

CYCLE FABRICATIONS ELECTRONIQUES

**AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS
ELECTRONIQUES**



FRAMATECH

Session inter-entreprises

Les 18, 19 et 20 septembre 2024

Distanciel (visioconférence)

FRAMATECH S.A. au capital de 38112 Euros

Etudes & mises en œuvre de stratégies industrielles internationales Hautes Technologies

4 boulevard d'Arras - 13004 Marseille - France

Tél. +33 491 95 55 70 / Fax. +33 491 95 55 75 / Mail : contact@framatech.fr

Organisme de formation n° 93060115506 – Siret 344 351 879 00046 – NAF 742C – RC88B126

Web : www.framatech.fr

CYCLE FABRICATIONS ELECTRONIQUES

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES



FRAMATECH

NOTE POUR LE LECTEUR QUI N'AURAIT PAS ASSISTE AU SEMINAIRE

La documentation ci-jointe est celle qui a servi de support pour illustrer les exposés faits pendant le séminaire **AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES** et ne représente donc qu'une partie des informations données à cette occasion.

FRAMATECH S.A. au capital de 38112 Euros

Etudes & mises en œuvre de stratégies industrielles internationales Hautes Technologies

4 boulevard d'Arras - 13004 Marseille - France

Tél. +33 491 95 55 70 / Fax. +33 491 95 55 75 / Mail : contact@framatech.fr

Organisme de formation n° 93060115506 – Siret 344 351 879 00046 – NAF 742C – RC88B126

Web : www.framatech.fr

CYCLE FABRICATIONS ELECTRONIQUES

**AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS
ELECTRONIQUES**



FRAMATECH

Journée 1

AMDEC ELECTRONIQUE
Harry RANAIVOARISON

Le 18 septembre 2024

FRAMATECH S.A. au capital de 38112 Euros
Etudes & mises en œuvre de stratégies industrielles internationales Hautes Technologies

4 boulevard d'Arras - 13004 Marseille - France
Tél. +33 491 95 55 70 / Fax. +33 491 95 55 75 / Mail : contact@framatech.fr
Organisme de formation n° 93060115506 – Siret 344 351 879 00046 – NAF 742C – RC88B126
Web : www.framatech.fr

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES

SOMMAIRE

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

- Introduction à la fiabilité
- Intérêts de l'évaluation de la fiabilité
- Expression analytique de la fiabilité
- Les taux de pannes
- Modèles mathématiques utilisés en fiabilité
- Application : calcul de MTBF et MTTF
- Fiabilité d'un système constitué des éléments en série
- Fiabilité d'un système constitué des éléments en parallèle
- La courbe en baignoire.

2^{ème} Partie : Les types d'essai pratiqués en fiabilité

3^{ème} Partie : Détermination des taux de pannes des composants électroniques

- Introduction
- Estimation de la MTBF réelle θ
- Les intervalles de confiance
- Exploitation des résultats d'essais accélérés
- Guide pour le choix des essais

4^{ème} Partie : AMDEC des équipements électroniques

- Présentation de l'AMDEC
- Dossier préalable à l'AMDEC Produit
- Le déroulement de l'AMDEC
- La méthodologie AMDEC
- Application
- Exemple d'application

1

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES **Harry RANAIVOARISONA**

1^{ère} partie

Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

2

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

Introduction à la fiabilité

La fiabilité d'un équipement ou d'un composant est son aptitude à accomplir une fonction requise, dans des **conditions données**, pendant une **durée donnée**

↓

autrement dit, son aptitude à ne pas tomber en panne dans des **conditions d'exploitation pendant une durée bien définie.**

↻ ↻

Si un équipement accomplit la mission à laquelle il est destiné à tout instant auquel on le sollicite, alors on dit qu'il est fiable.

3

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

3

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

Introduction à la fiabilité

La fiabilité ou probabilité de survie $R(t)$

$R(t)$ = probabilité (S non défaillant sur $[0, t]$)

avec $R(t)$ une fonction non croissante variant de 1 à 0 sur $[0, \infty]$ ou de 100% à 0%

Mesurer la fiabilité d'un équipement c'est de déterminer la fréquence avec laquelle les pannes se produisent

↓

S'il n'y a jamais de panne, la fiabilité est de 100%

à noter: la fiabilité d'un équipement "complexe ou non" dépend de la fiabilité de ces composants

4

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

4

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

Intérêts de l'évaluation de la fiabilité

L'évaluation de la fiabilité d'un équipement ou composant a plusieurs intérêts:

- **au niveau de la conception**
L'utilisation des **méthodes de prédiction de la fiabilité** permet de:
 - ➡ répondre à un cahier des charges
 - ➡ choisir des solutions homogènes
 - ➡ réaliser un objectif au coût minimum
(à noter: une meilleure fiabilité accroît les coûts de production mais permet des économies en exploitation)
- **au niveau de la fabrication**
elle permet de vérifier que les composants fabriqués ou employés répondent bien aux caractéristiques retenues lors de la conception.

5

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

5

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

Intérêts de l'évaluation de la fiabilité

- **au niveau de l'exploitation**
il est intéressant de contrôler les prédictions en matière de fiabilité :
 - ➡ vérifier que le système se comporte normalement et sinon trouver la cause des anomalies.
 - ➡ améliorer la connaissance des données de fiabilité.

6

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

6

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

Expression analytique de la fiabilité

Lorsqu 'on pratique un essai sur N_0 composants (ou en condition d'utilisation), il y aura, au bout d'un temps t , N_s qui survivent et N_f qui auront "failli".

Avec $N_0 = N_s + N_f$ une constante tout au long du test.



La fiabilité ou la probabilité de survie est à tout instant t pendant le test:

$$R(t) = \frac{N_s}{N_0} = \frac{N_s}{(N_s + N_f)}$$



Au cours de l'essai, N_s décroît et N_f augmente



la fiabilité est donc une **fonction décroissante** du temps

On peut substituer au concept *temps* les grandeurs comme *distance*, *nombre de cycles...etc*

7

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

Expression analytique de la fiabilité

☞ La fiabilité est aussi une probabilité qu'aucune panne ne se produise pendant un temps donnée et elle s'exprime par:

$$R(t) = e^{-\int_0^t \lambda(\tau) d\tau}$$

où $\lambda(t)$ est le taux de défaillance ou de panne

$\lambda(t)$ correspond à la probabilité de défaillance entre t et $t+dt$ (sachant que l'équipement fonctionne à l'instant t).

8

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

Les taux de pannes

Soit une famille de N_0 composants identiques en essai ou en fonctionnement

↻ on représente le nombre de pannes cumulées en fonction du temps

le taux de panne observé pendant Δt est : $\lambda(\Delta t) = \frac{\Delta N_{pc}}{\Delta t}$

9

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

9

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

Les taux de pannes

Soit une famille de N_0 composants identiques en essai ou en fonctionnement

| | |
|---------------------|----|
| N0 = 100 composants | |
| t(h) | Np |
| 2 | 4 |
| 4 | 2 |
| 5 | 1 |
| 7 | 1 |
| . | . |
| . | . |
| . | . |
| 17 | 2 |

le taux de panne observé pendant Δt est : $\lambda(\Delta t) = \frac{\Delta N_{pc}}{\Delta t}$

$\Delta t = 17-5=12$ $\Delta(N_{pc})= 13-7$ $\lambda(\Delta t) = 6/12$

10

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

10

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

Les taux de pannes

☞ On utilise en général deux expressions du taux de panne

⊗ taux de panne instantané : $\lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta N_{pc}}{\Delta t}$

⊗ taux de panne moyen : $\Lambda(t) = \frac{1}{t} \int_0^t \lambda(\tau) d\tau$

☞ On peut relier ces taux de pannes à la fiabilité par les expressions suivantes:

$$R(t) = e^{-\int_0^t \lambda(\tau) d\tau} = e^{-\Lambda(t)t}$$

☞ les taux de panne s'expriment en général en nombre de pannes / heure (avec t en heure) ou en sous multiples :

10⁻³/h pour un système , 10⁻⁶/h pour une carte, 10⁻⁹/h pour un composant.

11

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

Modèles mathématiques utilisés en fiabilité

• la fonction fiabilité désignée par **R(t)** représente la probabilité de survie à un instant t donné.

• la probabilité de défaillance ou le risque de panne **F(t)** représente la probabilité cumulative de défaillance c-à-d la probabilité d'apparition d'un défaut au moins dans l'intervalle de temps (0 , t).



C'est la probabilité complémentaire de R(t): **F(t) + R(t) = 1**

• la densité de probabilité de défaillance **f(t)**: c'est la dérivée de F(t) soit $\frac{dF(t)}{dt}$

• le taux de défaillance instantané **λ(t)** représente la probabilité de défaillance d'un dispositif entre les instants t et t+dt, sachant que le dispositif est en bon état de fonctionnement à l'instant t.

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{dF(t)}{dt} \frac{1}{R(t)}$$

12

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

Modèles mathématiques utilisés en fiabilité

La fiabilité **R(t)** est la plus utilisée des trois fonctions (R(t), F(t), f(t)) et elle s'exprime de façon générale à partir du taux de défaillance:

$$\int_0^t \lambda(t) dt = - \int_0^t \frac{dR(t)}{R(t)} \quad \Rightarrow \quad R(t) = e^{-\int_0^t \lambda(\tau) d\tau}$$

- **la moyenne des temps de bon fonctionnement MTBF**
(Mean time between Failure = temps moyen entre deux défaillances)

La MTBF s'écrit : $MTBF = \int_0^{\infty} R(t) dt$

On utilisera le terme MTBF pour les dispositifs réparés et MTTF (Mean time to failure = temps moyen jusqu'à la panne) pour ceux qui ne le sont pas.

13

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

13

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

Modèles mathématiques utilisés en fiabilité

lorsque $\lambda(t) = c^{te}$

↓

la fiabilité suit une loi exponentielle et la MTBF est égale à $1/\lambda$

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

$$R(t) = e^{-\int_0^t \lambda(\tau) d\tau} \quad \Rightarrow \quad R(t) = e^{-\lambda t} \quad \Rightarrow \quad R(t) = e^{-\frac{t}{MTBF}}$$

Plus la MTBF est élevée plus le taux de défaillance ou panne est faible et plus le système ou équipement est fiable

14

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

14

APPLICATION

Calcul de MTTF et MTBF

15

15

Exercice

Si on observe une quantité N de téléphones mobiles pendant leur vie. Pour calculer le MTTF ou MTBF, on peut considérer deux cas :

- dans le premier cas, les téléphones sont rejetés dès qu'ils tombent en panne (1^{ère} panne), on calculera alors la moyenne des temps jusqu'à défaillance MTTF des N téléphones.
- dans le deuxième cas , le téléphone est aussitôt réparé après chaque panne et est ensuite mis en service (on considère le téléphone comme neuf après chaque réparation), on calcule dans ce cas la moyenne des temps de bon fonctionnement MTBF.

16

16

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

Ce tableau donne les durées de fonctionnement des téléphones (en heures) avant la première défaillance (1^{ère} panne) et entre les défaillances. Nous prenons ici N=5 téléphones mobiles et 2 réparations possibles

| Numéro ou Ordre du téléphone mobile | durée de fonctionnement Avant 1 ^{ère} défaillance (h) | durée de fonctionnement Après 1 ^{ère} réparation | durée de fonctionnement Après 2 ^{ème} réparation |
|-------------------------------------|--|---|---|
| 1 | 18 000 | 16 000 | 20 000 |
| 2 | 20 000 | 25 000 | 24 000 |
| 3 | 23 000 | 21 000 | 19 000 |
| 4 | 18 000 | 20 000 | 16 000 |
| 5 | 21 000 | 16 000 | 23 000 |

Le MTTF sera calculé seulement à partir des durées de fonctionnement des 5 téléphones mobiles avant 1^{ère} défaillance :

$$MTTF = \frac{18000 + 20000 + 23000 + 18000 + 21000}{5} = 20000 \text{ h}$$

$$MTBF = \frac{\frac{18000 + 16000 + 20000}{3} + \frac{20000 + 25000 + 24000}{3} + \frac{23000 + 21000 + 19000}{3} + \frac{18000 + 20000 + 16000}{3} + \frac{21000 + 16000 + 23000}{3}}{5} = 20000 \text{ h}$$

N.B.: les chiffres donnés dans ce tableau ne doivent pas être considérés comme des valeurs réelles et ne servent qu'à titre d'illustration

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

Fiabilité d'un système constitué des éléments en série

Un système constitué de n éléments est dit à configuration série si la défaillance de l'un quelconque des n éléments entraîne la défaillance du système.

Le diagramme de fiabilité d'un tel système est donc le suivant :



- Si on suppose que les éléments sont indépendants, la fiabilité **R(t)** s'écrit :

$$R(t) = e^{-\int_0^t (\sum_{i=1}^n \lambda_i(\tau)) d\tau} \quad \text{avec } \lambda_i \text{ le taux de défaillance de l'élément}$$

- Le taux de défaillance $\Lambda(t)$ du système est donc la somme des taux de défaillance des éléments :

$$\Lambda(t) = \sum_{i=1}^n \lambda_i(t)$$

- Dans le cas où les λ_i sont constants, on obtient donc :

$$MTTF = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \lambda_i}$$

et

$$R(t) = e^{-\sum_{i=1}^n \lambda_i t}$$

APPLICATION

Fiabilité des éléments en série

Exercice: Fiabilité "éléments en série "

Considérons un circuit électronique comportant:

- 4 transistors au silicium
- 10 diodes au silicium
- 20 résistances
- 10 condensateurs céramique,

Conditions :

- chacun de ces groupes montés en série fonctionnant continuellement et supposons que le câblage (circuit imprimé) et les soudures soient parfaitement fiables.
- supposons de plus que ces différents composants, une fois assemblés et conditionnés, fonctionnent dans le circuit à leur valeur normale de tension, d'intensité et de température (avec par exemple une température de 65°C à l'intérieur de l'enveloppe)
- admettons que dans les conditions considérées les taux de défaillance soient les suivants :
 - transistors au silicium : $\lambda_t = 10^{-5}/h$ pour chaque élément
 - diodes au silicium : $\lambda_d = 2 \cdot 10^{-6}/h$ pour chaque élément
 - résistances : $\lambda_r = 10^{-6}/h$ pour chaque élément
 - condensateurs céramiques : $\lambda_c = 2 \cdot 10^{-6}/h$ pour chaque élément

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

Exercice: Fiabilité "éléments en série "

☞ Pour évaluer la fiabilité du circuit, on détermine d'abord le taux de défaillance du circuit en additionnant les taux de défaillance de tous les éléments:

$$\lambda_{\text{circuit}} = 4 * \lambda_r + 10 * \lambda_d + 20 * \lambda_r + 10 * \lambda_c \Rightarrow \lambda_{\text{circuit}} = 10^{-4} / \text{h}$$

☞ on peut alors estimer la fiabilité :

$$R(t) = e^{-0,0001 * t} \quad \text{pour une durée de fonctionnement } t$$

☞ Pour un fonctionnement de 10 heures, la fiabilité ou probabilité de voir le système rester en état de marche pendant ces 10 heures s'élève à :

R(t)=99,9%

On peut donc espérer voir le système fonctionner 999 fois sur 1000 missions de 10 heures, la défaillance n'ayant ainsi lieu qu'une seule fois sur 1000 (pour une mission de 10 heures).

☞ Le temps moyen de bon fonctionnement entre deux défaillances MTBF est :

MTBF = 1 / λ MTBF=10 000 heures

21

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

21

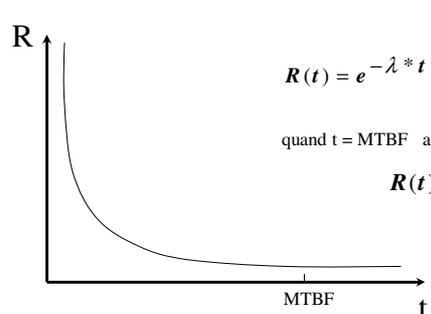
1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

Important !

Cela ne signifie nullement qu'on doive s'attendre à voir le système fonctionner 10 000 heures sans pannes.

D'après la loi exponentielle, la chance de survie pour 10 000 heures n'est que de 37% environ et le risque de panne au cours des 10 000 heures est d'environ 63%.

Si on a par exemple 100 systèmes du même type, on peut s'attendre à en avoir 63 qui seront hors fonctionnement après 10 000 heures.



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

quand $t = \text{MTBF}$ avec $\lambda = 1/\text{MTBF}$

$$R(t) = e^{-1} = 0,37 = 37\%$$

22

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

22

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

☞ Un système complet comprend en général un grand nombre d'éléments
ou de sous-ensembles montés en série

↓

ce qui signifie que la panne d'un seul d'entre eux suffit
à entraîner la panne du système.

☞ Dans certains cas, des éléments dont la fiabilité est insuffisante
sont doublés par des éléments identiques en parallèle

↓

Cette technique de redoublement ou "redondance" permet d'accroître
la fiabilité du système

23

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

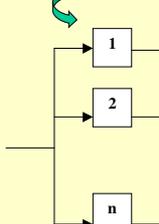
23

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

Fiabilité d'un système constitué des éléments en parallèle

Un système constitué de n éléments est dit à **configuration parallèle** si la défaillance de tous les éléments est nécessaire pour entraîner la défaillance du système complet.

Le diagramme de fiabilité d'un tel système est donc le suivant :



Le temps moyen jusqu'à la défaillance peut s'écrire :

$$MTTF = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\lambda_i} - \sum_{i \neq j} \frac{1}{\lambda_i + \lambda_j} + \sum_{i \neq j \neq k} \frac{1}{\lambda_i + \lambda_j + \lambda_k} \dots + (-1)^{n+1} \frac{1}{\sum_{i=1}^n \lambda_i}$$

Dans le cas où tous les éléments ont le même taux de défaillance λ ,
l'expression ci-dessus devient :

$$MTTF = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\lambda}}{\lambda}$$

24

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

24

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

La courbe en baignoire

On distingue trois grands types de défaillances
(mises à part celles causées par un manque de soin dans la manutention ou le stockage ou par une mauvaise utilisation).

Si on regarde la vie d'un matériel réparable, l'expérience montre qu'il est possible de distinguer généralement **3 périodes** pendant chacune d'elle **le taux de défaillance ou de panne a une variation caractéristique.**

- Période de jeunesse
- Période de vie utile ou de maturité
- Période d'usure

25

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

25

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

La courbe en baignoire

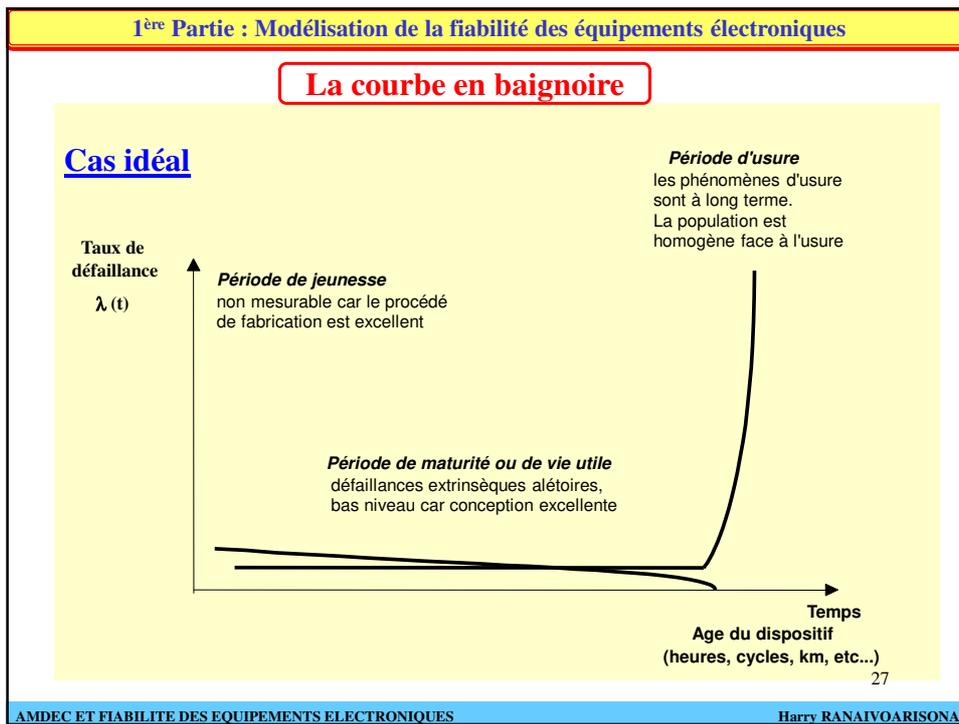
Baignoire = superposition de trois courbes

The graph plots the failure rate $\lambda(t)$ on the y-axis against the age of the device (in hours, cycles, km, etc.) on the x-axis. The failure rate curve starts high, decreases through the 'Période de jeunesse' (elimination of weak units), remains constant through the 'Période de maturité ou de vie utile' (random extrinsic failures), and then increases through the 'Période d'usure' (failures due to wear). A horizontal line labeled 'usage' represents a constant failure rate, and a curve labeled 'usure' shows the increasing failure rate due to wear. Vertical dashed lines mark the boundaries between the three periods.

