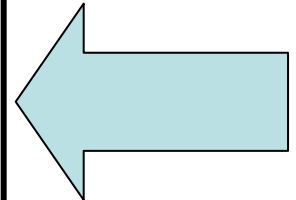
**Donnée fiabilité = f (x)**

- Tension appliquée
- Température

# Exemple de désignation d'un condensateur céramique commandé sous spécification

## MIL-PRF-55681 avec niveau de fiabilité donné (ER :Established Reliability)

CDR	01	B	X	100	A	K	S	R
Style (multiple layer, fixed, un encapsulated, ceramic dielectric, established reliability, chip capacitors conforming to MIL-PRF-55681)	Shape and Dimensions of the capacitor	Rated Temp. Range of -55°C to +125°C	Voltage-Temp. Limits	Capacitance Value	Rated Voltage	Capacitance Tolerance	Termination Finish	Failure Rate Level
<b>Capacitance Tolerance</b>			<b>Termination Finish</b>				<b>Failure Rate Levels</b>	
B = +/- 0.10 pF			S = Solder-coated, final				<b>M = 1.0%/1000 hrs</b>	
C = +/- 0.25 pF			M = Palladium-Silver				<b>P = 0.1%/1000 hrs</b>	
D = +/- 0.50 pF			N = Silver-Nickel-Gold				<b>R = 0.01%/1000 hrs</b>	
F = +/- 1 %			U = Base Metallization-Barrier, Metal-Solder Coated				<b>S = 0.001%/1000 hrs</b>	
G = +/- 2 %			W = Base Metallization-Barrier, Metal-Tinned (Tin or Tin/Lead Alloy) <i>(PROHIBITED FOR SPACE FLIGHT USE. SEE APPLICATION NOTE)</i>					
J = +/- 5 %			Y = Base Metallization Barrier 100% Tin <i>(PROHIBITED FOR SPACE FLIGHT USE. SEE APPLICATION NOTE)</i>					
K = +/- 10 %								
M = +/- 20 %								





# Exemple de désignation d'un condensateur céramique commandé sous spécification

## MIL-PRF-55681 avec différents niveaux de qualité (Source ATC)

ATC now offers military approved high frequency BP characteristic (NPO), fixed ceramic chip capacitors in standard EIA sizes. This offering consists of 0402, 0603 and 0805 industry standard case sizes in accordance with DSCC Drawings 05003, 05002 and 05001 respectively. This product is offered in several tested grades. The standard offering is supplied with Group A inspection per MIL-PRF-55681. Additional Group C options are shown below.

### Part Number Nomenclature:

Part Number Nomenclature: **05002-2R0 B C Z =**

Drawing: 05002-  
 Three-Digit Capacitance Code: 2R0  
 Voltage Code: B  
 Capacitance Tolerance Code: C  
 Termination Finish: Z  
 Group C Option: =

The first two digits represent significant figures and the last digit specifies the number of zeros to follow. When fractional values of pF are required, the letter R shall be used to indicate the decimal point.

**VOLTAGE CODE TABLE**

Code	Z	A	B	C	K
Rated voltage (volts, dc)	25	50	100	200	250

**TOLERANCE CODE TABLE**

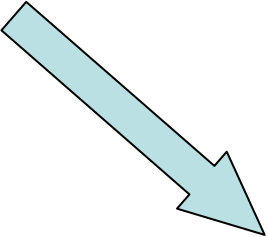
Code	A	B	C	D	F	G	J	K	M
Tol.	±0.05 pF	±0.1 pF	±0.25 pF	±0.5 pF	±1%	±2%	±5%	±10%	±20%

**GROUP C OPTION**

Code	Option
C	Full Group C
L	2,000-Hr. life test only
M	1,000-Hr. life test only
H	Low Voltage Humidity only
n/a*	No Option

\* (leave position blank)