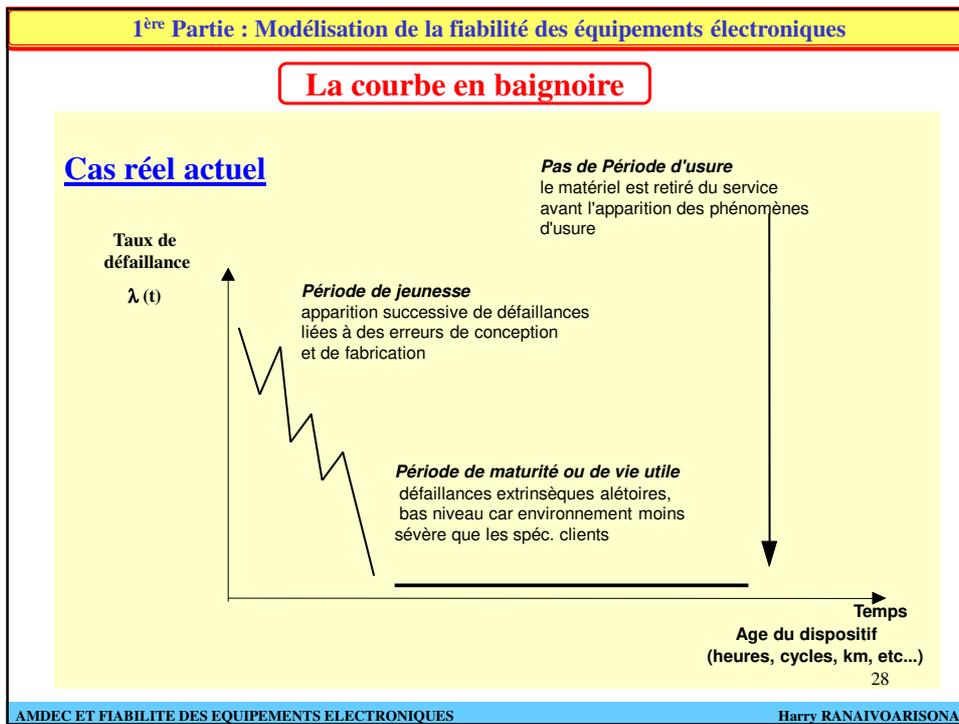
26

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

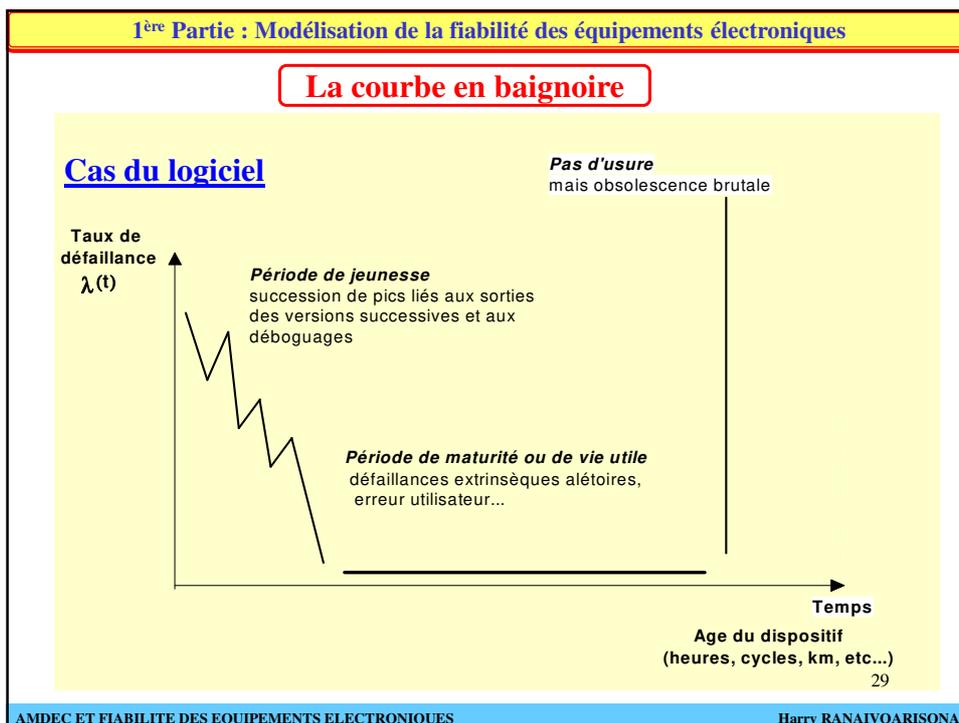
26



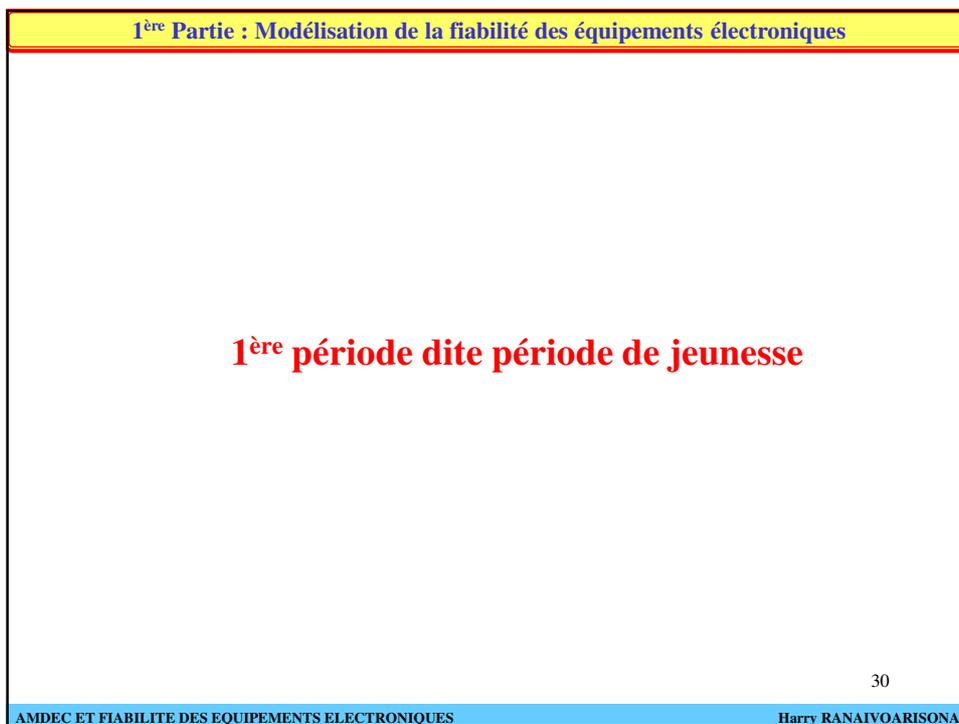
27



28



29



30

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

La première période dite période de jeunesse ou période de mortalité

Elle comprend les pannes qui surviennent très tôt dans la vie du composant (en général, dans les premières minutes ou premières heures d'utilisation).

Les *"pannes infantiles"* sont dues pour la plupart à des défauts de fabrication (composants, assemblage) et à un contrôle qualité insuffisant en cours de production.

Ces "pannes infantiles" peuvent être éliminées grâce à un *essai de déverminage* ou à une *"mise à l'épreuve"* du matériel ou à une sélection systématique des constituants.



La "mise à l'épreuve" ou le déverminage consiste à faire marcher l'équipement pendant un certain nombre d'heures en stimulant les véritables conditions d'emploi.

31

31

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

La première période dite période de jeunesse ou période de mortalité

Durant cette période le taux de panne décroît et la fiabilité suit une loi de Weibull:

La fonction de répartition est :
$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$$

La fiabilité correspondante est :
$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$$

- où :
- β est le paramètre de forme
 - η est le paramètre d'échelle
 - γ est le paramètre de position
 - t est une variable qui peut représenter :
 - *les instants d'arrivée de défaillances
 - *les instants où l'on constate un nombre N_f défaillances dans un lot donné
 - *les intervalles entre défaillances.

32

32

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

La première période dite période de jeunesse ou période de moratilité

En jouant sur ces différents paramètres, la loi de Weibull peut représenter un grand nombre de lois de probabilités utilisées en fiabilité.

En général, le paramètre γ est nul (on va donc supposer $\gamma=0$ dans ce cours)

↓

dans ce cas l'expression de la fiabilité est :

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad \text{ici } \beta < 1 \quad \Rightarrow \quad R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta}$$

et la fonction de répartition devient :

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad \Rightarrow \quad F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta}$$

ici $\beta < 1$

33

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

33

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

APPLICATION

1^{ère} période dite période de jeunesse

34

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

34

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

Exercice: "période de jeunesse "

La fiabilité d'un téléphone mobile de marque "K" est de l'ordre de 0,95 au bout de 8000 heures ou d'une année de fonctionnement ou d'utilisation

↓

soit 95% de chance pour qu'un téléphone mobile fonctionne après une année d'utilisation.

↓

Cela se traduit pour le fabricant par le fait chaque année 5% de téléphones mobiles produits devront retourner à l'usine pour effectuer une réparation (dans le cadre de la garantie).

☞ Il est cependant intéressant, parmi ces retours, de s'occuper ou d'analyser les téléphones mobiles qui reviennent précocement.

↓

On prend par exemple, dans ces 5% de retours, un échantillon de 30 téléphones d'une population précocement défectueux (par exemple dans le premier mois ou 600 heures d'utilisation, à raison de 20 heures de fonctionnement par jour).

35

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

35

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

Exercice: "période de jeunesse "

Dans la pratique, on constate deux familles de défaillances :

- la 1^{ère} famille concerne les téléphones mobiles qui ne fonctionnent plus du tout

↓

c'est ce qu'on appelle "défaillances catalectiques" ou "défaillances accidentelles" ou "défaillances catastrophique"

Ces défaillances qui surviennent à des instants quelconques "aléatoires" ne sont pas faciles à éliminer.

↓

Cependant, les techniques modernes de la fiabilité permettent de réduire leur probabilité d'apparition donc de minimiser leur nombre pour un intervalle de temps donné.

36

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

36

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

Exercice: "période de jeunesse "

• la 2^{ème} famille de défaillances se manifeste par une dégradation progressive du fonctionnement.

↓

On les appelle "défaillances par dégradation" ou "défaillances par dérive".

Elles se manifestent par une variation des caractéristiques de l'équipement ou du matériel, cette variation devient inacceptable à partir d'un certain niveau.

37

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

37

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

Exercice: "période de jeunesse "

Les défaillances des 30 téléphones mobiles sont intervenues aux instants suivants :

| Numéro ou Ordre du téléphone mobile | Temps de Défaillance en heure |
|-------------------------------------|-------------------------------|
| 1 | 30 |
| 2 | 12 |
| 3 | 10 |
| 4 | 50 |
| 5 | 10 |
| 6 | 33 |
| 7 | 16 |
| 8 | 23 |
| 9 | 18 |
| 10 | 11 |
| 11 | 65 |
| 12 | 12 |
| 13 | 70 |
| 14 | 11 |
| 15 | 32 |
| 16 | 13 |
| 17 | 400 |
| 18 | 15 |
| 19 | 130 |
| 20 | 12 |
| 21 | 500 |
| 22 | 95 |
| 23 | 36 |
| 24 | 10 |
| 25 | 250 |
| 26 | 120 |
| 27 | 14 |
| 28 | 29 |
| 29 | 60 |
| 30 | 16 |

N.B.: les chiffres donnés dans ce tableau ne doivent pas être considérés comme des valeurs réelles et ne servent qu'à titre d'illustration

38

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

38

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

Exercice: "période de jeunesse "

On peut représenter sur un graphique les temps de fonctionnement (par des traits horizontaux) et les instants de défaillances (par des losanges)

39

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

39

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

Exercice: "période de jeunesse "

Ces données doivent être ensuite classées (on pourra utiliser les classes avec des largeurs différentes), sur chaque intervalle de temps on va compter le nombre de téléphones qui tombent en panne. Le tableau suivant donne les classes et les effectifs obtenus sur ces 30 téléphones mobiles.

| Classes | Effectifs |
|-----------|-----------|
| 0 - 20 | 14 |
| 20 - 40 | 6 |
| 40 - 80 | 4 |
| 80 - 150 | 3 |
| 150 - 300 | 1 |
| 300 - 600 | 2 |
| Total | 30 |

14 téléphones mobiles sont tombés en panne dans les 20 premières heures
6 entre 20 heures et 40 heures, 4 entre 40 heures et 80 heures et ainsi de suite...

40

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

40

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

Exercice: "période de jeunesse "

☞ La fréquence de chacune des classes est obtenue en divisant les effectifs par l'effectif total qui est ici 30 :

$$f_i = \frac{n_i}{N} \quad \text{où } n_i \text{ est le nombre de téléphone dans classe } i$$

N est le nombre total de téléphones mobiles analysés

41

41

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

Exercice: "période de jeunesse "

☞ La densité de fréquence ou la fréquence par unité de temps est obtenue en divisant chaque fréquence par l'amplitude de la classe correspondante :

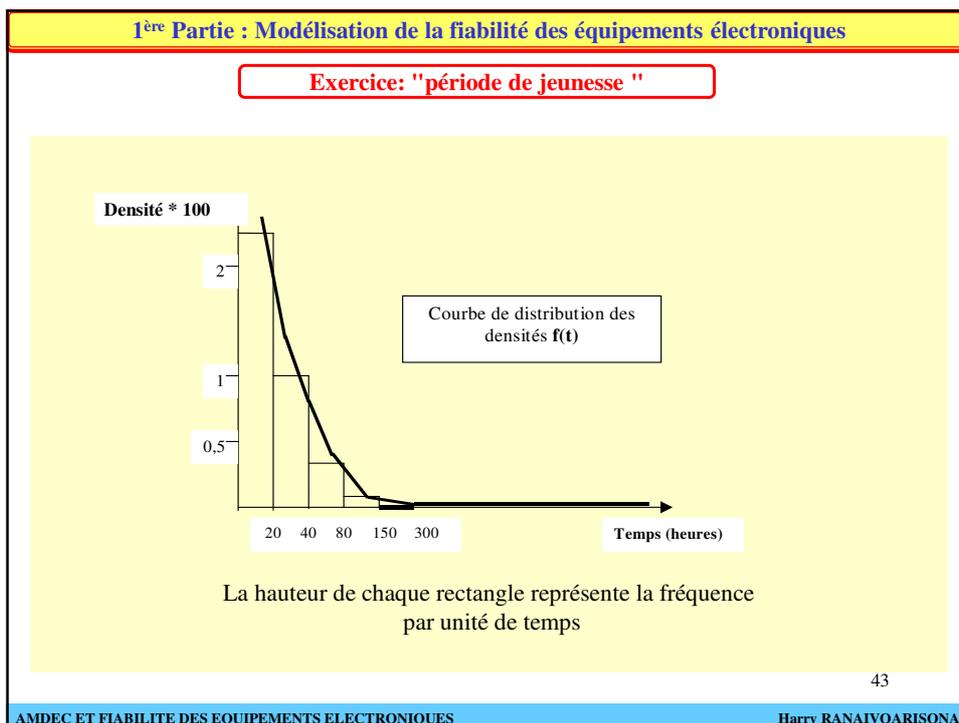
$$d_i = \frac{f_i}{a_i} \quad \text{où } f_i \text{ est la fréquence dans la classe } i$$

a_i est l'amplitude de la classe i correspondante.

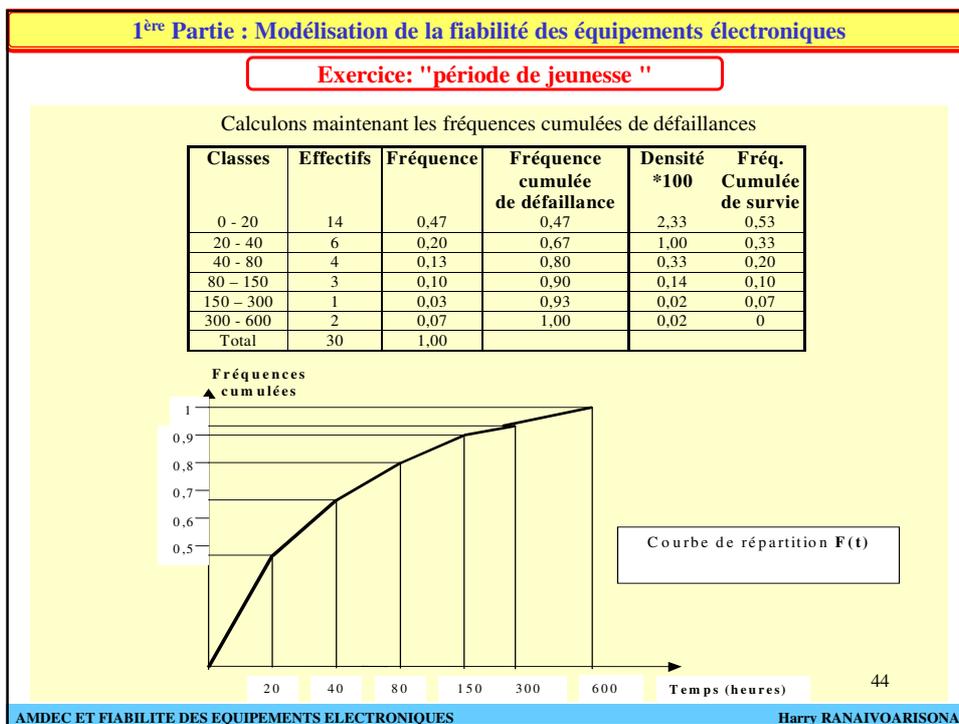
| Classes | Effectifs | Fréquence | Densité*100 |
|-----------|-----------|-----------|-------------|
| 0 - 20 | 14 | 0,47 | 2,33 |
| 20 - 40 | 6 | 0,20 | 1,00 |
| 40 - 80 | 4 | 0,13 | 0,33 |
| 80 - 150 | 3 | 0,10 | 0,14 |
| 150 - 300 | 1 | 0,03 | 0,02 |
| 300 - 600 | 2 | 0,07 | 0,02 |
| Total | 30 | 1,00 | |

42

42



43



44

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

Exercice: "période de jeunesse "

Nous allons maintenant reprendre la loi de Weibull pour représenter le phénomène étudié.

Comme cela a été déjà dit, la loi de Weibull est intéressante dans la mesure où ses différents paramètres en font une loi générale représentative de l'ensemble des phénomènes rencontrés.

La loi de Weibull que nous allons utiliser (avec $\gamma = 0$) s'écrit : $F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta}$

Pour savoir si la variable t suit une loi de Weibull de paramètre β et η , nous allons utiliser un papier graphique adéquat "papier de Weibull" pour représenter les valeurs observées de la variable t en fonction de $F(t)$.



On dit que le phénomène étudié suit une loi de Weibull de paramètres β et η si les points sont alignés.

45

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

Exercice: "période de jeunesse "

Les fréquences cumulées que nous avons calculées seront reportées selon les segments aux extrémités droites des intervalles, par exemple 0,47 pour le temps 20 heures, 0,67 pour le temps 40 heures et ainsi de suite.

On voit que les extrémités des segments sont sensiblement alignées, on peut donc déduire que le phénomène ici étudié suit une loi de Weibull de paramètres $\beta = 0,7$ et $\eta = 37$ heures.

46

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

La première période dite période de jeunesse ou période de moratilité

Si on s'intéresse maintenant au **taux de défaillances** $z(t)$ qui est le rapport entre **la densité de probabilité de défaillances** dans un petit intervalle de temps et **la probabilité de survie** après le temps t :

$$z(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{dF(t)}{dt} \frac{1}{R(t)}$$

⇒ Le taux de défaillance $z(t)$ représente la probabilité d'observer un défectueux dans un petit intervalle autour du temps considéré c'est à dire entre t et $t+dt$.

⇒ Si on représente $z(t)$ en fonction du t , on voit que le taux de défaillance décroît très vite pour se stabiliser ensuite

Exemple :

pour $t = 40$
 $f(40) = 1$ au coefficient multiplicateur 100 ⇒ $z(40) = \frac{f(40)}{R(40)} = \frac{1}{33} = 0,030$
 $R(40) = 33\%$

Le taux de défaillance à un instant donné $t = 40$ heures est la probabilité d'avoir une défaillance à cet instant sachant que la probabilité de survie n'est plus que 33%.

47

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

La première période dite période de jeunesse ou période de moratilité

Conclusion

☞ Les défaillances précoces constatées dans cette période de jeunesse sont généralement dues, pour la plupart, à des défauts de fabrication.

☞ Il faut noter que tous les composants que l'on est amené à utiliser dans un équipement ne présentent pas tous ce type de défaillance. On rencontre surtout ces défaillances précoces sur des composants dont la technologie est récente et pour lesquels les procédés de fabrication ne sont pas encore parfaitement maîtrisés par les fabricants.

☞ Pour éviter l'apparition de ces défaillances précoces, on utilise une méthode de "mise à l'épreuve" ou "déverminage".



Cette méthode consiste à détecter, par un essai accéléré approprié, les éléments ou les composants qui sont susceptibles de présenter de telles défaillances.