**TERMINATION FINISH:**  
 Z = Tinned Barrier Termination (Tin/Lead alloy, with a min. of 4% Lead)



DSCC DWG. NUMBERS	EIA CASE SIZE
05003	0402
05002	0603
05001	0805

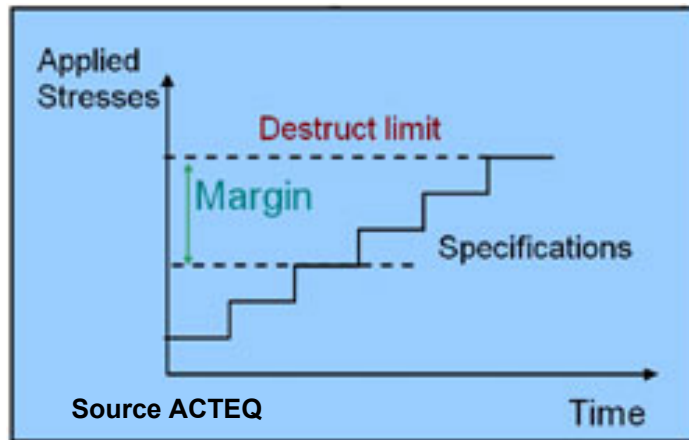
TABLE XI. Group C inspection.

Inspection	Requirement paragraph	Test method paragraph	Number of sample units to be inspected	Number of defectives permitted
<b>Subgroup 1</b>				
Temperature coefficient and capacitance drift	3.23	4.8.20		
Voltage-temperature limits 1/ 2/	3.14	4.8.11	12	0
Thermal shock and immersion 3/	3.15	4.8.12		
<b>Subgroup 2</b>				
Resistance to soldering heat	3.16	4.8.13	12	0
Moisture resistance	3.17	4.8.14		
<b>Subgroup 3</b>				
Life (at elevated ambient temperature)	3.19	4.8.16	25 minimum	See 4.7.1.2
<b>Subgroup 4</b>				
Terminal strength (when specified, see 3.1) 3/	3.22	4.8.19	12	0
Series resonance (when specified, see 3.1)	3.21	4.8.18		
<b>Subgroup 5</b>				
Humidity, steady state, low voltage	3.18	4.8.15	12	0

## Essais Accélérés HALT-HASS

- Highly Accelerated Life tests
- Highly Accelerated Stress Screening

**But recherché :** Acquérir rapidement des informations sur la nature et le comportement d'une fabrication et /ou d'un lot en réduisant le temps d'essai mais en augmentant le niveau de stress.

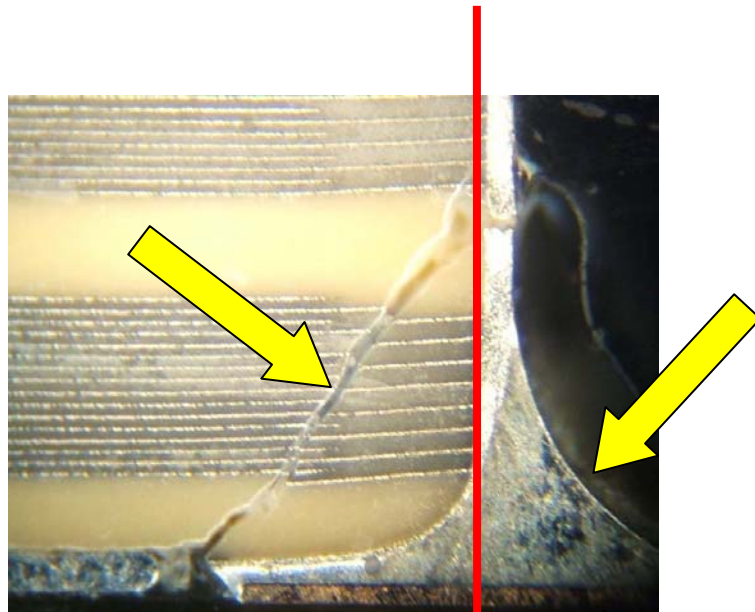


Procédé consistant à appliquer des niveaux croissants de contraintes (step stress) au-delà de l'environnement pour lequel le composant a été conçu afin d'évaluer ses limites d'utilisation et /ou de mettre en évidence les faiblesses éventuelles de sa technologie.

La connaissance précise des marges de sécurité permet de choisir les meilleurs paramètres de déverminage qui seront appliqués aux composants lot-par-lot sans atteinte à leur intégrité avant d'être livrés au client.