48

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

La première période dite période de jeunesse ou période de moratilité

Pour pouvoir définir un **essai accéléré approprié**, il est nécessaire :

- ➡ de connaître **les mécanismes de dégradation** que l'on souhaite détecter
- ➡ de connaître **les valeurs limites** des paramètres de l'essai afin de ne pas fragiliser les pièces qui ne présentent pas les défauts à éliminer.

49

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

2^{ème} période dite période de vie utile ou de maturité

50

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

La deuxième période dite période de vie utile ou période de maturité

- Elle comprend les pannes purement "accidentelles" (sans cause systématique) que ne peuvent éliminer ni les techniques de mise à l'épreuve ni la meilleure politique de maintenance.
- Il s'agit de défaillances dues à un grand nombre de causes et liées à la fabrication des dispositifs. Elles correspondent, par exemple, à la présence de "fêlures" dans les ampoules de verre, de "pailles" dans les pièces mécaniques, de "poussières"...etc.
- Les pannes accidentelles ne sont pas faciles à éliminer. Cependant, les techniques modernes de la fiabilité permettent de réduire leur probabilité d'apparition.



la plupart des analyses sur la fiabilité (détermination du taux de panne,... etc) se font en période de vie utile, le matériel est supposé exempt de défauts de fabrication ou de conception. C'est dans cette zone que le client doit voir.

51

51

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

La deuxième période dite période de vie utile ou période de maturité

☞ le taux de panne est constant et minimal

$$\lambda(t) = \lambda = cte$$

☞ la fiabilité suit une loi exponentielle

(une loi qui est plus couramment utilisée en fiabilité électronique pour décrire la période durant laquelle le taux de défaillance des équipements est considéré constant, elle est une des seules lois qui permettent de réaliser les calculs)

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)} \quad (\text{c'est une loi de Weibull avec } \beta=1)$$

Dans la plupart des analyses, la détermination du taux de panne est réalisée dans la période de vie utile où l'équipement ou matériel est supposé exempt de défauts de fabrication ou de conception.

52

52

APPLICATION

2^{ème} période dite période de vie utile

53

53

Exercice: "période de vie utile "

Les calculs de la fiabilité et du taux de panne d'une carte électronique ou d'un composé

- soit :
- k type de composants
 - n_i composants de type i
 - λ_i : taux de panne du composant de type i
 - tous les composants sont nécessaires au fonctionnement (fiabilité "série")



$$\bullet R(t) = \prod_{i=1}^k e^{-n_i \lambda_i t} = e^{-\left(\sum_{i=1}^k n_i \lambda_i\right)t}$$

$$\bullet MTF = \frac{1}{\sum_{i=1}^k n_i \lambda_i}$$

$$\bullet \lambda_{carte} = \sum_{i=1}^k n_i \lambda_i$$

54

54

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

Exercice: "période de vie utile "

Pour illustrer cette période, nous allons considérer un autre échantillon de 30 téléphones mobiles qui ne présentent plus de défaillances précoces.

Ces 30 téléphones seront mis en essai de durée, l'observation sera arrêté au bout de 22 000 heures soit 3 ans.

Le tableau ci-contre montre pour chaque téléphone la durée de vie ou l'instant de défaillance enregistré.

| Número ou Ordre du téléphone mobile | Durée de vie |
|-------------------------------------|--------------|
| 1 | 5000 |
| 2 | 1500 |
| 3 | 21000 |
| 4 | 2000 |
| 5 | 9000 |
| 6 | +22000 |
| 7 | 4000 |
| 8 | 13000 |
| 9 | 2000 |
| 10 | 1200 |
| 11 | 5000 |
| 12 | 14000 |
| 13 | 6000 |
| 14 | +22000 |
| 15 | 3500 |
| 16 | 2500 |
| 17 | 12000 |
| 18 | 8500 |
| 19 | 6500 |
| 20 | 7500 |
| 21 | 2000 |
| 22 | 5000 |
| 23 | 20000 |
| 24 | 6000 |
| 25 | +22000 |
| 26 | 13000 |
| 27 | 1500 |
| 28 | 16000 |
| 29 | 8000 |
| 30 | 11000 |

55

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

55

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

Exercice: "période de vie utile "

Les fréquences cumulées de défaillances en cumulant les fréquences classe par classe

| Classes | Effectifs | Fréquence | Fréquence cumulée de défaillance |
|---------------|-----------|-----------|----------------------------------|
| 0 – 3000 | 7 | 0,23 | 0,23 |
| 3000 – 7000 | 8 | 0,27 | 0,50 |
| 7000 – 10000 | 4 | 0,13 | 0,63 |
| 10000 – 15000 | 5 | 0,17 | 0,80 |
| 15000 – 22000 | 3 | 0,10 | 0,90 |
| 22000 et + | 3 | 0,10 | 1,00 |
| Total | 30 | 1,00 | |

On obtient la courbe de répartition F(t) en joignant les sommets des fréquences cumulées de défaillances

Courbe de répartition F(t)

56

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

56

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

Exercice: "période de vie utile "

Comme précédemment nous allons nous intéresser à la loi de Weibull pour représenter le phénomène étudié.

Nous allons utiliser le papier de Weibull pour représenter les fréquences cumulées calculées selon des segments rapportés à l'extrémité droite de chaque intervalle.

On voit que les extrémités des segments sont bien alignées, on pourra donc dire que le phénomène étudié suit une loi de Weibull avec les paramètres $\beta = 1$ et $\eta = 10\,000$ heures.

Lorsque le paramètre β est égal à 1, la loi de Weibull se réduit à la loi exponentielle qui ne dépend que du paramètre θ "moyenne de temps jusqu'à défaillance" dans cet exemple $\theta = \eta = 10\,000$ heures.

Dans cette condition on obtient :

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)} = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)}$$

$$f(t) = \frac{1}{\theta} e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)}$$

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)}$$

57

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

57

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

Exercice: "période de vie utile "

Le taux de défaillance est :

$$z(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{1}{\theta} = Cte$$

$$\lambda = \frac{1}{\theta} = \frac{1}{10000} \quad \text{soit } 0,1 \text{ par } 1000 \text{ heures}$$

Le taux de défaillance peut être exprimé en pourcentage par heure
 $\lambda = 10\%$ pour 1000 heures

Pour des commodités d'écriture on l'exprime de la manière suivante : $\lambda = 10^{-4}$ / heure

Pour les composants électroniques on utilise souvent l'unité 10^{-9} /heure appelée FIT (Failure In Time)

58

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

58

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

La deuxième période dite période de vie utile ou période de maturité

Conclusion

Si on résume les deux premières périodes de vie d'un équipement ou d'un composant électronique.

- ☞ Nous avons, dans la 1^{ère} période considéré les défaillances qui survenaient après un temps court d'utilisation, le taux de défaillance assez élevé au départ diminuait rapidement.
- ☞ Après la mise à l'épreuve ou le déverminage nous avons trouvé des défaillances à caractère aléatoire avec un taux de défaillance λ constant.

➡ La question est maintenant de savoir ce qui se passe beaucoup plus loin par exemple après 36 000 heures d'utilisation soit au bout de 5ans à raison de 20 heures de fonctionnement par jour. ←

Au-delà de la zone de vie utile, ces téléphones mobiles (équipement ou composants en général) vont présenter de plus en plus de défaillances dues essentiellement à l'usure des composants ou des éléments, par conséquent **le taux de défaillance augmente.**

59

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

3^{ème} période dite période d'usure

60

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

La troisième période dite période d'usure

- Elle comprend les pannes causées par l'usure des éléments qui constituent l'équipement ou le composant.
 - ➡ Les pannes d'usure sont un symptôme du vieillissement des composants (évolution physico-chimique pour les dispositifs électroniques)
 $ici \beta > 1$
- Les pannes sont généralement dues à une dégradation des caractéristiques qui est le plus souvent liée à la conception du produit plus qu'à sa fabrication
- Dans la plupart des cas, on peut prévenir les pannes d'usure
 - ➡ en remplaçant par exemple les organes accessibles que l'on sait être sujets à l'usure
 - ➡ ou bien quand ces éléments ne sont pas d'accès facile, on fait en sorte que leur durée de vie soit plus longue que la vie de l'équipement.

61

61

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

La troisième période dite période d'usure

☞ Il faut noter qu'il est souvent difficile d'obtenir des données d'exploitation dans cette période d'usure car certains produits, par exemple de consommation courante, sont souvent mis au rebut bien avant sa fin de vie (et bien avant la période d'usure)



On parle alors de durabilité plutôt que de fiabilité

☞ La pratique des essais accélérés nous permettent d'obtenir des données nécessaires dans des temps les plus courts possibles.

62

62

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

Essais accélérés

Les essais accélérés utilisent **des conditions plus sévères que les conditions normales** pour arriver plus rapidement aux conditions de vieillissement et d'usure



Il est cependant nécessaire de prendre des précautions afin que les niveaux de contrainte créent des défaillances identiques à celles que l'on aurait pu avoir dans les conditions normales si on avait pu effectuer des essais suffisamment longs.

63

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

63

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

APPLICATION

3^{ème} période dite période d'usure

64

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

64

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

Exercice : "période d'usure "

Essai accéléré :

Nous allons ici faire subir un essai accéléré de 2000 heures à une dizaine de téléphones mobiles.

Résultat de l'essai :

8 téléphones mobiles sont défectueux bien avant la fin de l'essai et 2 autres ne présentent aucune défaillance à la fin de la campagne.

65

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

Résultat de l'essai :

8 téléphones mobiles sont défectueux bien avant la fin de l'essai et 2 autres ne présentent aucune défaillance à la fin de la campagne.

Le tableau suivant donne les instants de défaillances des téléphones soumis à cet essai accéléré :

| numéro par ordre de téléphone défaillant | Instant de défaillance | Estimation de la fréquence cumulée de défaillance | Estimation de la fréquence cumulée de défaillance (%) |
|--|------------------------|---|---|
| 1 | 1000 | 1/11=0,09 | 9 |
| 2 | 1200 | 2/11=0,18 | 18 |
| 3 | 1300 | 3/11=0,27 | 27 |
| 4 | 1400 | 4/11=0,36 | 36 |
| 5 | 1500 | 5/11=0,45 | 45 |
| 6 | 1600 | 6/11=0,54 | 54 |
| 7 | 1700 | 7/11=0,63 | 63 |
| 8 | 1900 | 8/11=0,72 | 72 |
| 9 | +2000 | 9/11=0,81 | 81 |
| 10 | +2000 | 10/11=0,90 | 90 |

L'estimation de la fréquence cumulée de défaillance est obtenue en divisant le nombre de téléphones mobiles défectueux par le nombre total de téléphones mis en essai + 1 :

$$f_i = \frac{n_i}{N + 1}$$

66

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

Exercice : " période d'usure "

Comme précédemment, nous allons utiliser le papier de Weibull pour représenter les fréquences cumulées calculées selon des segments rapportés à l'extrémité droite de chaque intervalle. On constate que les extrémités des segments sont alignées, on pourra dire que le phénomène étudié suit une loi de Weibull avec les paramètres $\beta = 4,5$ et $\eta = 1700$ heures

67

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES

Harry RANAIVOARISONA

67

1^{ère} Partie : Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques

La courbe en baignoire

- En résumé, on peut éliminer:
 - ➡ les pannes infantiles par des essais prolongés et des contrôles approfondis avant la mise en service
 - ➡ les pannes d'usure par un programme de maintenance préventive
- Dès lors, si des défaillances se produisent en cours d'utilisation, il s'agit presque sûrement de défaillances purement accidentelles
- La fiabilité s'attache à l'étude des défaillances purement accidentelles: il s'agit :
 - ➡ de les prévenir
 - ➡ de les réduire
 - ➡ ou de les éliminer

car ce sont les défaillances de ce type qui nuisent le plus à la fiabilité d'un équipement en utilisation normale.

68

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES

Harry RANAIVOARISONA

68

2^{ème} partie
Les types d'essai pratiqués en fiabilité

69

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

69

2^{ème} Partie : Les types d 'essai pratiqués en fiabilité

En fiabilité, il existe 6 grandes familles d'essai :

1- Les essais de sélection :

 Ils permettent d'enlever les individus les plus faibles dans une population...

 C'est ce qui fait la différence, par exemple, entre des composants spaciaux, des composants militaires ou des composants civil.

 Il existe pour cela des normes qui décrivent ces types d'essai comme la MIL-STD-883.

Bien souvent, ce type d'essai n'est pas destructif, les plus fragiles peuvent être, par exemple, ceux qui sont limités en fréquence lorsqu'on les monte en température. On peut même utiliser les composants que l'on a mis de côté pour une autre application qui serait moins critique.

Attention ! les résultats de ces essais ne permettent pas de déterminer la fiabilité ou la durée de vie des individus restants.

70

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

70

2^{ème} Partie : Les types d 'essai pratiqués en fiabilité

2- Les essais de déverminage ou mise à l'épreuve :

le but est d'éliminer les individus "faibles" dans une population,
afin de s'affranchir de la période de jeunesse et se
retrouver ainsi en période de vie utile (lambda constant).

Ces essais de déverminage sont dimensionnés de manière à ne pas détruire ni vieillir
(à ne pas entamer la durée de vie des éléments testés).
Il existe pour cela des normes qui décrivent ces types d'essai comme la MIL-STD-2164.

Attention ! les résultats de ces essais ne permettent pas de déterminer
la fiabilité ou la durée de vie des individus restants.

71

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES

Harry RANAIVOARISONA

71

2^{ème} Partie : Les types d 'essai pratiqués en fiabilité

3- Les essais de qualification

Ce sont des essais qui permettent de s'assurer qu'un équipement est capable de supporter
un certain niveau de contrainte à un niveau de confiance donné.

Ces essais sont, en général, déduits des contraintes nominales d'utilisation auxquelles
on met un coefficient de sécurité
(avec des contraintes plus sévères qu'en opérationnel mais sur des durées relativement courtes...)

Ils sont, en général, négociés avec le client puisqu'ils font partie
des critères d'acceptation d'un équipement.

Attention ! Les résultats de ces essais ne permettent pas de déterminer la fiabilité
ou la durée de vie des équipements acceptés.

72

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES

Harry RANAIVOARISONA

72

2^{ème} Partie : Les types d 'essai pratiqués en fiabilité

4- Les essais de fiabilité

Ces essais font partie (comme les essais de durée de vie "life test") des essais dits accélérés.

Ils permettent, en augmentant les contraintes (souvent par palier) mais en restant dans les contraintes acceptables des composants, de précipiter les défaillances.

Attention !

Ces essais permettent de déterminer la fiabilité par le biais de l'utilisation des lois d'accélération connues. Mais de donnent pas d'indication sur la durée de vie.

73

2^{ème} Partie : Les types d 'essai pratiqués en fiabilité

4- Les essais de fiabilité (suite)

- Il est parfois nécessaire d'avoir l'équipement en fonctionnement pendant l'application de la contrainte,
- Il faut bien connaître l'équipement pour déterminer le (ou les) plan(s) d'essai...
- Il faut "tuer" plusieurs équipement (>5) par niveau de contrainte. Plus exactement (>2x5 si la loi d'accélération est connu ou >3x5 pour une loi non connue).

Par exemple sur une contrainte thermique (loi d' Arrhenius) il faut choisir 2 températures (par exemple : 70°C et 90°C) et faire fonctionner 5 équipements à ces 2 températures jusqu'à défaillance... de façon à en déterminer le paramètre d'accélération spécifique à l'équipement en essai et correspondant à la loi (ici l'Ea=Energie d'activation).

74

2^{ème} Partie : Les types d 'essai pratiqués en fiabilité

5- Les essais de durée de vie

Ces essais font partie (comme les essais de fiabilité) des essais dit accélérés.

Ils permettent, en augmentant les contraintes (souvent par palier) et en dépassant légèrement les contraintes acceptables des composants, de précipiter les défaillances d'usure.

Attention !

Ces essais permettent de déterminer la durée de vie par le biais de l'utilisation des lois d'accélération connues. Mais de donnent pas d'indication sur la fiabilité.

75

2^{ème} Partie : Les types d 'essai pratiqués en fiabilité

5- Les essais de durée de vie (suite)

En principe, les lois d'accélération classiques ne s'appliquent pas... mais, comme personne ne sait quelles sont les lois applicables, on les utilise quand même faute de mieux ! Il faut retirer les pannes aléatoires de l'essai avant de faire le calcul pour enlever la part de lambda constant...

En fait c'est souvent assez facile, car dans les essais de durée de vie, normalement tous les composants en essais tombent en panne quasi en même temps !

Si on met 100 composants en essais et qu'on observe :

- 10heure 1panne
- 50heure 1panne
- 60heure 1panne
- 65heure 1panne
- 120heure 1panne
- 125heure 1panne
- 210heure 10panne
- 220heure 20panne
- 225heure 30panne
- 230heure 34panne

il suffit d'enlever les 6 premières pannes, les autres c'est bien de l'usure...

!!!!!!Malheureusement, ce n'est pas toujours aussi simple!!!!!!

76

2^{ème} Partie : Les types d 'essai pratiqués en fiabilité

Exemples de durée de vie

Exemple 1 : la pile

L'usure normale correspond à la durée de vie. Mais, de temps en temps, certaines se mettent en cours circuit, surchauffe,... C'est du lambda aléatoire.

Exemple 2 : une pile ou une bougie

L'usure normale correspond à la durée de vie.
Une bougie a une durée de vie de 1 h et si on met 1.000.000 de bougies allumées pendant 1 heure on pourra trouver 5 qui ne vont pas jusqu'au bout.
Le lambda est alors $5/1000000 \text{ h} = 5 \cdot 10^{-6}/\text{h}$
D'où un MTTF de 200 000 heures soit 22 ans

Exemple 3 : une lampe à incandescence

Si on change toutes les 350 ampoules en même temps...sur une période de 2 ans on va en voir une dizaine claquer de manière aléatoires c'est le lambda et puis d'un coup (en l'espace de 2 mois), les 340 autres vont mourir de leur belle mort c'est la DDV..

Exemple 4 : l'homme

L'homme vieillit et a une durée de vie d'environ 77 ans, ce qui ne lui empêche pas d'avoir quelques pannes accidentelles durant sa durée de vie (maladie, accidents).
Le MTTF d'un homme est de l'ordre de 14000 ans ! Dommage qu'on vieillit...

77

2^{ème} Partie : Les types d 'essai pratiqués en fiabilité

6- Les essais de robustesse

Ce sont des essais à contraintes extrêmes qui permettent d'améliorer et de rendre plus robuste un équipement en recherchant l'élément le plus faible (le premier à lâcher) et en le corrigeant pour qu'il tienne jusqu'à ce que l'on arrive à un super équipement super résistant.

Attention !

Les résultats de ces essais ne permettent pas de déterminer la durée de vie ou la fiabilité des équipements

78

2^{ème} Partie : Les types d 'essai pratiqués en fiabilité

6- Les essais de robustesse (suite)

On prend un stress, par exemple la température et on monte....

le transistor X ne tient pas à 120°C ==> on en met un autre plus résistant et on recommence...

cette fois-ci c'est le circuit intégré Y qui ne tient pas à 140°C ==> on en met un autre plus résistant et on recommence...

cette fois c'est la diode Z qui ne tient pas à 170°C ==> on en met une autre plus résistante et on recommence...

jusqu'à arriver aux limites des possibilités en coût ou en technologie !

Puis on prend un autre stress et on fait pareil et ainsi de suite

79

3^{ème} Partie

Détermination des taux de pannes des composants électroniques

80

3^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques

Introduction

Un panne ou une défaillance est une cessation de l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise

Soit N_p le nombre de pannes moyen entre 0 et t tel que:

$$N_p = \int_0^t \lambda(t) dt \quad \text{avec } \lambda(t) : \text{taux de panne à l'instant } t$$

- dans la zone de jeunesse le taux de panne $\lambda(t)$ décroît
- dans la zone d'usure le taux de panne $\lambda(t)$ croît
- dans la zone de vie utile le taux de panne est constant et les pannes suivent une distribution de poisson, dans cette même zone la fiabilité $R(t)$ suit une loi exponentielle:

$$N_p = \lambda t \quad \text{et} \quad R(t) = e^{-\lambda t}$$

la probabilité d'avoir eu i pannes entre 0 et t est :

$$e^{-\lambda t} \frac{(N_p)^i}{i!}$$

81

3^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques

Quelques définitions

- **essai tronqué**: lorsqu'on décide d'une durée après lequel l'essai sera arrêté
- **essai censuré** : lorsqu'on fixe le nombre de défaillances après lequel l'essai sera arrêté
- **essai progressif** : la décision d'arrêter l'essai peut être prise à chaque instant en fonction du nombre de défaillances observées et de la durée accumulée
- **essai progressif tronqué**: il est du même type que l'essai progressif, mais il sera obligatoirement arrêté après un temps préétabli.

82

3^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques

Estimation de la MTBF réelle θ

☞ Pour un essai tronqué :

Soit

- N : nombre d'équipements ou de composants en essai
- N_{pc} : nombre cumulé de pannes constatées sur les N équipements ou composants pendant la durée T
- t_i : temps d'apparition du $i^{ème}$ défaut
- le temps cumulé d'essai τ sera :
 - * $\tau = t_1+t_2+\dots+t_i+\dots+(N-N_{pc})*T$
si les unités défaillantes ne sont pas remplacées
 - * $\tau = N*T$
si les unités défaillantes sont remplacées

l'expression de la MTBF observée est : $\theta = \frac{\tau}{(N_{pc} + 1)}$

83

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

83

3^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques

Estimation de la MTBF réelle θ

☞ Pour un essai censuré

Soit

- N : nombre d'équipements ou de composants en essai
- N_{pc} : nombre cumulé de pannes constatées sur les N équipements ou composants
- t_i : temps d'apparition du $i^{ème}$ défaut
- T_c : temps d'apparition de $k^{ème}$ défaut
- le temps cumulé d'essai τ sera :
 - * $\tau = t_1+t_2+\dots+t_i+\dots+(N-N_{pc}+1)*T_c$
si les unités défaillantes ne sont pas remplacées
 - * $\tau = N*T_c$
si les unités défaillantes sont remplacées

l'expression de la MTBF observée est : $\theta = \frac{\tau}{N_{pc}}$

84

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

84

3^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques

Estimation de la MTBF réelle θ

La MTBF réelle des composants ou équipements ou système n'est jamais exactement connue, la constatation d'un certain nombre de pannes " N_{pc} " au bout d'une période " T " ne peut conduire qu'à des résultats statistiques :

- une observation moyenne \Rightarrow MTBF observée
- un encadrement statistique à un niveau de confiance donné \Rightarrow MTBF min, MTBF max

Plus la durée de l'essai est élevée ou/et plus le nombre de pannes observées est grand, plus l'observation se rapprochera de la réalité (l'incertitude sera donc plus faible)

85

3^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques

Estimation de la MTBF réelle θ

Application :

Au cours d'un essai tronqué de durée cumulée $T = 3000$ h, on a relevé un nombre cumulé de défaillances $r=8$

1-Quelle est la valeur estimée θ de la MTBF ?

$$\theta = T/(r+1) = 3000/(8+1) = 333 \text{ heures}$$

la valeur estimée de la MTBF est donc de 333 heures

86

3^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques

Les intervalles de confiance

Pour connaître la validité qu'on peut accorder à la valeur estimée de la MTBF réelle, on est amené à lui associer un intervalle de confiance qui ait une certaine probabilité p (niveau de confiance), fixée à priori de contenir la MTBF réelle.

Pour pouvoir déterminer l'intervalle de confiance, il faudra un niveau de confiance exprimé en pourcentage et les risques associés (α et β).

Définition du "Niveau de confiance"

Si l'on calcule, par exemple, un intervalle de confiance pour une probabilité de 90%, cela signifie que dans 90% des cas la vraie valeur se situera entre la limite inférieure et la limite supérieure,

tandis que dans 10% des cas elle se trouvera en dehors de ces limites, soit au-dessus soit au-dessous. Cette valeur de 90% est ce qu'on appelle le niveau de confiance.

87

3^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques

Les intervalles de confiance

Définition du "Niveau de confiance"

Si l'on veut avoir un niveau de confiance plus élevé, par exemple, de 99%, de sorte que dans 99% des cas la vraie valeur se situe effectivement entre les limites calculées, l'intervalle de confiance autour de cette valeur s'élargira ou bien qu'il faudra utiliser un échantillon plus important pour procéder à l'estimation.

On peut distinguer 2 types d'intervalles de confiance:

- intervalle de confiance bilatéral défini par (θ_1, θ_0)
- intervalle de confiance unilatéral supérieur défini par (θ_1, ∞)

88

3^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques

Intervalle de confiance bilatéral

Les résultats de l'essai permettent de déterminer θ_1 et θ_0 , bornes de l'intervalle bilatéral (θ_1, θ_0) telles que θ_1 et θ_0 aient la probabilité p de contenir la MTBF réelle θ .

$$\text{prob}(\theta_1 \leq \text{MTBF} \leq \theta_0) = p (\%)$$

$$\text{avec } \theta_1 \text{ la solution de : } \beta = e^{-\frac{T}{\theta_1}} \sum_{i=0}^r \frac{\left(\frac{T}{\theta_1}\right)^i}{i!} \quad (a)$$

$$\text{et } \theta_0 \text{ la solution de : } \alpha = 1 - e^{-\frac{T}{\theta_0}} \sum_{i=0}^r \frac{\left(\frac{T}{\theta_0}\right)^i}{i!} \quad (b)$$

- où :
- r : est le nombre de pannes
 - T : est la période d'observation
 - θ_1 est la MTBF minimale acceptable ou garantie
 - θ_0 est la MTBF spécifiée ou prédite (valeur objectif à atteindre, prédit par le fournisseur)

89

3^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques

Intervalle de confiance bilatéral

- β est le risque client : probabilité que le client accepte un matériel alors que la MTBF réelle est inférieure à θ_1 ou MTBF garantie (la probabilité d'acceptation lorsque $\theta < \theta_1$ est inférieure à β)
- α est le risque fournisseur : probabilité que le fournisseur se voit refuser un matériel alors que la MTBF réelle est supérieur à θ_0 ou MTBF prédite (la probabilité de refus lorsque $\theta > \theta_0$ est inférieure à α).

$d = \frac{\theta_0}{\theta_1}$ est le rapport de discrimination : fonction de la MTBF prédite et de la MTBF garantie.

90

3^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques

à noter

Les modèles mathématiques (a) et (b) reliant les différentes grandeurs (β, θ_1, T, k) et (α, θ_0, T, k) sont issus de la loi de poisson et utilisés dans la zone de vie utile (c'est à dire lorsque le taux de panne λ est constant)

Rappel (loi de poisson)

la loi de poisson intervient dans la modélisation de phénomènes aléatoires où le futur est indépendant du passé : file d'attente, pannes de machines, appels téléphoniques dans un standard.....

91

91

3^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques

Intervalle de confiance bilatéral

- Dans le cas où on n'est pas sûr que la fiabilité suit une loi exponentielle, c'est à dire hors zone de vie utile, on utilise un encadrement de type "KHI 2"
- Les résultats obtenus avec les formules issues de la loi de poisson et KHI 2 sont quasi identiques après un certain nombre de pannes ($r > 12$)

Lorsque l'essai est tronqué

$$\theta_1 = \frac{2 T}{\chi^2(1-\beta; 2r+2)} \quad \theta_0 = \frac{2 T}{\chi^2(\alpha; 2r+2)}$$

Lorsque l'essai est censuré

$$\theta_1 = \frac{2 r \hat{\theta}}{\chi^2(1-\beta; 2r)} \quad \theta_0 = \frac{2 r \hat{\theta}}{\chi^2(\alpha; 2r)}$$

r : nombre de pannes
 $\hat{\theta}$: est la valeur estimée de la MTBF

92

92

3^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques

Intervalle de confiance unilatéral (supérieur)

Les résultats de l'essai permettent de déterminer θ_2 , borne inférieure à l'intervalle (θ_2, ∞) telle que θ_2 ait la probabilité p, fixée à priori, d'être inférieure ou égale à la MTBF réelle θ :

$$\text{prob}(\theta \geq \theta_2) = p \text{ (en \%)} \quad \left(\frac{T}{\theta_2}\right)^i$$

$$\theta_2 \text{ est la solution de : } \beta = e^{-\frac{T}{\theta_2}} \sum_{i=0}^r \frac{r^i}{i!}$$

- pour un encadrement de KHI 2 la valeur de θ_2 est donnée par la formule :

$$\theta_2 = \frac{2T}{\chi^2(1-\beta; 2r+2)} \quad \text{lorsque l'essai est tronqué}$$

$$\theta_2 = \frac{2T}{\chi^2(1-\beta; 2r)} \quad \text{lorsque l'essai est censuré}$$

Pour T et r donnés, θ_2 est d'autant plus faible que la probabilité p choisie est plus élevée

93

3^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques

APPLICATION

Calcul de MTBF réelle

94

3^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques

Application :

Au cours d'un essai tronqué de durée cumulée T = 3000 h, on a relevé un nombre cumulé de défaillances r=8.

1-Quelle est la valeur estimée θ de la MTBF ?

$$\varphi \theta = T/(r+1) = 3000/(8+1) = 333 \text{ heures}$$

la valeur estimée de la MTBF est donc de 333 heures

2-Quelle est la valeur minimale θ_2 de la MTBF au niveau de confiance p = 80% ?

φ le niveau de confiance p est égal à $1-\beta \Rightarrow (1-\beta)=80\%$

$$\theta_2 = \frac{2T}{\chi^2(1-\beta; 2r+2)} = \frac{2 * 3000}{\chi^2(80; 18)}$$

la table donne $\chi^2(80,18) = 22,8$
on a alor

$$\theta_2 = \frac{6000}{22,8} = 263 \text{ heures}$$

Il y a une probabilité de 80% pour que la MTBF réelle soit supérieure à 263 heures. 95

3^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques

3- Quelle est l'intervalle de confiance bilatéral (θ_1, θ_0) de la MTBF au niveau de confiance p = 80% ?

1^{ère} méthode :

φ le risque client $\beta=(1-p)/2=(1-80)/2=10\%$ d'où $(1-\beta)=90\%$

le risque fournisseur $\alpha=(1-p)/2= 10\%$

$$\theta_1 = \frac{2T}{\chi^2(1-\beta; 2r+2)} = \frac{2 * 3000}{\chi^2(90; 18)}$$

la table A donne $\chi^2(90; 18) = 26$

$$\chi^2(10; 18) = 10,9$$

on a alors

$$\theta_1 = \frac{6000}{26} = 230 \text{ heures}$$

$$\theta_0 = \frac{6000}{10,9} = 550 \text{ heures}$$

Il y a une probabilité de 80% pour que l'intervalle "230 heures - 550 heures" contienne la MTBF réelle.

3^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques

2^{ème} méthode :

∞ le risque client $\beta=10\%$ et le risque fournisseur $\alpha=10\%$ des plans en multiple de la MTBF garantie θ_1 sont donnés par la MIL-HDBK-781. Ils sont à rapport de discrimination variable, pour des risques clients et fournisseurs de 10%, 20% et 30% et vont jusqu'à 19 pannes acceptables.

| Risque client (β) | Risque fournisseur (α) | Plan std N° |
|---------------------------|---------------------------------|--------------|
| 10% | 10%, 20%, 30% | 10-1 à 10-20 |
| 20% | 10%, 20%, 30% | 20-1 à 20-20 |
| 30% | 10%, 20%, 30% | 30-1 à 30-20 |

Si on regarde le plan avec 10% de risque client (β) et 8 pannes acceptables, on trouve un multiple de la MTBF garantie θ_1 égal à 12,99 ; le rapport de discrimination $\theta_0/\theta_1=2,39$ pour un risque fournisseur α égal à 10%.

On a $T = (\text{multiple de } \theta_1) * \theta_1$

↑ durée de l'essai (cumulée) ↑ MTBF garantie

$$\theta_1 = \frac{T}{\text{Multiple de } \theta_1}$$

on déduit

$$\theta_1 = \frac{3000}{12,99} = 231 \text{ heures}$$

comme $\theta_0/\theta_1=2,39$ on déduit θ_0

$$\theta_0 = 231 * 2,39 = 552 \text{ heures}$$

97

97

3^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques

4- Quelle est l'intervalle de confiance bilatéral (θ_1, θ_0) de la MTBF au niveau de confiance $p = 99\%$?

∞ le risque client $\beta=(1-p)/2=(1-99)/2=0,5\%$ d'où $(1-\beta)=99,5\%$
le risque fournisseur $\alpha=(1-p)/2=0,5\%$

$$\theta_1 = \frac{2T}{\chi^2(1-\beta; 2r+2)} = \frac{2 * 3000}{\chi^2(99,5; 18)}$$

la table donne $\chi^2(99,5; 18) = 37,2$

on a alors

$$\theta_1 = \frac{6000}{37,2} = 161 \text{ heures}$$

$$\theta_0 = \frac{2T}{\chi^2(\alpha; 2r+2)} = \frac{6000}{\chi^2(0,5; 18)}$$

la table donne $\chi^2(0,5; 18) = 6,26$

$$\theta_0 = \frac{6000}{6,26} = 958 \text{ heures}$$

Il y a une probabilité de 99% pour que l'intervalle " 161 heures - 958 heures " contienne la MTBF réelle.

98

98

3^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques

Exploitation des résultats d 'essais accélérés

Pour obtenir les données de fiabilité dans des temps les plus courts possibles, on pratique ce qu'on appelle **essais accélérés**, dans des conditions plus sévères que les conditions normales, pour arriver plus rapidement aux conditions de vieillissement et d'usure

99

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES

Harry RANAIVOARISONA

99

3^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques

Exploitation des résultats d 'essais accélérés

En d'autres termes, les essais accélérés consistent à renforcer les contraintes sur les dispositifs pour atteindre un même risque de panne en un temps réduit

☞ On prendra bien soin cependant à ce que les niveaux de contrainte créent des défaillances identiques à celles que l'on aurait eu dans les conditions normales si on avait pu effectuer des essais suffisamment longs.

☞ C'est à partir des résultats d'essais accélérés que l'on peut rapidement estimer les taux de pannes des composants

100

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES

Harry RANAIVOARISONA

100

3^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques

Exploitation des résultats d'essais accélérés

La température, la tension, la pression, l'humidité, les vibrations sont employées comme variables susceptibles d'accélérer l'apparition des défaillances.

Pour pouvoir utiliser ces techniques, il faut connaître les lois d'équivalence **durée-contrainte** permettant d'accélérer les essais tout en conservant les mêmes modes de défaillances que dans les conditions d'exploitation normales

Facteur d'accélération : est le rapport entre les temps nécessaires pour obtenir la même proportion de dispositifs défaillants pour deux ensembles identiques soumis à différentes conditions de contrainte.

101

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES

Harry RANAIVOARISONA

101

3^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques

I- Essais accélérés en température:

par exemple: 100 composants, 125°C, 1000 h
*en fonctionnement dynamique
*en fonctionnement statique
*stockage

Le modèle utilisé pour le vieillissement en température (avec ou sans tension) est du type loi **d'Arrhénius**:

$$K = A * e^{-\frac{Ea}{kT}}$$

avec **K** : Facteur d'accélération
Ea : Energie d'activation du mécanisme
A: constante lié au mécanisme,
k: constante de Boltzmann et vaut $8,617*10^{-5}$ eV/°K
T: température absolue (degré Kelvin)

le terme T de la loi d'Arrhénius désigne la température au point où se produit la réaction chimique.
Pour une puce, on s'intéresse à la jonction du transistor d'où le terme température de jonction Tj

102

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES

Harry RANAIVOARISONA

102

3^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques

Energie d'activation

Paramètre indispensable pour connaître le facteur d'accélération, il exprime le degré d'activation en fonction de la température.

1 mécanisme de dégradation = 1 énergie d'activation

On l'obtient:

- * soit de manière empirique
- * soit à l'aide de la littérature en connaissance du mécanisme de défaillance attendu.

103

103

3^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques

I- Essais accélérés en température:

le facteur d'accélération est donné par la relation:

$$K = e^{-\frac{Ea}{k} \left(\frac{1}{T_s} - \frac{1}{T_r} \right)} e^{(V_s - V_r)}$$

où :

Ea : est l'énergie d'activation en eV (Ea = 0.7 eV est choisi par défaut pour les circuits intégrés)

r : indice se rapportant aux conditions de référence ou d'utilisation

s : indice se rapportant aux conditions de test

T_s et **T_r** : sont les températures absolues (°K) dans les conditions d'essai accéléré et d'utilisation.

Pour Tr : selon le cas on prend Tj (température de jonction) pour les essais en fonctionnement et Ta (température ambiante) pour l'essai en stockage.

avec Température Tj = Température ambiante Ta + résistance thermique *Puissance dissipée

Vs : est la tension d'essai ou de contrainte (en fonctionnement)

Vr : est la tension d'utilisation (ne s'appliquent qu'en fonctionnement)

104

104

3^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques

I- Essais accélérés en température:

Application n°1: "Fonctionnement haute température"

Les résultats de tests accélérés sur des composants ont donné les résultats suivants:

- condition de test:
 - 125°C
 - 1000h
 - 1000 composants
- résultat: 2 défauts avec une énergie d'activation de 0.5eV

Calculer les taux de défaillances ponctuel à 40°C

105

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

105

3^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques

I- Essais accélérés en température:

Application n°1: "Fonctionnement haute température"

Calcul du facteur d'accélération:

$$K = e^{-\frac{Ea}{k} \left(\frac{1}{Ts} - \frac{1}{Tr} \right)}$$

$$K = e^{\left(\frac{-0.5}{8.62 \cdot 10^{-5}} \right) \left(\frac{1}{273 + 125} - \frac{1}{273 + 40} \right)}$$

$$K = 53$$

Le nombre d'heures équivalentes ramenées aux conditions d'utilisation est donné par:

$$N_{heures} = N \cdot t \cdot K$$

où N : nombre de composant soumis à l'essai
 t : durée de l'essai
 K : facteur d'accélération

$$N_{heures} = 1000 \cdot 1000 \cdot 53 = 53 \cdot 10^6 \text{heures}$$

Calcul du taux de défaillance:

$$\lambda = 2 / (53 \cdot 10^6)$$

$$\lambda = 38 \cdot 10^{-9} / h$$

106

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

106

3^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques

I- Essais accélérés en température:

Application n°2: "Fonctionnement haute température"

A partir de résultats des essais accélérés faits en interne ou réalisés par les fabricants des composants, on pourra déterminer le taux de défaillances et le temps moyen de bon fonctionnement ou le temps moyen jusqu'à la défaillance.

Des essais accélérés ont été réalisés sur un type de composants dont les valeurs des paramètres en utilisation sont :

- *Ta = 65°C
- *HRr = 65%
- *Vr = 6V
- *300 cycles VRT de 45°C par an
- *Champ électrostatique autour du composant V = 4000V

Les résultats des essais accélérés à haute température sont :

- Essai 1 : 1000 composants, 125°C, 7,5V , 72h, nombre de panne = 0
- Essai 2 : 1200 composants, 125°C, 6V , 1000h, nombre de panne = 0
- Essai 3 : 800 composants, 125°C, 7,5V , 1000h, nombre de panne = 1
- Essai 4 : 1000 composants, 150°C, 7,5V , 1000h, nombre de panne = 2

- a) Calculer les facteurs d'accélération entre les conditions d'utilisation et d'essais (on prendra Ea=0,4 eV)
- b) Calculer le nombre d'heures équivalentes ramenées aux conditions d'utilisation
- c) Déterminer la MTF équivalente en conditions d'utilisation avec un taux de confiance de 80% sur la valeur inférieure.
- d) Déterminer le taux de défaillance λ à 65°C (condition d'utilisation)

107

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

107

3^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques

I- Essais accélérés en température:

Application n°2:

a) facteurs d'accélération entre les conditions d'utilisation et les conditions d'essai :

$$K_1 = e^{-\frac{0,4}{8,617 * 10^{-5}} \left(\frac{1}{398} - \frac{1}{338} \right)} e^{(7,5-6)} \quad K_1 = 35,531$$

$$K_2 = e^{-\frac{0,4}{8,617 * 10^{-5}} \left(\frac{1}{398} - \frac{1}{338} \right)} e^{(6-6)} \quad K_2 = 7,928$$

$$K_3 = e^{-\frac{0,4}{8,617 * 10^{-5}} \left(\frac{1}{398} - \frac{1}{338} \right)} e^{(7,5-6)} \quad K_3 = 35,531$$

$$K_4 = e^{-\frac{0,4}{8,617 * 10^{-5}} \left(\frac{1}{423} - \frac{1}{338} \right)} e^{(7,5-6)} \quad K_4 = 70,790$$

b) le nombres d'heures équivalentes ramenées aux conditions d'utilisation est donnée par :

$$N_{heures} = N * t * K$$

Dans notre cas :

$$N_{heures} = 1000*72*35,531 + 1200*1000*7,928 + 800*1000*35,531 + 1000*1000*70,790$$

$$N_{heures} = 111286632 \text{ heures soit } 111*10^6 \text{ heures}$$

$$\underline{N_{heures} \cong 111*10^6 \text{ heures}}$$

108

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

108

3^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques

I- Essais accélérés en température:

Application n°2:

c) pour un encadrement de KHI 2 la valeur de θ_2 est donnée par la formule :

$$\theta_2 = \frac{2T}{\chi^2 (1 - \beta; 2r + 2)} \quad \text{pour des essais tronqués}$$

pour un taux de confiance de 80% sur la valeur inférieure le risque client β est égal à 20%, le nombre de pannes r est ici égal à 3.

on a alors

$$\theta_2 = \frac{2 * 111 * 10^6}{\chi^2 (80; 8)} = \frac{222 * 10^6}{11} = 2 * 10^7 \text{ heures}$$

$$MTTF_{(65^\circ C)} > 2 * 10^7 \text{ heures}$$

d) Le taux de défaillance λ est l'inverse de la MTTF
le taux de défaillance $\lambda_{(65^\circ C)} = 50 * 10^{-9}/h$

109

109

3^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques

II- Essais accélérés en température/humidité:

par exemple HAST (130°C, 85% HR, 200h, sous tension)
Chaleur humide (85°C, 85% HR, sous tension)
Autoclave (121°C, 100% HR)

HAST: Highly Accelerated Saturated Test (pour réduire les temps d'essais)

HAST conjugue l'effet de la pression et de la température avec humidité

Le modèle généralement utilisé pour le vieillissement en chaleur humide est la loi de Peck.

le facteur d'accélération est donné par la relation:

$$K = e^{-\frac{Ea}{k} \left(\frac{1}{T_s} - \frac{1}{T_r} \right)} \left(\frac{HR_s}{HR_r} \right)^n \left(\frac{V_s}{V_r} \right)$$

où : * T_s et T_r températures absolues d'essai et d'utilisation, de jonction et ambiante

* HR_s et HR_r valeurs de l'humidité relative de jonction et ambiante.