Exemple pratique de précaution à prendre en amont lors du choix d'un composant à intégrer dans un système pour un environnement donné (Source Johanson)

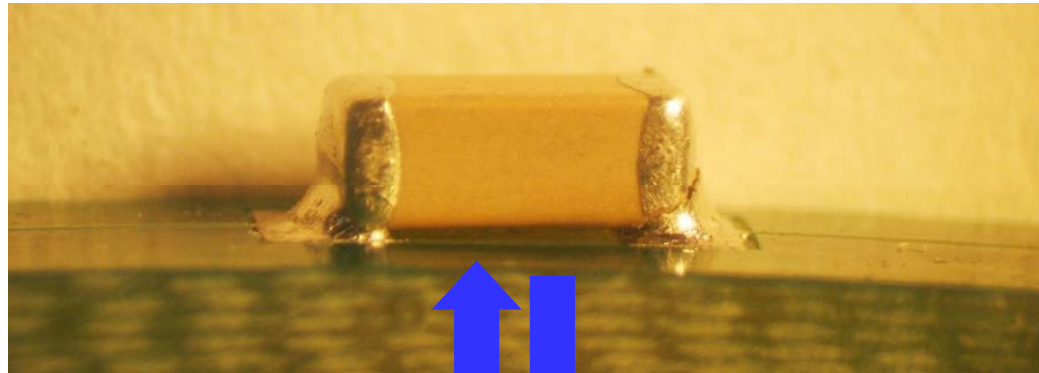
Risque de défaillance engendré lors du report du composant



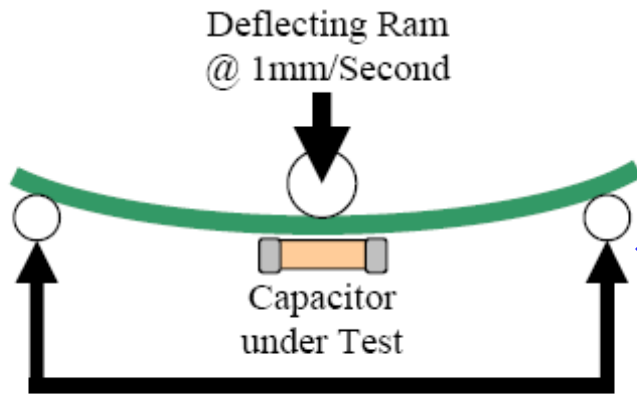
Expansion puis rétreint du CI

Certaines céramiques sont fragiles et il convient de s'assurer qu'elles résisteront aux contraintes occasionnées par le report sur le circuit imprimé le plus souvent en verre époxy ; Des contraintes thermo-mécaniques sont exercées durant le report qui s'effectue par refusion par passage en four infra-rouge ou par soudure à la vague. Il y a alors risque de création de microfissures généralement symétriques (effet miroir) du joint de soudure créé ,pouvant conduire à l'occurrence de court circuit à la mise sous tension. Attention aussi aux dimensions des plages de report.

Risque de défaillance engendré lors des manipulations du circuit imprimé sur lequel est monté le composant (Source Johanson)