* Ea : énergie d'activation = 0,6 à 1,5 eV selon matériaux (0,8 eV choisi par défaut)

* n : varie de 2,6 à 4 en HAST ou chaleur humide (sous tension) et 5 en autoclave

* V_s et V_r tensions d'essai et d'utilisation

110

110

3^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques

II- Essais accélérés en température/humidité:

L'humidité relative de jonction est donnée par :

$$HR_j = e^{-\frac{Ea}{k} \left(\frac{1}{T_j} - \frac{1}{T_a} \right)} HR_a$$

(loi psychométrique)

111

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES

Harry RANAIVOARISONA

111

3^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques

II- Essais accélérés en température/humidité:

Application "chaleur humide et HAST":

Ea=0,6 eV en chaleur humide, Ea=0,8 eV en HAST et autoclave,
(on prendra n=2,7)

Les résultats des essais accélérés sont :

- Essai 1 : 500 composants, 85°C, 85% , 1000h, nombre de panne = 0
- Essai 2 : 100 composants, 110°C, 85% , 500h, nombre de panne = 0
- Essai 3 : 100 composants, 125°C, 85% , 500h, nombre de panne = 0
- Essai 4 : 200 composants, 136°C, 85% , 500h, nombre de panne = 1

- a) Calculer les facteurs d'accélération entre les conditions d'utilisation et d'essais
- b) Calculer le nombre d'heures équivalentes ramenées aux conditions d'utilisation
- c) Déterminer la MTTF équivalente en conditions d'utilisation avec un taux de confiance de 80% sur la valeur inférieure.
- d) Déterminer le taux de défaillance λ à 65°C qui est l'inverse de la MTTF.

112

112

3^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques

II- Essais accélérés en température/humidité:

Application "chaleur humide et HAST":

a) facteurs d'accélération entre les conditions d'utilisation et les conditions d'essai :

$$K_1 = e^{-\frac{0,6}{8,617 * 10^{-5}} \left(\frac{1}{358} - \frac{1}{338} \right)} \left(\frac{85}{65} \right)^{2,7} = 6,522$$

$$K_2 = e^{-\frac{0,8}{8,617 * 10^{-5}} \left(\frac{1}{383} - \frac{1}{338} \right)} \left(\frac{85}{65} \right)^{2,7} = 52,015$$

$$K_3 = e^{-\frac{0,8}{8,617 * 10^{-5}} \left(\frac{1}{398} - \frac{1}{338} \right)} \left(\frac{85}{65} \right)^{2,7} = 129,687$$

$$K_4 = e^{-\frac{0,8}{8,617 * 10^{-5}} \left(\frac{1}{409} - \frac{1}{338} \right)} \left(\frac{85}{65} \right)^{2,7} = 242,860$$

113

113

3^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques

II- Essais accélérés en température/humidité:

Application "chaleur humide et HAST":

b) le nombre d'heures équivalentes ramenées aux conditions d'utilisation est :

$$N_{\text{heures}} = 500 * 1000 * 6,522 + 100 * 500 * 52,015 + 100 * 500 * 129,687 + 200 * 500 * 242,860$$

$$N_{\text{heures}} = 36632100 \text{ heures} \cong 37 * 10^6 \text{ heures} \quad \underline{N_{\text{heures}} \cong 37 * 10^6 \text{ heures}}$$

c) pour un encadrement de KHI 2 la valeur de θ_2 est donnée par la formule :

$$\theta_2 = \frac{2 T}{\chi^2 (1 - \beta ; 2 r + 2)} \quad \text{pour des essais tronqués}$$

pour un taux de confiance de 80% sur la valeur inférieure le risque client β est égal à 20%, le nombre de pannes r est ici égal à 1. on a alors

$$\theta_2 = \frac{2 * 37 * 10^6}{\chi^2 (80 ; 4)} = \frac{74 * 10^6}{5,99} = 12 * 10^6 \text{ heures}$$

$$\underline{MTTF_{(65^\circ\text{C})} > 12 * 10^6 \text{ heures}}$$

d) Le taux de défaillance λ est l'inverse de la MTTF

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{12 * 10^6} = 83 * 10^{-9} / h \quad \underline{\lambda_{(65^\circ\text{C})} = 83 * 10^{-9} / h}$$

114

114

3^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques

III- Essais accélérés en variation de température:

par exemple: 500 VRT de -65°C à +150°C
500 chocs thermiques de -65°C à 150°C

le facteur d'accélération est donné par la relation:

$$K = \left(\frac{N_s}{N_r} \right) \left(\frac{\Delta T_s}{\Delta T_r} \right)^\delta \quad (\text{loi de Coffin-Manson})$$

où

- *N_s et N_r nombres de cycles dans les conditions d'essai et d'utilisation
- *ΔT_s et ΔT_r amplitudes des cycles (écart des températures du cycle)
- *δ : coefficient choisi égal à 2 par défaut.
δ=2 , utilisé pour la fatigue des joints de soudure, est souvent conservé pour l'ensemble des phénomènes.
Certains fabricants utilisent la valeur 4 pour les phénomènes de fatigue des fils et de détérioration du silicium.

115

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

115

3^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques

III- Essais accélérés en variation de température:

Essai 1 : 400 composants on subit 600 cycles de VRT de -40°C à 130°C, 2 composants défailants.

a) facteurs d'accélération entre les conditions d'utilisation et les conditions d'essai :

$$K = \left(\frac{600}{300} \right) \left(\frac{170}{45} \right)^2 = 28,543$$

b) le nombre de cycles équivalents ramenés aux conditions d'utilisation est :

$N_{cycles} = 400 * 600 * 28,543 = 6,85 \cdot 10^6 \text{ cycles}$

↑ *facteur d'accélération*
↑ *nombre de composants* *nombre de cycles lors de l'essai*

Comme ces composants subissent 300 cycles par an "en utilisation", le résultat obtenu 6,85 10⁶ cycles représentent 22833 années d'utilisation soit 200 10⁶ heures

$$\frac{1 \text{ an} * 6,85 \cdot 10^6 \text{ cycles}}{300 \text{ cycles}} = 22833 \text{ années}$$

116

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

116

3^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques

III- Essais accélérés en variation de température:

c) pour un encadrement de KHI 2 la valeur de θ_2 est donnée par la formule :

$$\theta_2 = \frac{2 T}{\chi^2 (1 - \beta ; 2 r + 2)} \quad \text{pour des essais tronqués}$$

pour un taux de confiance de 80% sur la valeur inférieure le risque client β est égal à 20%, le nombre de pannes r est ici égal à 2.

on a alors
$$\theta_2 = \frac{2 * 200 * 10^6}{\chi^2 (80 ; 6)} = \frac{400 * 10^6}{8,56} = 47 * 10^6 \text{ heures}$$

$MTTF_{(65^\circ C)} > 47 * 10^6 \text{ heures}$

d) le taux de défaillance λ est l'inverse de la MTTF

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{47 * 10^6} = 21 * 10^{-9} / h$$

le taux de défaillance $\lambda_{(65^\circ C)} = 21 * 10^{-9} / h$

117

117

3^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques

IV- Essais de décharges électrostatiques accélérés :

On calcule le taux de défaillance par la relation suivante :

$$\lambda = k \frac{V}{V_{TH}}$$

où : * k = 23,3 * 10⁻⁹ / h

* V : champ électrostatique autour du composant (V)

* V_{TH} : seuil de susceptibilité, méthode 3015, MIL - STD - 883 (modèle du corps humain).

Application :

Le seuil de susceptibilité du composant communiqué par le fabricant est de 1800 V .

$$\lambda = 23,3 * 10^{-9} * \left(\frac{4000}{1800} \right) = 51,8 * 10^{-9} / h$$

Le taux de défaillance en condition d'utilisation est :

$\lambda = 52 * 10^{-9} / h$

118

118

3^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques

Le taux de panne total dans la condition d'utilisation du composant est la somme des taux de pannes obtenus avec les différentes contraintes utilisées (haute température, HAST, VRT,....)

$$\lambda = 50 \cdot 10^{-9} + 83 \cdot 10^{-9} + 21 \cdot 10^{-9} + 52 \cdot 10^{-9}$$

$\lambda = 206 \cdot 10^{-9}/h$

119

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

119

3^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques

Détermination de l'Energie d'activation

En utilisant la loi d'Arrhénius, on pourra définir la relation entre taux de défaillance à différentes températures par la formule suivante :

$$\lambda_2 = \lambda_1 e^{\frac{Ea}{k} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)} \quad (1)$$

Où k est la constante de Boltzman et Ea l'énergie d'activation associée au mécanisme de dégradation à l'origine des défauts.

Dans l'hypothèse où le taux de défaillance peut être considéré comme constant dans le temps, on a alors la durée de vie moyenne :

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

et

$$\frac{1}{m_2} = \frac{1}{m_1} e^{\frac{Ea}{k} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)}$$

Cette relation peut également s'écrire :

$$\text{Log } m_2 = \text{Log } m_1 + \frac{Ea}{k} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad (2)$$

120

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

120

3^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques

Détermination de l'Energie d'activation

Considérons une campagne d'essais, pour trois échantillons de n composants, à des températures différentes T₁, T₂, T₃. t₁, t₂, t₃ sont les instants de défaillances d'ordre n/2 (soit 50% de pièces défaillantes) obtenus avec les 3 températures. On peut, dans une première approche, utiliser la loi exponentielle pour estimer les valeurs de la durée de vie m_i:

$$\frac{(n/2)}{n} = \frac{1}{2} = e^{-\lambda t_i} = e^{-\frac{t_i}{m_i}}$$

Soit

$$\text{Log} \left(\frac{1}{2} \right) = -\frac{t_i}{m_i}$$

$$m_i = \frac{t_i}{\text{Log} \frac{1}{2}}$$

On peut alors reporter les valeurs de m_i sur un graphique à échelle semi-logarithmique en fonction de 1/T_i. Si le processus de dégradation étudié obéit à la loi d'Arrhénius, les points obtenus seront approximativement situés sur une droite (voir représentation ci-dessous). D'après l'expression (2) la pente de cette droite est égale au rapport Ea/k.

$$\frac{Ea}{k} = \frac{\text{Log} m_2 - \text{Log} m_1}{\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)}$$

En connaissant la valeur de la constante de Boltzmann k (8,617 * 10⁻⁵ eV /°K), on déduit l'énergie d'activation Ea.

121

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

121

3^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques

Détermination de l'Energie d'activation

$$AF = e^{\left(\frac{Ea}{k}\right)\left(\frac{1}{T_u} - \frac{1}{T_s}\right)}$$

Pour un même lot de composants on relève à trois températures différentes le MTTF résultant au bout d'une durée estimée.

122

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

122

3^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques

Détermination de l'Energie d'activation

Exemple

Un test à haute température fut lancé à trois températures:

$m_i = MTTF_i = t_i / \text{Log } 2$

| Température | Durée (h) | Nombre de composants | MTTF (h) |
|-------------|-----------|----------------------|----------|
| 100°C | 2800 | 100 | 4000 |
| 125°C | 700 | 50 | 1000 |
| 150°C | 215 | 25 | 310 |

Ea/k

$$\alpha = \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \frac{\ln MTTF_1 - \ln MTTF_3}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_3}}$$

$$\alpha = \frac{Ea}{k} \quad \text{avec } k = 8.62 \cdot 10^{-5} \text{ eV / K}$$

$$Ea = k \cdot \frac{\ln 4000 - \ln 310}{\frac{1}{100 + 273} - \frac{1}{150 + 273}}$$

$$Ea = 0.69 \text{ eV}$$

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

123

3^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques

Guide pour le choix des essais

Selon les défauts et l'efficacité recherchés, différentes méthodes d'essais sont utilisées.

Le tableau ci-dessous donne, pour les principales méthodes d'essai, la nature des défauts, le coût relatif et l'efficacité.

| O p é r a t i o n | D é f a u t s c o n c e r n é s | E f f i c a c i t é | C o û t | R e m a r q u e s |
|---|--|---------------------|-------------------------|---|
| V a r i a t i o n s r a p i d e s d e t e m p é r a t u r e (V . R . T .) | <ul style="list-style-type: none"> • boîtiers • scelllements • connexions électriques • fissure de puce • dilatation différentielle | B o n n e | T r è s p e u é l e v é | U n e d e s p l u s e f f i c a c e s p o u r p u c e s m o n t é e s a v e c f i l s d e l i a i s o n e n a l u m i n i u m e t c o m p o s a n t s d e p u i s s a n c e (d i o d e s , t r a n s i s t o r s , ...) |
| C h o e s t h e r m i q u e s e n b a i n | <ul style="list-style-type: none"> • boîtiers • scelllements • connexions électriques • fissure de puce • dilatation différentielle | B o n n e | P e u é l e v é | T r è s e f f i c a c e p o u r c o m p o s a n t s d e p u i s s a n c e |
| S t o c k a g e h a u t e t e m p é r a t u r e h o r s t e n s i o n | <ul style="list-style-type: none"> • instabilité électrique • métallisation • corrosions • substrat | B o n n e | T r è s p e u é l e v é | M é t h o d e e f f i c a c e |

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

124

| 3 ^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques | | | | |
|--|---|---------------------|------------|---|
| Guide pour le choix des essais | | | | |
| O p é r a t i o n | D é f a u t s c o n c e r n é s | E f f i c a c i t é | C o û t | R e m a r q u e s |
| Stockage haute température avec fonctionnement statique | <ul style="list-style-type: none"> • contaminations • métallisation • films d'oxyde • conception • substrat | Bonne | Elevé | Méthode efficace surtout pour la technologie M O S |
| Stockage haute température avec fonctionnement dynamique | <ul style="list-style-type: none"> • contaminations • métallisation • films d'oxyde • conception • substrat | Très bonne | Très élevé | Méthode très efficace |
| Chaleur humide | <ul style="list-style-type: none"> • boîtiers • scellements • contaminations • fissure de puce • dilatation différentielle | Très bonne | Très élevé | Efficace pour composants sans cavité et notamment à boîtier plastique |
| Brouillard salin | <ul style="list-style-type: none"> • traitement de surface | Très bonne | Peu élevé | Efficace pour évaluer la qualité des revêtements de surface |

125

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

125

| 3 ^{ème} Partie: Détermination des taux de pannes des composants électroniques | | | | |
|--|---|---------------------|-----------|--|
| O p é r a t i o n | D é f a u t s c o n c e r n é s | E f f i c a c i t é | C o û t | R e m a r q u e s |
| Brasabilité | <ul style="list-style-type: none"> • traitement de surface | Très bonne | Peu élevé | Efficace pour évaluer la qualité des revêtements des broches |
| Chocs / secousses | <ul style="list-style-type: none"> • fragilité mécanique | Très bonne | Peu élevé | Composants électromécaniques : simulation de transport |
| Pin test avec écoute de l'écho | <ul style="list-style-type: none"> • particules mobiles dans les cavités | Bonne | Elevé | Pour le défaut concerné très efficace |
| Etanchéité du boîtier | <ul style="list-style-type: none"> • fuites des cavités • grosses fuites • fines fuites à l'hélium | Très bonne | Elevé | |
| Accélération constante | <ul style="list-style-type: none"> • Décollement des fils ou de la puce | Bonne | Elevé | Pour composants à cavité |
| Vibrations | <ul style="list-style-type: none"> • Composants massifs ou électromécaniques | Bonne | Elevé | Par exemple : gros condensateurs, quartz, etc. |

126

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

126

CYCLE FABRICATIONS ELECTRONIQUES

**AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS
ELECTRONIQUES**



FRAMATECH

Journée 2

FIABILITE – FIDES
Franck BAYLE

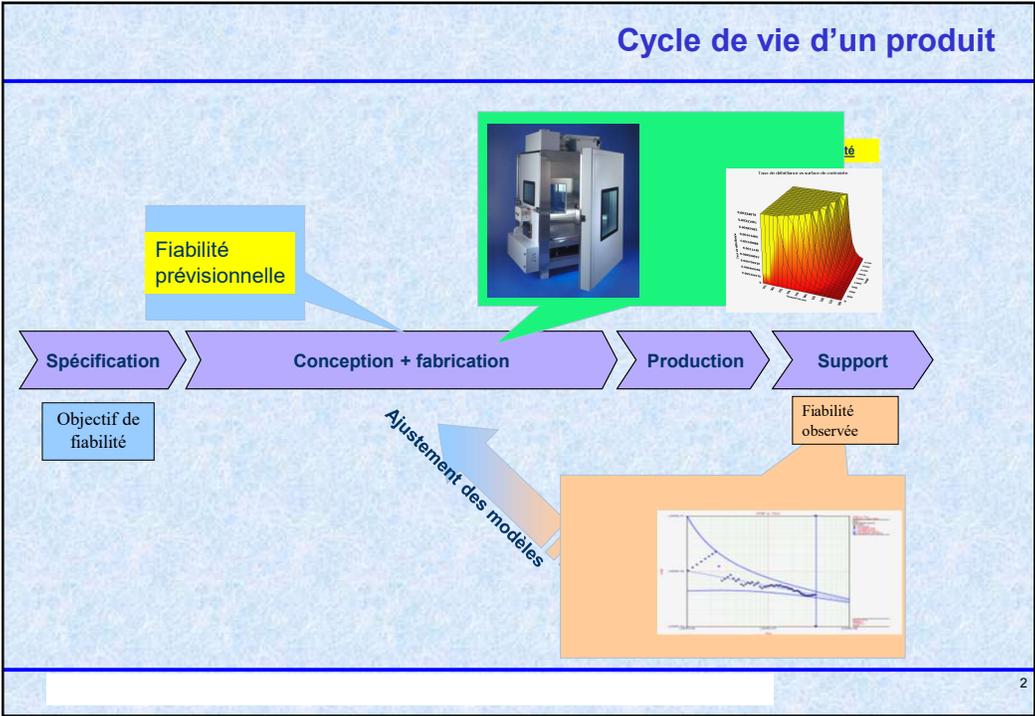
Le 19 septembre 2024

FRAMATECH S.A. au capital de 38112 Euros
Etudes & mises en œuvre de stratégies industrielles internationales
Hautes Technologies

4 boulevard d'Arras - 13004 Marseille - France
Tél. +33 491 95 55 70 / Fax. +33 491 95 55 75 / Mail : contact@framatech.fr
Organisme de formation n° 93060115506 – Siret 344 351 879 00046 – NAF 742C – RC88B126
Web : www.framatech.fr



1

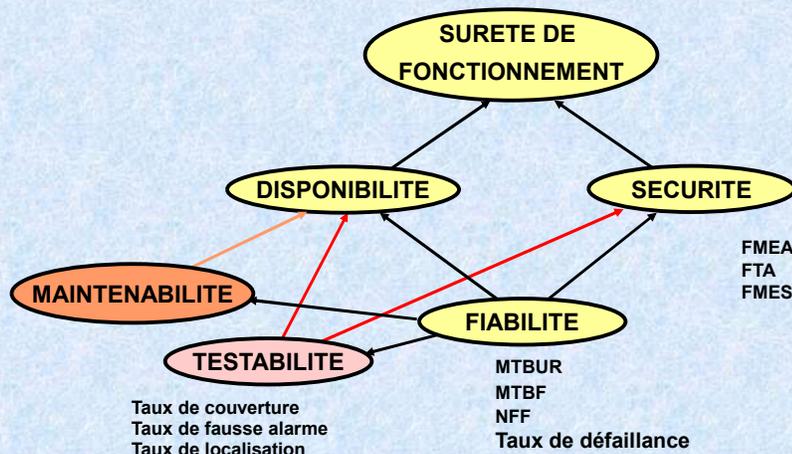


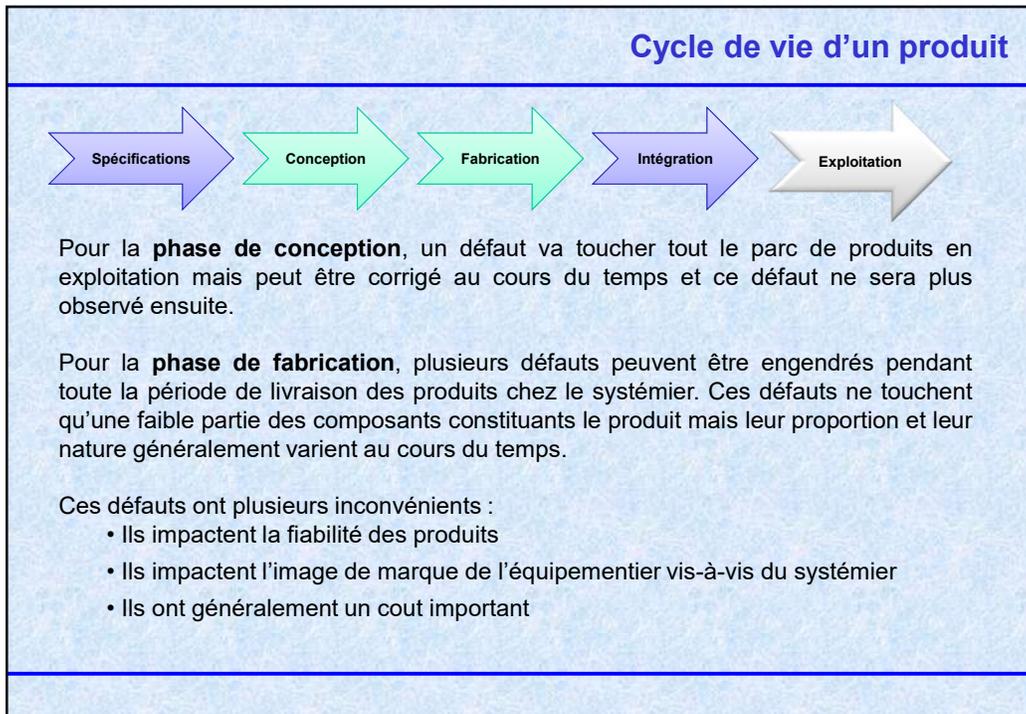
2

△ **Fiabilité prévisionnelle : un enjeu important**

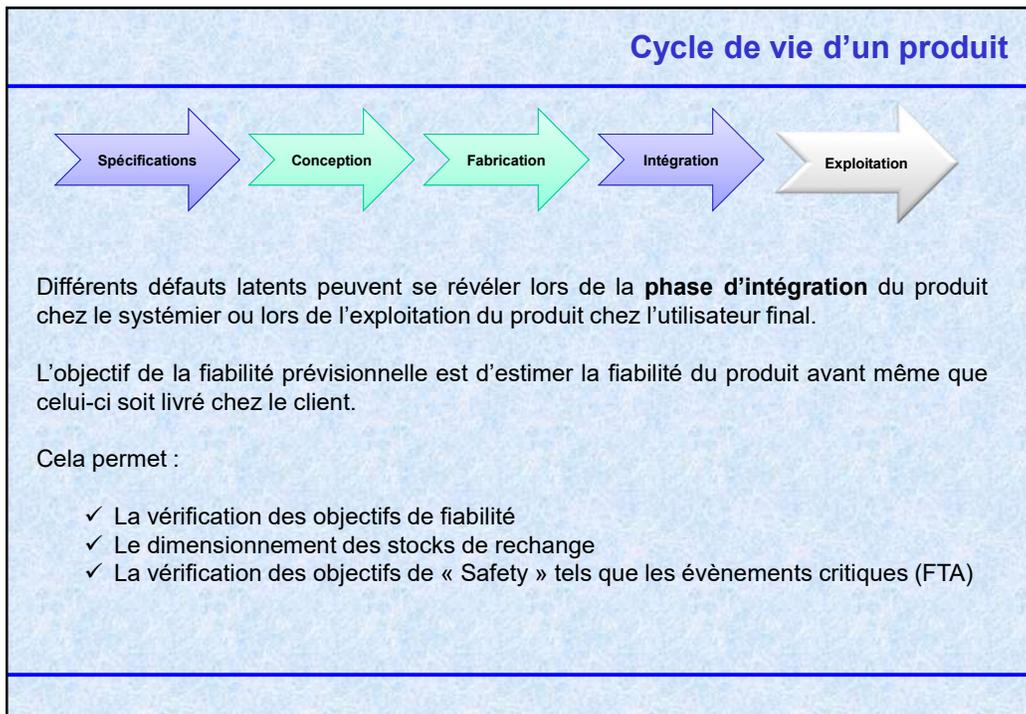
- ne s'intéresse pas aux considérations de redondance mais guide les choix d'architecture,
- oriente la politique de maintenance (dimensionnement des rechanges),
- permet de répondre aux exigences client
 - Probabilité de bon fonctionnement
 - MTBF

En interne, la fiabilité est une donnée d'entrée pour les études de Sûreté de Fonctionnement (SDF)





5



6

Différents types de défaillance

Tout au long du cycle de vie d'un produit, l'expérience montre que celui-ci peut révéler trois types de défaillances différents, à savoir :

- Les défaillances dites « de jeunesse » dues généralement à des défauts engendrés pendant la phase de fabrication du produit (ex : soudures, défauts...). Ces défaillances arrivent tôt dans sa vie opérationnelle et sont sources de coûts supplémentaires et d'image de marque dégradée. Ces défaillances ne concernent qu'une faible proportion des produits et le déverminage permet de les réduire à un niveau acceptable.
- Les défaillances dites « catalectiques » dues généralement à des surcharges (électriques, thermiques, mécaniques ...) aussi appelées « overstresses » ou de mauvaises manipulations explicables par des erreurs humaines. Les défaillances catalectiques ne concernent souvent qu'un nombre limité de produits.

7

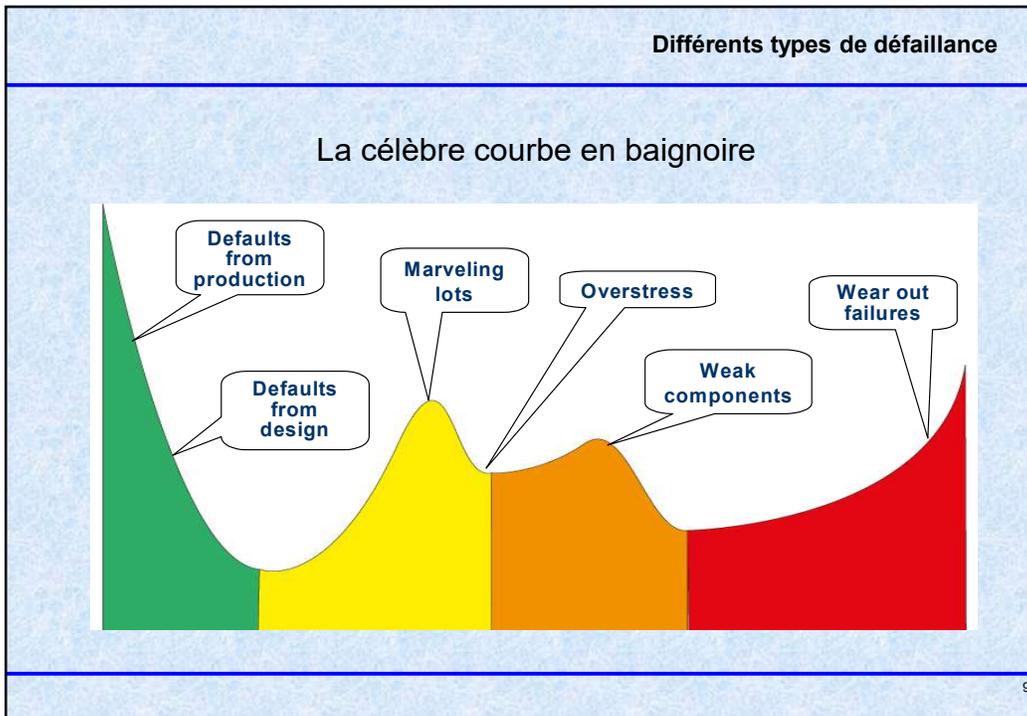
Différents types de défaillance

- Les défaillances dites « de vieillissement » dues à un endommagement progressif des composants au cours de l'exploitation du produit. Ainsi, tous les produits sont concernés par ce type de défaillances. Il est à noter que le produit est habituellement conçu pour que pendant toute son exploitation, ce type de défaillances ne soit pas observé .

Bien qu'habituellement, la courbe en baignoire soit utilisée au niveau du composant, il est plus réaliste de la considérer au niveau produit. Cela va permettre de prendre en compte l'effet de la maintenance (cas de la plupart des applications industrielles).

Ceci est illustré à la figure suivante :

8



9

Notion de taux de défaillance

« En quoi le taux de défaillance permet de mieux mesurer le vieillissement par exemple ? »

Densité de probabilité $f(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P[t \leq T < t + \Delta t]}{\Delta t}$

Probabilité de mourir entre 100 et 101 ans → Faible / forte ?

Taux de défaillance $h(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P[t \leq T < t + \Delta t / T > t]}{\Delta t}$

Probabilité de mourir entre 100 et 101 ans sachant qu'à 100 ans on était vivant
→ Faible / forte ?

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$$

10

10

Notion de MTBF

MTBF = Moyenne des Temps de Bon fonctionnement
MTBF = Mean Time Before Failure
MTBF = Mean Time Between Failure

MTTF

11

11

Constructions des modèles

△ Une méthodologie Fiabilité pour les Systèmes Électroniques

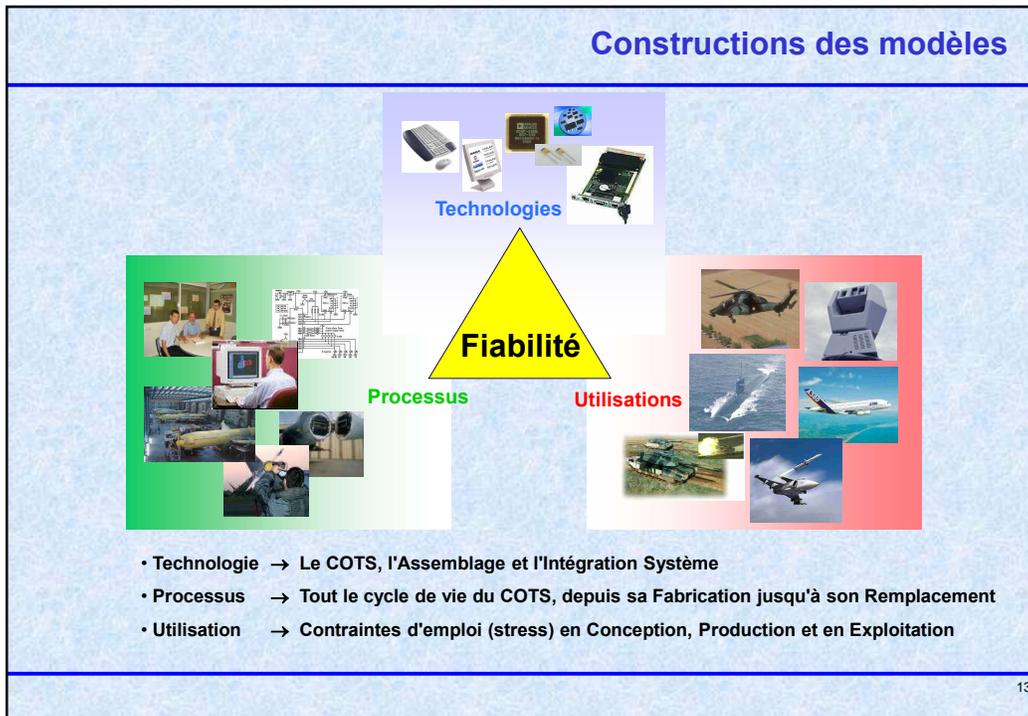
- Utilisable pour l'évaluation et la construction de la fiabilité
- Utilisable pour tous types d'articles, y compris les COTS

Composants *Cartes câblées* *Sous-ensembles*

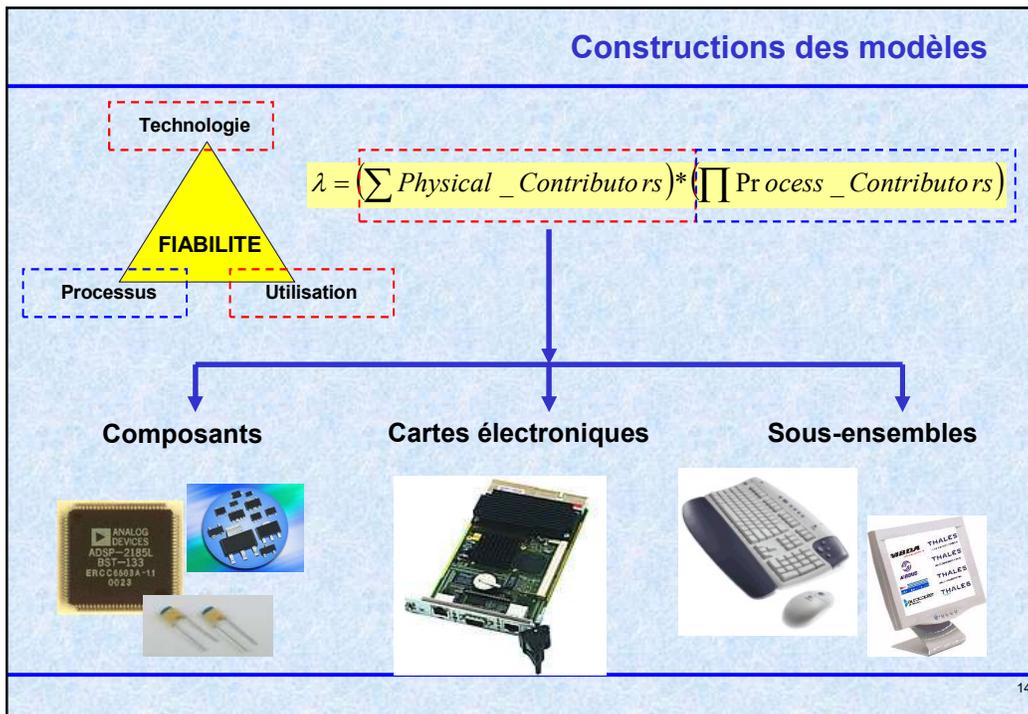
• Plus de trois ans de développement
• consortium de huit acteurs de l'aéronautique et la défense
• Un guide méthodologique (français & anglais)

12

12



13



14

construction des modèles

△ L'équation générale est :

$$\lambda = \lambda_{Physique} \cdot \pi_{Part_manufacturing} \cdot \pi_{Process}$$

$\lambda_{Physique}$ représente la contribution physique (technologie et contraintes)

$\pi_{Part_manufacturing}$ traduit la qualité et la maîtrise technique de fabrication de l'article

$\pi_{Process}$ traduit la qualité et la maîtrise technique du processus de développement, de fabrication et d'exploitation/maintenance du produit contenant l'article

$$\lambda_{\text{équipement}} = \left(\sum_{\text{Article}} \lambda_{\text{Article}} \right)$$

15

15

Constructions des modèles

Modélisation FIDES

$\lambda_{physique}$ => vieillissement prématuré du à des faiblesses de composants

Π_{induit} => Défaillances catalectiques très souvent d'origine accidentelles

Π_{part} => Vieillissement prématuré à cause de ^problèmes de lots de composants

$\Pi_{process}$ => Défaillances de jeunesse dues à des défaut de fabrication
Défaillances de jeunesse dues à des défauts dans la ,spécification ou la conception

$\lambda_{vieillessement}$ => vieillissement du à des mécanismes de fatigue

16

16

construction des modèles

△ **Modèle physique**

$$\lambda_{Physique} = \left[\sum_{Contributions_Physiques} (\lambda_0 \cdot \Pi_{accélération}) \right] \cdot \Pi_{induit}$$

où :

λ_0 est le taux de défaillance de base, également représentatif des caractéristiques de la technologie

$\Pi_{accélération}$ Facteur d'accélération traduisant la sensibilité a un contributeur physique : contraintes électriques, température, cyclage thermique, humidité, mécanique, chimique (contributions nominales spécifiées)

Π_{induit} représente la contribution des facteurs induits (aussi appelés surcharges accidentelles ou overstress), classiquement attendus dans une application donnée

17

17

construction des modèles

Exemple du modèle Circuits Intégrés

$$\lambda_{Physique} = \sum_i^{Phases} \left(\frac{t_{annuel}}{8760} \right)_i \times \left(\begin{array}{l} \lambda_{0TH} \times \Pi_{Thermique} \\ + \lambda_{0TCy Boitier} \times \Pi_{TCy Boitier} \\ + \lambda_{0TCy Joints brasés} \times \Pi_{TCy Joints brasés} \\ + \lambda_{0RH} \times \Pi_{RH} \\ + \lambda_{0Méca} \times \Pi_{Méca} \end{array} \right)_i \times (\Pi_{Induit})_i$$

18

18

construction des modèles

Exemple du modèle Circuits Intégrés

| | |
|--|---|
| $\Pi_{Thermique}$ | <p>En phase de fonctionnement : $\Pi_{Ei} \times c^{11604 \times 0.7 \times \left[\frac{1}{263} \left(\frac{1}{T_{j_composant} - 273} \right) \right]}$</p> <p>Pour les diodes signal jusqu'à 1A (PIN, Schottky, signal, varactor) :</p> <p>$\Pi_{Ei} = \left(\frac{V_{appliquee}}{V_{nominale}} \right)^{2.4}$ si $\frac{V_{appliquee}}{V_{nominale}} > 0,3$</p> <p>$\Pi_{Ei} = 0,056$ si $\frac{V_{appliquee}}{V_{nominale}} \leq 0,3$</p> <p>Pour les autres types d'article :</p> <p>$\Pi_{Ei} = 1$</p> <p>En phase de non-fonctionnement : $\Pi_{Thermique} = 0$</p> |
| Π_{TCy} <i>Boitier</i> | $\left(\frac{12 \times N_{cy-annuel}}{t_{annuel}} \right) \times \left(\frac{\Delta T_{cyclage}}{20} \right)^4 \times e^{1414 \times \left[\frac{1}{313} \left(\frac{1}{T_{max-cyclage} + 273} \right) \right]}$ |
| Π_{TCy} <i>Joins brasés</i> | $\left(\frac{12 \times N_{cy-annuel}}{t_{annuel}} \right) \times \left(\frac{\min(\theta_{cy}, 2)}{2} \right)^{\frac{1}{3}} \times \left(\frac{\Delta T_{cyclage}}{20} \right)^{1,9} \times e^{1414 \times \left[\frac{1}{313} \left(\frac{1}{T_{max-cyclage} + 273} \right) \right]}$ |
| Π_{Meca} | $\left(\frac{G_{RMS}}{0,5} \right)^{1,5}$ |
| Π_{RH} | $\left(\frac{RH_{ambiant}}{70} \right)^{4,4} \times c^{11604 \times 0,9 \times \left[\frac{1}{263} \left(\frac{1}{T_{ambiant-max} + 273} \right) \right]}$ |
| | En phase de fonctionnement : $\Pi_{RH} = 0$ |

19

19

Profil de vie

20

20

△ **Constats**

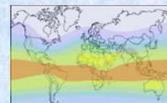
- La physique des défaillances indique que la fiabilité est très sensible au profil de vie - FIDES reproduit cette sensibilité
- Construire le profil de vie est une étape nouvelle par rapport aux méthodes antérieures
- La reproductibilité du processus de construction est importante pour la comparaison et l'interprétation des résultats

21

21

△ **Constats**

- Les utilisateurs sont parfois déroutés par les nouvelles questions que soulève l'établissement du profil de vie
- Bien souvent (le plus souvent ?) des résultats prévisionnels en décalage par rapport à l'attendu s'expliquent par un profil de vie inadéquat
- Les spécifications techniques de besoins des maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre ne contiennent pas tous les éléments nécessaires



Où dans le monde
-et combien de
temps- va être
utilisé le produit ?

22

22

△ Qu'est ce qu'un profil de vie ?

△ Le Guide FIDES est basé sur la physique des défaillances

△ La prise en compte de la sévérité de l'environnement se fait au travers :

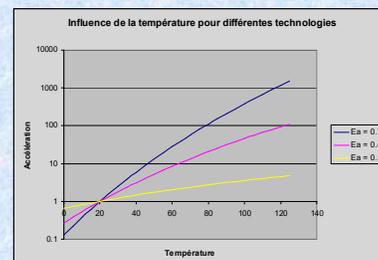
- D'une description quantitative des facteurs influents : **c'est le profil de vie**
- De lois d'accélération du taux de défaillance basées sur la physique des défaillances

23

23

△ Température

- Mécanismes de défaillances thermiques, thermoélectriques
- Accélération : Loi d'Arrhenius
- Facteur accélérateur : température, parfois stress en tension
- Paramètre à caractériser : température ambiante
 - Caractériser la température au voisinage des composants
 - Lorsque nécessaire, la méthode précise les calculs à faire au niveau composant (température de jonction des actifs par exemple)

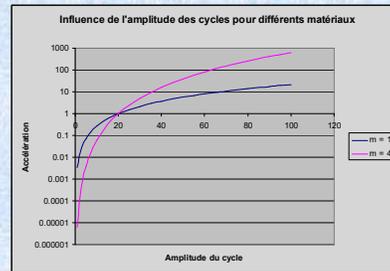


24

24

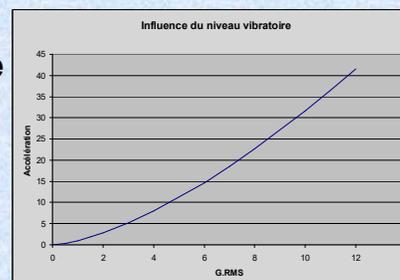
△ Cyclage thermique

- Fatigue thermomécanique des composants et de leur assemblage - joint brasé en particulier
- Accélération : Loi de Coffin Manson (adaptée)
- Facteur accélérateur :
 - Amplitude du cycle
 - Durée du cycle
 - Température maximale du cycle
 - Nombre de cycles
- Pour la reproductibilité :
Bien respecter les règles de construction du Guide FIDES !