Déformation mécanique du CI

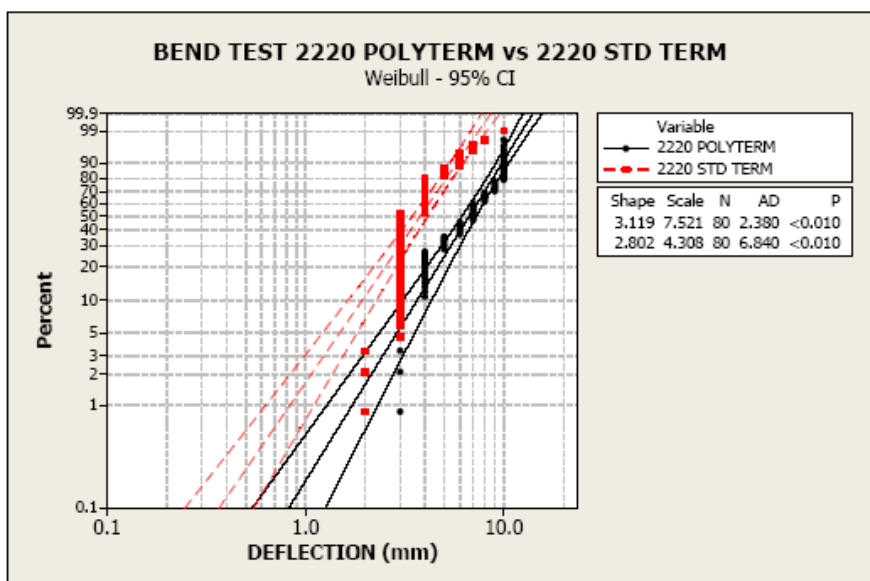
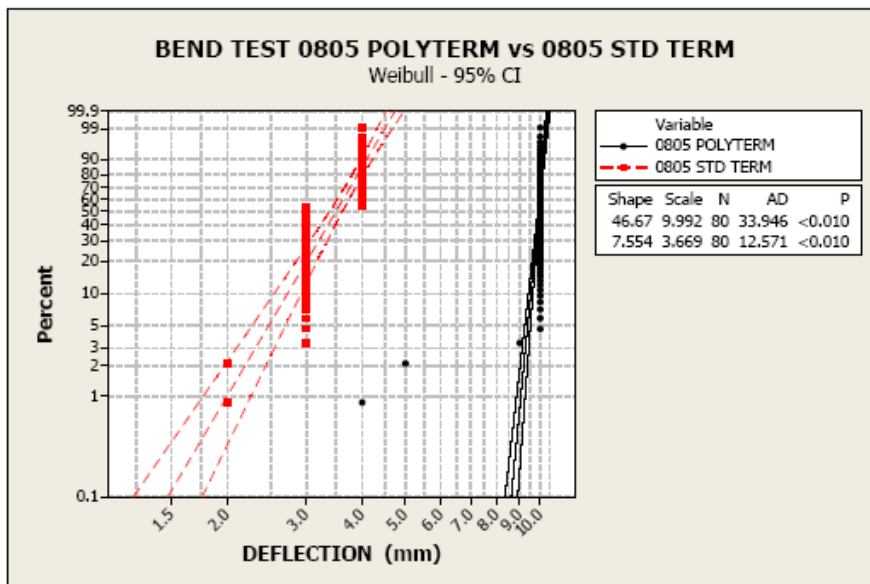


Simulation de contraintes supportées par le composant pendant sa vie utile afin de pallier ses faiblesses

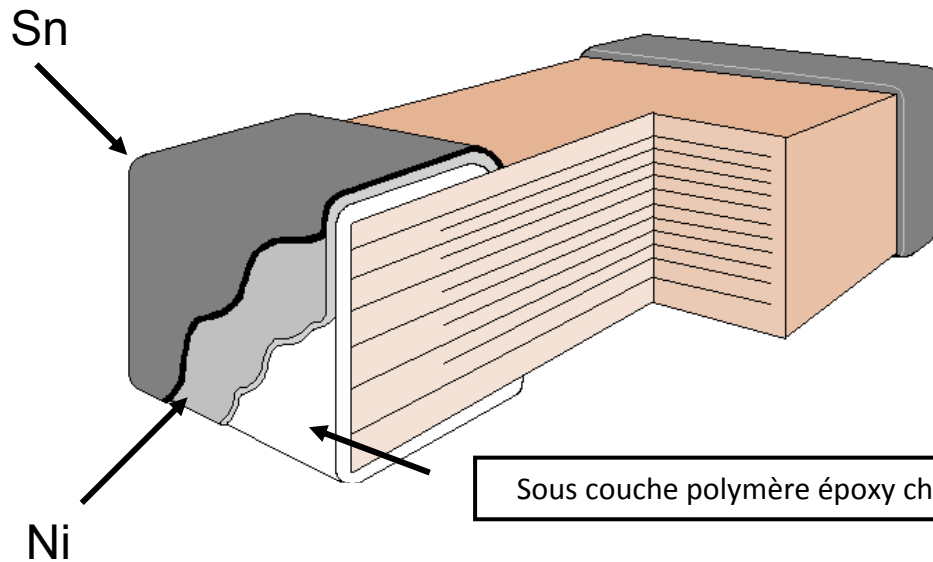
Support w/90mm Span

## Améliorations constatées avec terminaisons flexibles (Source Johanson)

X7R Dielectric	Mean Bend (mm) Standard Termination	Mean Bend (mm) Polyterm®	Component Flex Improvement With Polyterm®
R15 0805	3.4	9.8	+188%
R18 1206	3.3	9.1	+175%
S41 1210	4.2	9.6	+128%
S43 1812	3.9	8.9	+128%
R29 1808	3.0	6.2	+106%
S47 2220	3.8	6.7	+75%
X44 1410	5.5	9.6	+75%
X43 1812	7.2	9.4	+30%

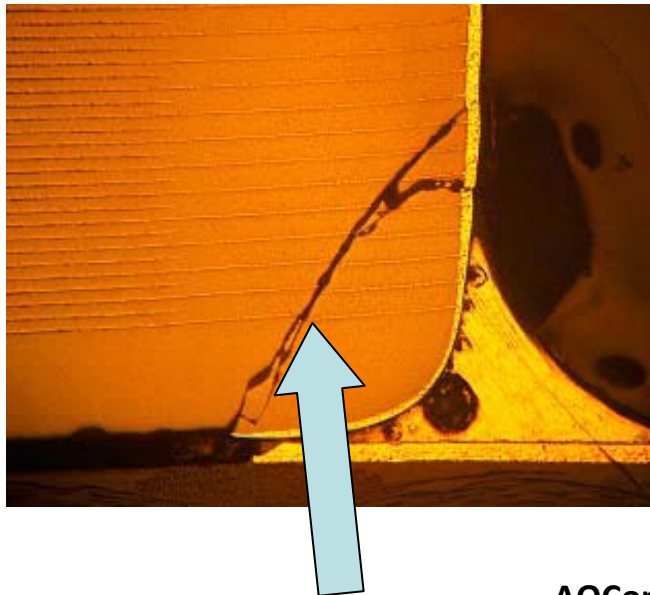


## Précautions technologiques à prendre en vue de diminuer les risques de défaillances



**Terminaison souple polymère conductrice**

Sous couche polymère époxy chargée argent

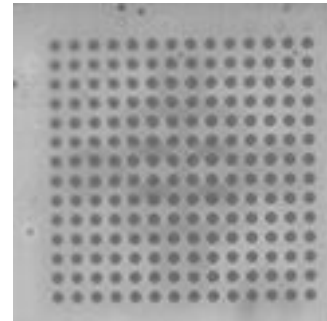


**Arrangement spécial des électrodes dans la zone à risque afin d'éviter des courts-circuits**

## Autre exemple lié à la densification des circuits électroniques :BGA

Complexité et densification de plus en plus grande des circuits intégrés électroniques (loi de Moore :puissance X2 tous les 18/24mois ) rendant leur utilisation plus complexe compte tenu des contraintes environnementales (RoHS oblige les fabricants à utiliser d'autres métaux de soudure que ceux contenant du plomb ,augmentant les risques de cassure .

Nécessité de s'assurer de la bonne exécution des soudures cachées :Une inspection fiable aux rayons-X des BGA équipés des deux côtés est nécessaire dans le processus de fabrication en ligne (Le système d'inspection 3D aux rayons-X OptiCon X-Line 3D de la société GÖPEL electronic permet un contrôle qualité fiable des soudures BGA, même des composants BGA montés face à face )



## Conclusion :

Les enjeux économiques du XXI<sup>ème</sup> siècle imposent à tous les acteurs qui veulent jouer un rôle majeur dans leurs secteurs respectifs de présenter une image de marque dont la reconnaissance est basée sur au moins deux critères :

### Compétitivé :

Prix attractif versus performances et qualité offertes

### Fiabilité :

Bon fonctionnement du produit sans faille pendant la période pour laquelle il a été conçu.

Ces deux critères se retrouvent à toutes les étapes de la chaîne logistique et conditionnent par conséquent la décision de tous les utilisateurs :leur maîtrise est par conséquent indispensable et les lie indissociablement sur le chemin du progrès.



## Bibliographie et /ou documents –sites à consulter

- Andre Socard :Fiabilité - Disponibilité <http://www.socard.fr/fiabilite.htm>
- Vincent Fasseu :La Fiabilité -<http://web-serv.univ-angers.fr/docs/etudquassi/Fiabilite.pdf>
- K Consult –GmbH: Reliability –Analyses and more- <http://www.kconsult-gmbh.com/>
- Emitech : Essais Halt & Hass :<http://www.emitech.fr/fr/En-direct-des-laboratoires.asp>
- Xavier Zwingmann: Modèle d'évaluation de la fiabilité et de la maintenabilité au stade conception
- Item Software :Reliability Engineering education resources for professionals.mht
- HC on line :Notion de capabilité -Cp Cpk Cm Cmk.mht
- ALD :<http://www.aldservice.com/en/download>
- Guide de sélection des modèles de fiabilité prévisionnelle électronique (IMdR)
- Guide FIDES