△ Vibrations aléatoires

- Fatigue mécanique des composants, endommagements mécaniques, déplacement de polluants
- Accélération : Loi de Basquin
- Facteur accélérateur : Niveau de G_{RMS}
- Paramètre à caractériser : le niveau d'endurance typique
- Et non pas :
 - ~~Un niveau d'essai...~~
 - ~~Un maximum spécifié...~~



△ **Humidité**

- **Effet chimiques de l'humidité, corrosion, pollution**
- **Accélération : Loi de Peck**
- **Facteur accélérateur :**
 - Niveau d'humidité relative RH (%)
 - Température
- **Facteur important pour les systèmes à longue durée de stockage**
- **Caractériser l'humidité et la température au niveau des composant (prendre en compte les herméticité, les dessiccants...)**
- **Fait en particulier ressortir l'influence des climats sur la fiabilité**

27

27

△ **Chimique**

- **Effets chimiques des polluants atmosphériques**
- **Accélération : Facteur qualitatif**
- **Limité à quelques familles de composant (connectique, électromécaniques)**
- **Facteur accélérateur :**
 - Critères qualitatifs

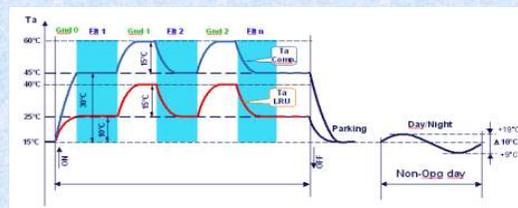
28

28

△ Méthode

- Décomposition du profil de vie en phase successives
 - Chaque phase doit avoir un stress de même origine
 - Chaque phase doit avoir un niveau de stress constant
- Identification du stress physique de chaque phase :
 - Thermique
 - Cyclage thermique
 - Mécanique
 - Humidité
 - Chimique
 - Stress induits

- L'indépendance temporelle des lois d'accélération et la non constance des stress opérationnels sur une journée d'activité moyenne nécessitent le découpage en différentes phases où les niveaux de stress sont quasiment constants.
- Il est donc nécessaire d'introduire la notion de profil de vie et sa construction est donc indispensable.



Profils de vie

- En fait, la définition du profil de vie ne peut être obtenue qu'à partir d'un dialogue entre l'équipementier et l'avionneur.
- En effet, l'équipementier ne peut connaître précisément les contraintes environnementales que subit l'équipement alors que l'avionneur les maîtrise.
- D'un autre coté, l'avionneur ne peut connaître les caractéristiques physiques de l'équipement (puissance dissipée, packaging thermique, mécanique, ...) de sorte qu'il lui est impossible seul de déterminer les stress environnementaux vus par les composants.

31

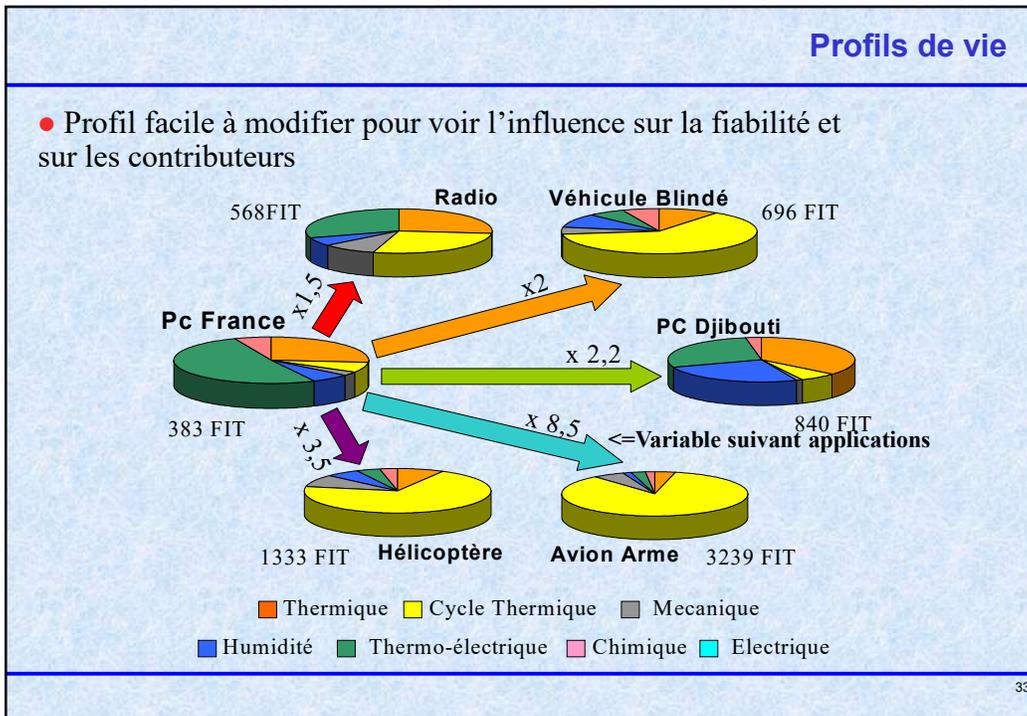
31

Profils de vie

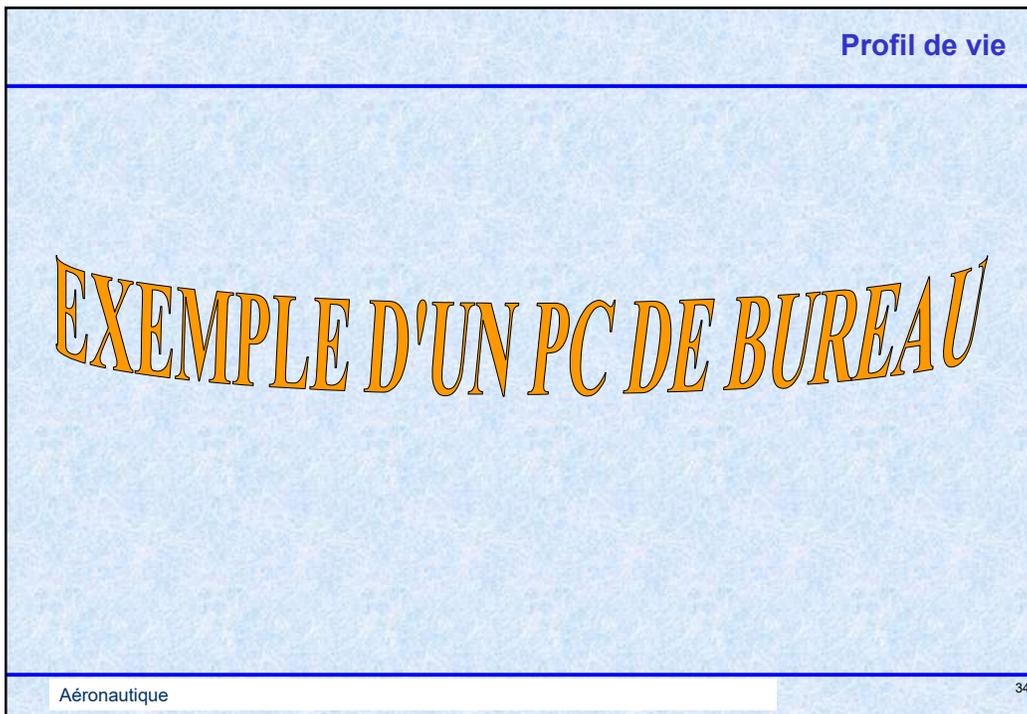
- Les différentes opérations à réaliser sont :
 - Identifier les phases opérationnelles du porteur et l'évolution de leur niveau avec le temps.
 - Identifier les différences de niveaux entre les stress suivant la place de l'équipement dans le porteur.
 - Découper en autant de phases que nécessaire les phases opérationnelles pour avoir des niveaux de stress à peu près constants pour tous les stress simultanément.
- Attention, contrairement aux autres stress, le niveau du stress thermomécanique est obtenu à partir des différences de température entre 2 phases consécutives.
- Les différents paramètres du profil de vie sont généralement établis sur une activité moyenne d'une année calendaire (8 760 Heures).

32

32



33



34

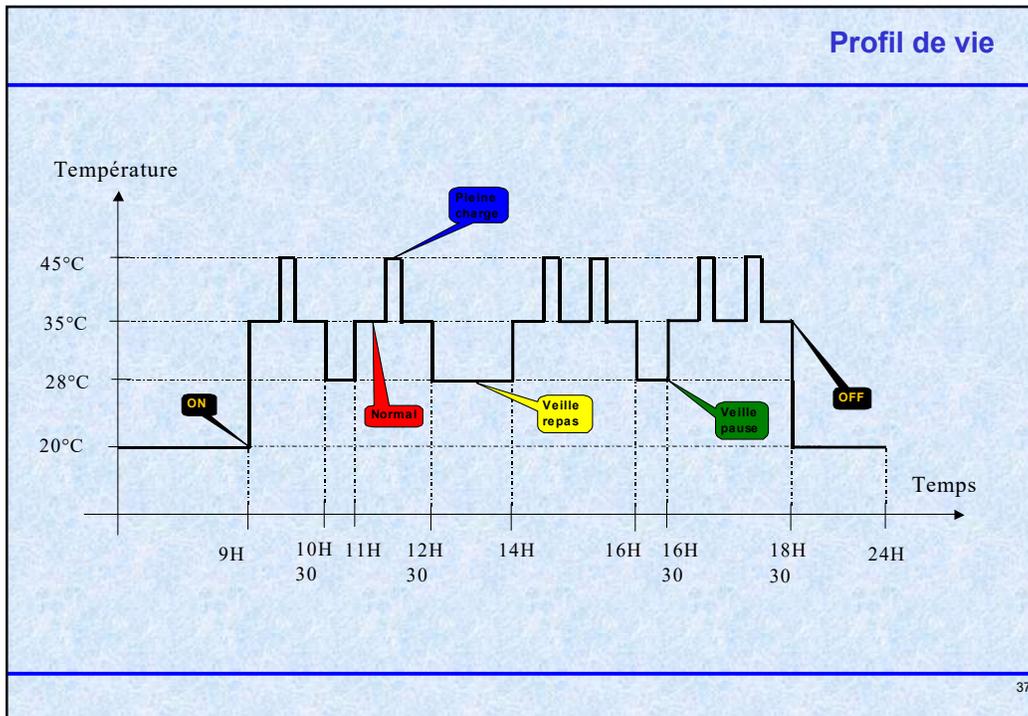
| Profil de vie | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 00H00 – 09H00 Non fonctionnement | 14H00 – 14H33 Fonctionnement Normal |
| 09H00 – 09H40 Fonctionnement Normal | 14H33 – 14H43 Pleine charge |
| 09H40 – 09H50 Pleine charge | 14H43 – 15H16 Fonctionnement Normal |
| 09H50 – 10H30 Fonctionnement Normal | 15H16 – 15H26 Pleine charge |
| | 15H26 – 16H00 Fonctionnement Normal |
| 10H30 – 11H00 Veille pause | 16H00 – 16H30 Veille pause |
| 11H00 – 11H40 Fonctionnement Normal | 16H30 – 17H03 Fonctionnement Normal |
| 11H40 – 11H50 Pleine charge | 17H03 – 17H13 Pleine charge |
| 11H50 – 12H30 Fonctionnement Normal | 17H13 – 17H46 Fonctionnement Normal |
| 12H30 – 14H00 Veille repas | 17H46 – 17H56 Pleine charge |
| | 17H56 – 18H30 Fonctionnement Normal |
| | 18H30 – 24H00 Non Fonctionnement |

35

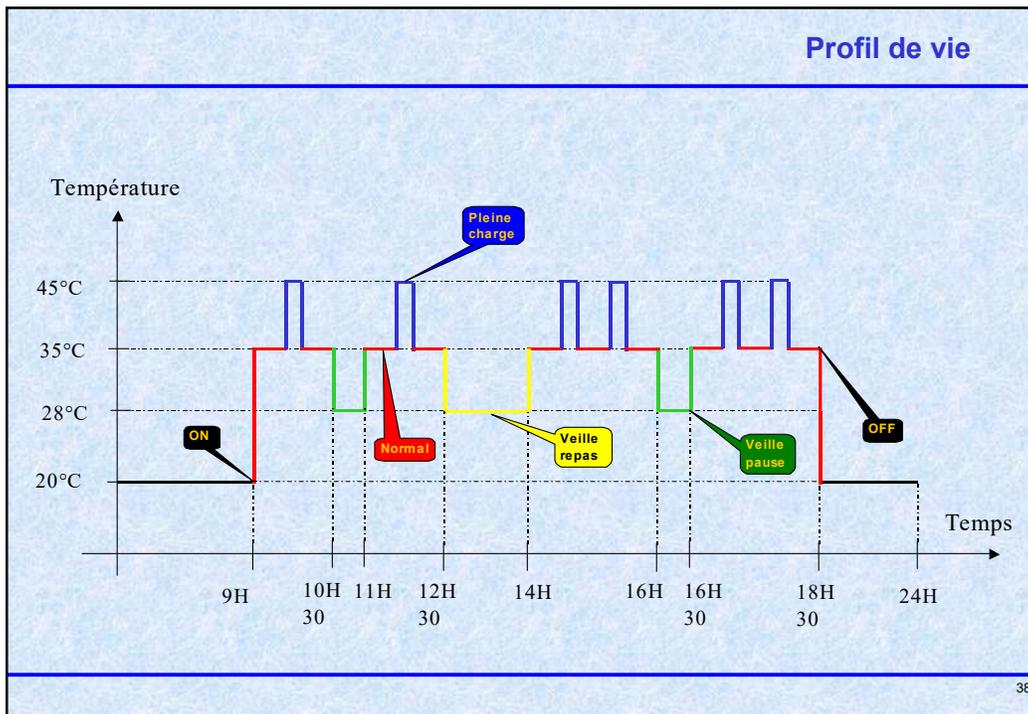
| Profil de vie |
|---|
| △ Température ambiante = 20°C |
| △ Température PC en mode veille = 28°C |
| △ Température PC en fonctionnement = 35°C |
| △ Température PC en charge pleine = 45°C |
| △ Nombre de jours de travail annuel = 219 jours |

36

FORMATION " AMDEC & FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES "



37



38

Profil de vie

PROFIL DE VIE :

| PHASE | On / Off | t _{annuel-phase} | THERMIQUE | CYCLAGE THERMIQUE | | | | HUMIDITE | MECANIQUE |
|-------------------------------------|----------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|------------------------|--------------------------|------------------------------|------------------------|
| | | | T _{ambiente} | ΔT _{cyclage} | θ _{cy} | N _{cy-annuel} | T _{max-cyclage} | RH _{stockage-carte} | G _{RMS-phase} |
| 1 Non fonctionnement repos | Off | 3 504 Hrs | 20 °C | 2 °C | 14,5 Hrs | 146 | 21 °C | 80% | 0 Grms |
| 2 Non fonctionnement travail | Off | 3 176 Hrs | 20 °C | 2 °C | 24 Hrs | 219 | 21 °C | 80% | 0 Grms |
| 3 Fonctionnement normal | On | 1 314 Hrs | 35 °C | 15 °C | 6 Hrs | 219 | 50 °C | 80% | 0,3 Grms |
| 4 Fonctionnement pleine charge | On | 219 Hrs | 45 °C | 10 °C | 0,16 Hrs | 1 314 | 45 °C | 80% | 0,3 Grms |
| 5 Fonctionnement veille pause | On | 219 Hrs | 28 °C | 7 °C | 0,5 Hrs | 438 | 35 °C | 80% | 0,3 Grms |
| 6 Fonctionnement Veille repas | On | 329 Hrs | 28 °C | 7 °C | 1,5 Hrs | 219 | 35 °C | 80% | 0,3 Grms |
| Somme (1an = 8760 h) => | | 8 760 Hrs | | | | | | | |

| | |
|------------------------------|---------------|
| Non fonctionnement travail | 14,5 Hrs |
| Fonctionnement normal | 6 Hrs |
| Fonctionnement pleine charge | 1 Hrs |
| Fonctionnement Veille repas | 1,5 Hrs |
| Fonctionnement Veille pause | 1 Hrs |
| Total | 24 Hrs |

| | |
|----------------------------|-----------|
| Nombre de jours de travail | 219 Jours |
| Nombre de jours de repos | 146 Jours |

39

39

Facteur IIinduit



« Donnez moi un composant et un marteau, je vous montrerai que sa fiabilité n'est pas celle qui a été prévue ! »

40

40

△ Qu'est ce qu'une surcharge accidentelle ?

- Une surcharge accidentelle est un événement qui sort du périmètre normal d'utilisation du produit
- Une surcharge peut provenir de nombreuses causes :
 - Défaut de conception
 - Propagation de panne
 - Condition d'environnement imprévue
 - Fausse manipulation
 - Détournement de destination
 - Et cetera...



41

41

△ Π induit :

$$\lambda = \lambda_{Physique} \cdot \pi_{Part_manufacturing} \cdot \pi_{Process}$$

$$\lambda_{Physique} = \left[\sum_{Contributions_Physiques} (\lambda_0 \cdot \Pi_{accélération}) \right] \cdot \Pi_{induit}$$

- Traduit les effets des agressions accidentelles non identifiées comme telles.
 - Un camion roule sur l'équipement : agression avérée.
 - L'équipement est débranché sous tension : agression non avérée possible !
- Le Π induit est évalué à partir :
 - Du type d'application (exposition du système aux agressions)
 - D'un facteur de sensibilité du COTS (CI plus sensible que résistance par exemple)
 - D'un facteur de placement (interface plus exposé que cœur d'une carte)
 - D'un facteur maîtrise de la robustesse (questionnaire)
- Plage de variation : 1 (le meilleur) à 100 (le pire)

42

42

Facteur Π induit

Π application : Tableau 1

| Critère | Description | Niveaux | Exemples et commentaires | Poids P_{os} |
|---|---|---|--|----------------|
| Type d'utilisateur dans la phase considérée | Traduit l'aptitude au respect des procédures face au poids des contraintes opérationnelles. | 0: Favorable 1: Modéré 2: Défavorable | L'utilisation du produit et l'application des règles sont principalement régis par: 0: des contraintes de qualité et sécurité (industriel) 1: le coût du produit (grand public) 2: la réussite de la mission, le contexte opérationnel (militaire) Les contraintes de sécurité, de qualité, de coût, de mission existent dans tous les types d'utilisation, mais avec des priorités différentes. | 20 |
| Niveau de qualification de l'utilisateur dans la phase considérée | Traduit le niveau de maîtrise de l'utilisateur ou de l'intervenant vis-à-vis d'un contexte opérationnel | 0: Favorable 1: Modéré 2: Défavorable | 0: Hautement qualifié 1: Qualifié 2: Faiblement qualifié ou peu expérimenté Dans certaines phases l'utilisateur à considérer est celui qui réalise la maintenance ou l'entretien | 10 |

43

43

Facteur Π induit

△ Le facteur induit de FIDES considère les overstress :

- Électriques (E.O.S)
- Mécaniques (M.O.S)
- Thermiques (T.O.S)



44

44

$$\lambda = \lambda_{Physique} \cdot \pi_{Part_manufacturing} \cdot \pi_{Process}$$

△ Caractéristiques du Π_{part} manufacturing

- Traduire la qualité et la maîtrise technique de fabrication de l'article
- Discriminer les fabricants
- Applicable aux modèles :
 - composants
 - cartes
 - sous ensembles

△ Plage de variation : 0.5 (le meilleur) à 2 (le pire)

45

45

△ Méthode

- Définition des paramètres traduisant ce besoin
 - Niveau d'assurance qualité fabricant $\Rightarrow AQ_{fabricant}$
 - Niveau d'assurance qualité produit $\Rightarrow AQ_{composant}$
 - Niveau d'assurance fiabilité composant $\Rightarrow AF_{composant}$
 - Expérience que l'on a du fournisseur (fabricant et procédés de fabrication) $\Rightarrow \varepsilon$
- Elaboration des niveaux de risque pour les paramètres
 - 3 à 4 niveaux d'application par paramètre, avec les niveaux de risque associés :
Supérieur - Equivalent - Inférieur - Très inférieur — à l'état de l'art
 - Introduction des niveaux **Fiable - Très Fiable** niveaux **A et B**, fonction des niveaux de tests pour les C.I. et Discrets

46

46

Facteur Π process

$$\lambda = \lambda_{Physique} \cdot \pi_{Part_manufacturing} \cdot \pi_{Process}$$

△ Constats de départ :

- Amélioration constante de la fiabilité intrinsèque des composants
- La part des défaillances générées par les activités liées au processus du cycle de vie devient prépondérante

Répartition de l'origine du taux de défaillance

Répartition par rapport au cycle de vie

47

47

Facteur Π process

△ Représentatif de la qualité et de la maîtrise technique de la fiabilité dans le cycle de vie du produit (contenant des COTS).

△ La méthode d'évaluation se base sur le niveau d'application de recommandations qui portent sur l'ensemble du cycle de vie.

△ Environ 200 recommandations (ou questions d'audits).

△ Pour chaque phase du cycle de vie FIDES :

- Spécification
- Conception
- Fabrication
- Intégration système
- Maintenance (et exploitation)
- Activités de support (telles que qualité et ressources humaines)

$$\lambda = \lambda_{Physique} \cdot \pi_{Part_manufacturing} \cdot \pi_{Process}$$

△ Plage de variation : 1 (le meilleur) à 8 (le pire)

△ Un outil d'évaluation et de construction de la fiabilité

- Questions perçues comme pertinentes
- Utilisation comme guide d'amélioration de la fiabilité
- Permet d'évaluer la marge de gain de fiabilité

48

48

Facteur Π process

$$\pi_{Process} = e^{\delta_2(1-Process_Grade)}$$

△ $\pi_{Process}$

- Quantification par un audit du processus
- 200 recommandations
- 4 niveaux d'application pour chaque recommandation
- "Process_grade" établi en fonction des notes d'audit
- δ_2 = facteur de corrélation qui fixe la plage de variation

| Spécification | | Question Non applicable | Poids Recom | Niveau d'application | | | | Points Bruts | Points Pondérés |
|---|---|-------------------------|-------------|----------------------|----|----|----|--------------|-----------------|
| Question de l'audit | Recommandation | | | N1 | N2 | N3 | N4 | | |
| | | | | 0 | 1 | 2 | 3 | | |
| Y a-t-il un poste de financement pour les études de fiabilité ? Les moyens et personnels nécessaires sont-ils identifiés ? | Affecter les ressources en terme de personnel et moyens aux études de fiabilité | | 10,7 | | | | | | |
| les exigences globales de fiabilité sont-elles allouées aux sous-ensembles ? Quelle méthode d'allocation a été utilisée ? | Allouer les exigences de fiabilité aux sous-ensembles | | 10,4 | | | | | | |
| Y a-t-il une description et une caractérisation de l'environnement dans lequel le système va être stocké, transporté, utilisé et maintenu ? | Décrire complètement l'environnement dans lequel le système va être utilisé et maintenu | | 12,4 | | | | | | |
| Qu'est-ce qui est considéré comme défaillance système ? | Définir la défaillance système | | 10,3 | | | | | | |
| Comment envisage-t-on la démonstration de la fiabilité du système ? | Définir la méthode de démonstration de la fiabilité du système | | 9,8 | | | | | | |
| Est-ce que le profil d'utilisation du Système pour lequel les performances de fiabilité sont attendues est défini ? | Définir le profil d'utilisation du Système pour lequel les performances de Fiabilité sont attendues | | 9,9 | | | | | | |

49

49

Facteur Π process

△ Pour chaque recommandation, définition de 4 niveaux d'application (critères de satisfaction)

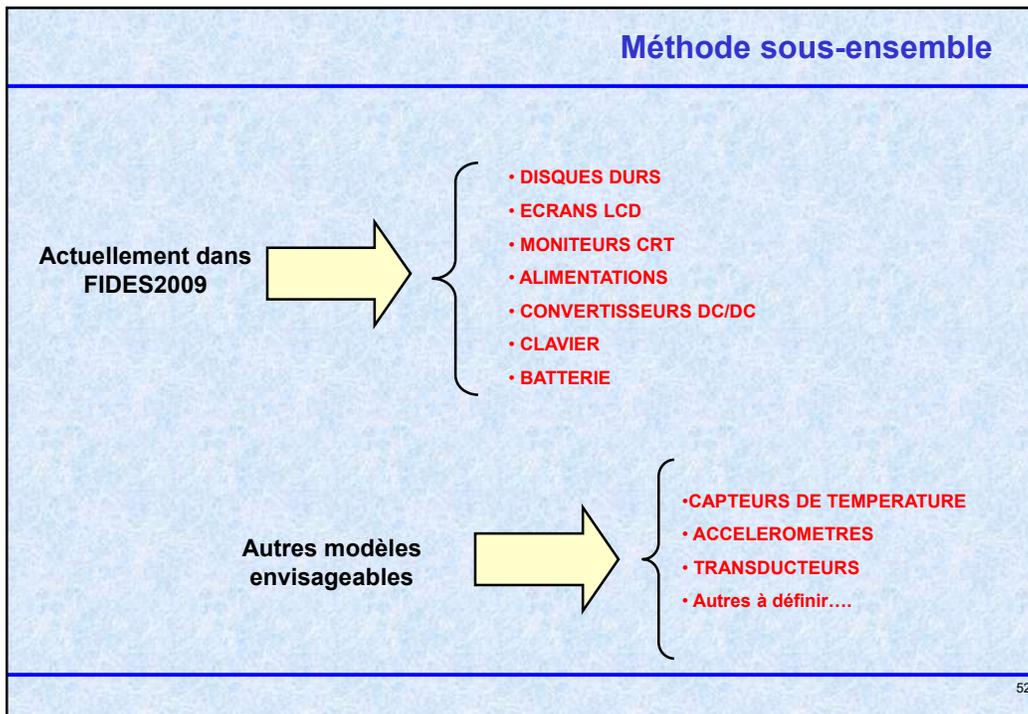
- N 1 : Rien n'est fait, absence de pratique.
- N 2 : Application réduite de la recommandation, pratiques informelles.
- N 3 : Application incomplète de la recommandation, la démarche n'est pas complètement formalisée.
- N 4 : Application complète de la recommandation, ou pratiques similaires.

50

50

| SOMMAIRE | |
|----------------------------------|----------------------|
| △ Introduction | 09H00 - 09H30 |
| △ Construction des modèles | 09H30 - 10H15 |
| △ Pause | 10H15 - 10H30 |
| △ Profil de vie | 10H30 - 12H00 |
| △ Repas | 12H00 - 13H00 |
| △ Facteur Π induit | 13H00 - 13H30 |
| △ Facteur Π part | 13H30 - 14H00 |
| △ Facteur Π process | 14H00 - 14H30 |
| △ Exercices avec outil FIDES2004 | 14H30 - 15H45 |
| △ Pause | 15H45 - 16H00 |
| △ Méthode sous ensemble | 16H00 - 16H15 |
| △ Méthode cartes électroniques | 16H15 - 16H30 |
| △ Questions / réponses | 16H30 - 17H00 |

51



52

Méthode cartes électroniques

△ Afin de répondre aux contraintes :

- Augmentation des performances
- Réduction des coûts et des cycles d'étude



→ L'intégration de cartes COTS ne cesse de croître dans les applications embarquées

53

53

Méthode cartes électroniques

△ Conséquence :

→ Cartes COTS soumises à des exigences de fiabilité.

△ Difficultés pour répondre à ces exigences :

- Carence d'informations liées à la conception de la carte
→ Recueils prévisionnels inapplicables (UTEC 80810, MIL)
- Absence de données pertinentes fournies par le fabricant :
→ Justification hasardeuse du niveau de fiabilité

54

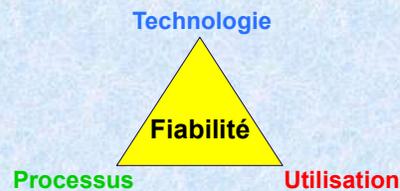
54

Méthode cartes électroniques

△ La solution :

→ Développer une méthodologie permettant :

- D'évaluer la fiabilité de la **carte COTS** à l'aide des seules données disponibles sur datasheet
- D'intégrer à cette évaluation l'effet du **processus** industriel et de l'**exploitation** opérationnelle



55

55

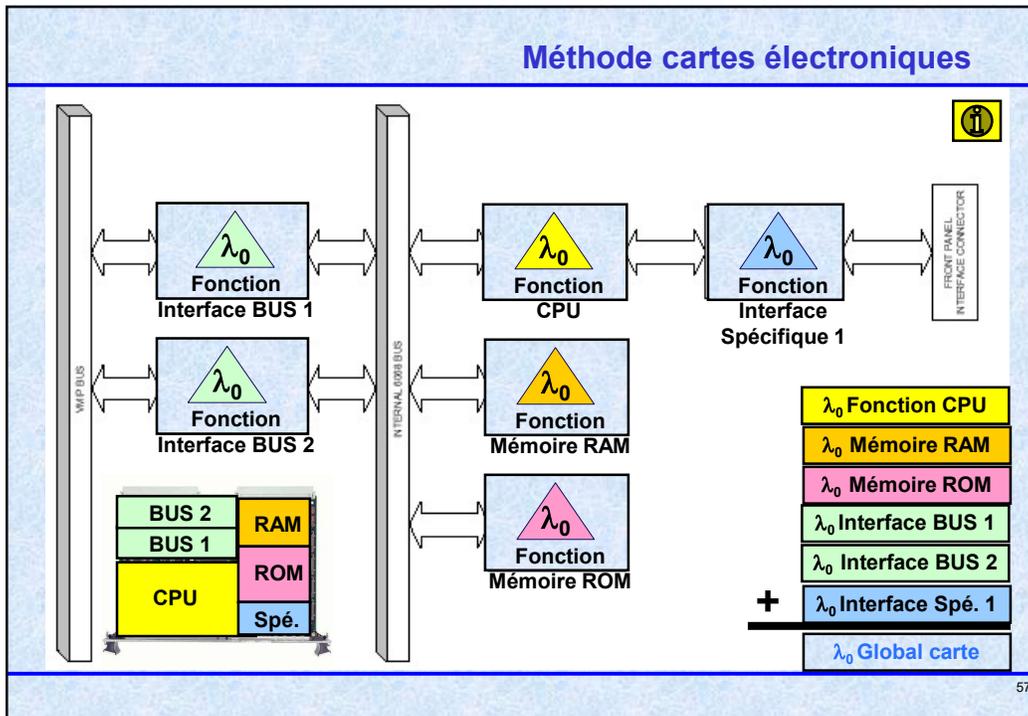
Méthode cartes électroniques

△ Les fondamentaux de l'approche carte :

- Raisonner en taux de défaillance par **fonction électronique** et non par composant.
- Evaluer la fiabilité intrinsèque de la carte avec pour seule donnée d'entrée son **diagramme organico-fonctionnel**.

56

56



57

Méthode cartes électroniques

| λ_0 Fonctions Numériques | λ_0 -fonction (Fit) |
|--|-----------------------------|
| Fonction CPU complexe (> 16 bits), DSP | 3,09 |
| Fonction CPU simple (8-16 bits) | 1,55 |
| Fonction logique complexe (EPLD, FPGA) | 3,09 |
| Fonction logique simple (PAL, compteur, glue) | 1,55 |
| Fonction mémoire Volatile | 5,87 |
| Fonction mémoire non Volatile | 4,33 |
| Fonction horloge | 1,2 |
| Fonction supervision alimentation | 1,24 |
| Fonction interface Bus extension (buffer) | 1,07 |
| Fonction adaptation de niveaux (Drivers de lignes) : RS422, RS232,... | 1,07 |
| Fonction isolation Galvanique (optocouplage) | 0,46 |
| Fonction commutation à transistor (entrée / sortie) | 0,54 |
| Fonction interface protocole spécifique (Transceiver+Controleur) : PCI, ETHERNET, CAN, LON, 1553, ARINC, DIGIBUS ... | 2,14 |

58

58

Méthode cartes électroniques

△ Evaluation du fabricant de carte :

Technologie

Fabricant

$\lambda_0 \text{ Carte} \times \prod_{\text{Part}}$

- Niveau d'assurance qualité fabricant
- Niveau d'assurance qualité sous ensemble
- Facteur expérience Utilisateur

59

59

Méthode cartes électroniques

△ Intégration des contraintes d'utilisation

:

Technologie

Overstress

$\lambda_0 \text{ Carte} \times \prod_{\text{Part}} \times \prod_{\text{Physique}} \times \prod_{\text{Induit}}$

Profil d'emploi

Overstress

- Thermique
- Cyclage
- Mécanique
- Chimique
- Humidité
- EOS
- MOS
- TOS

60

60

Méthode cartes électroniques

△ Influence du processus industriel :

Technologie

Processus Utilisation

Fiabilité

Questionnaire d'audit

$$\lambda_0 \text{ Carte} \times \prod_{\text{Part}} \times \prod_{\text{Physique}} \times \prod_{\text{Induit}} \times \prod_{\text{Process}}$$

- Spécification
- Conception
- Production
- Intégration
- Utilisation
- Maintenance

61

61

Méthode cartes électroniques

△ Ce qu'il faut retenir de l'approche carte :

- Méthode permettant d'évaluer la **fiabilité des cartes électroniques du commerce** dans les applications industrielles et militaires.
- **Démarche simplifiée** par rapport à l'approche FIDES composant.
- Outil utilisable en **phase amont du projet** pour dimensionner une fiabilité et valider des choix d'architecture.

62

62

CYCLE FABRICATIONS ELECTRONIQUES

**AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS
ELECTRONIQUES**



FRAMATECH

Journée 3

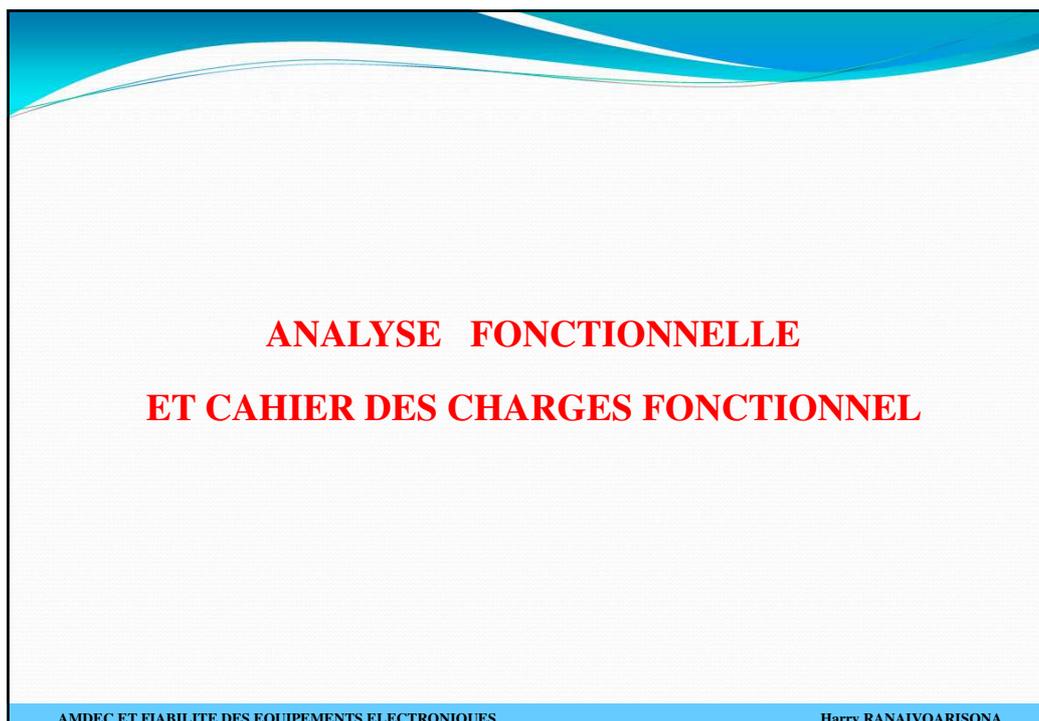
« ANALYSE FONCTIONNELLE »

Harry RANAIVOARISON

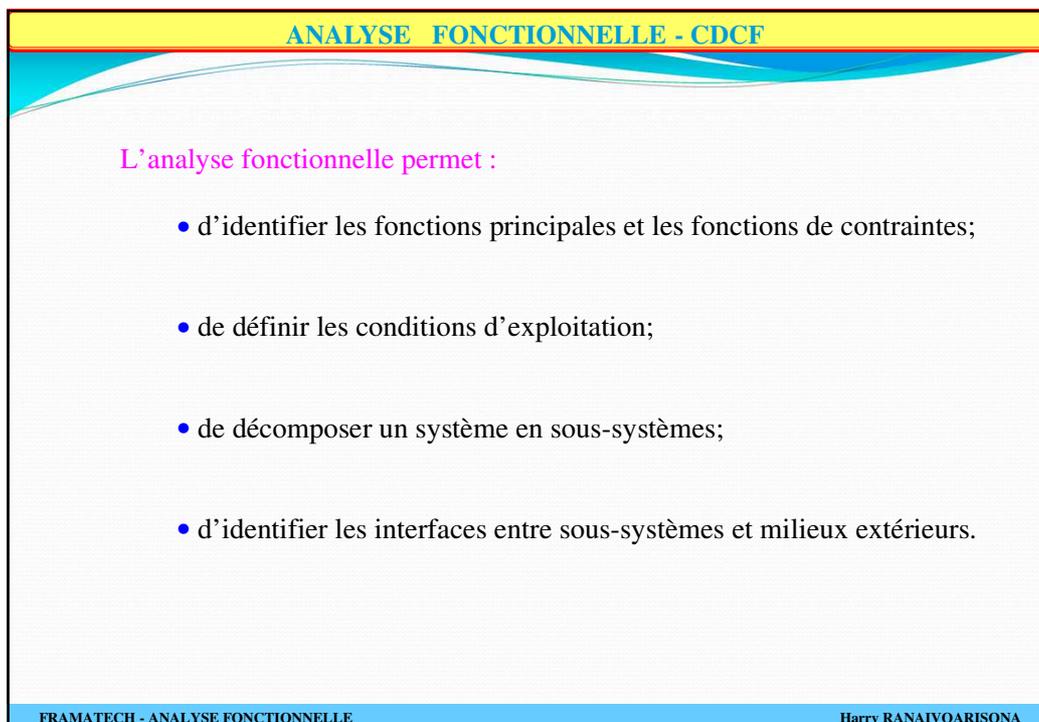
Le 20 septembre 2024

FRAMATECH S.A. au capital de 38112 Euros
Etudes & mises en œuvre de stratégies industrielles internationales Hautes Technologies

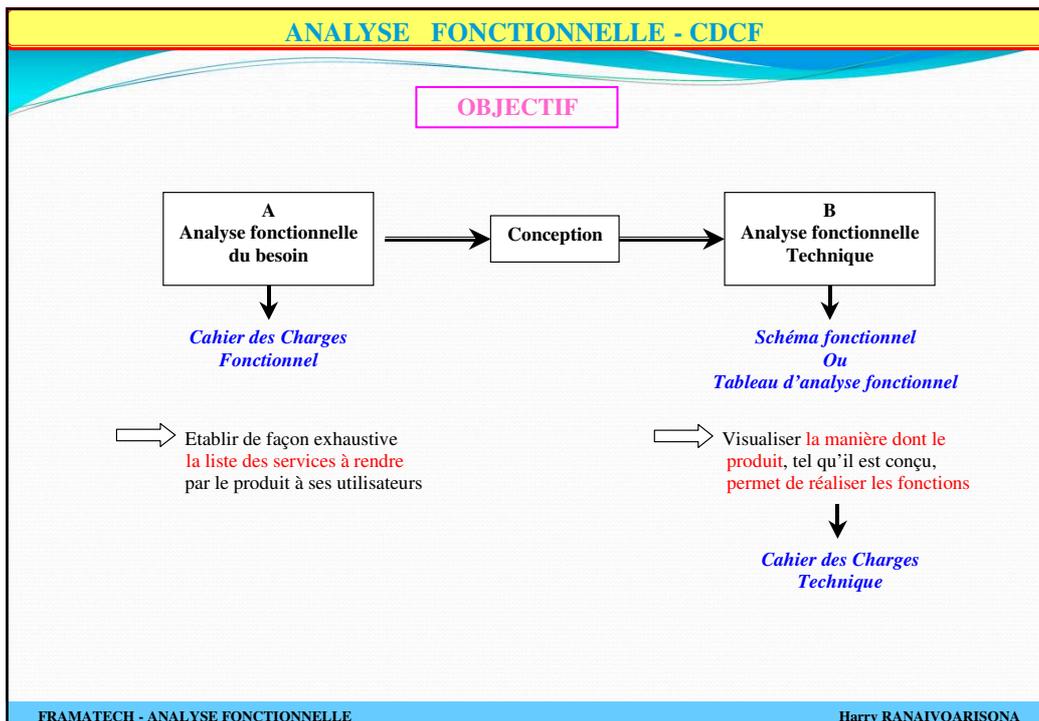
4 boulevard d'Arras - 13004 Marseille - France
Tél. +33 491 95 55 70 / Fax. +33 491 95 55 75 / Mail : contact@framatech.fr
Organisme de formation n° 93060115506 – Siret 344 351 879 00046 – NAF 742C – RC88B126
Web : www.framatech.fr



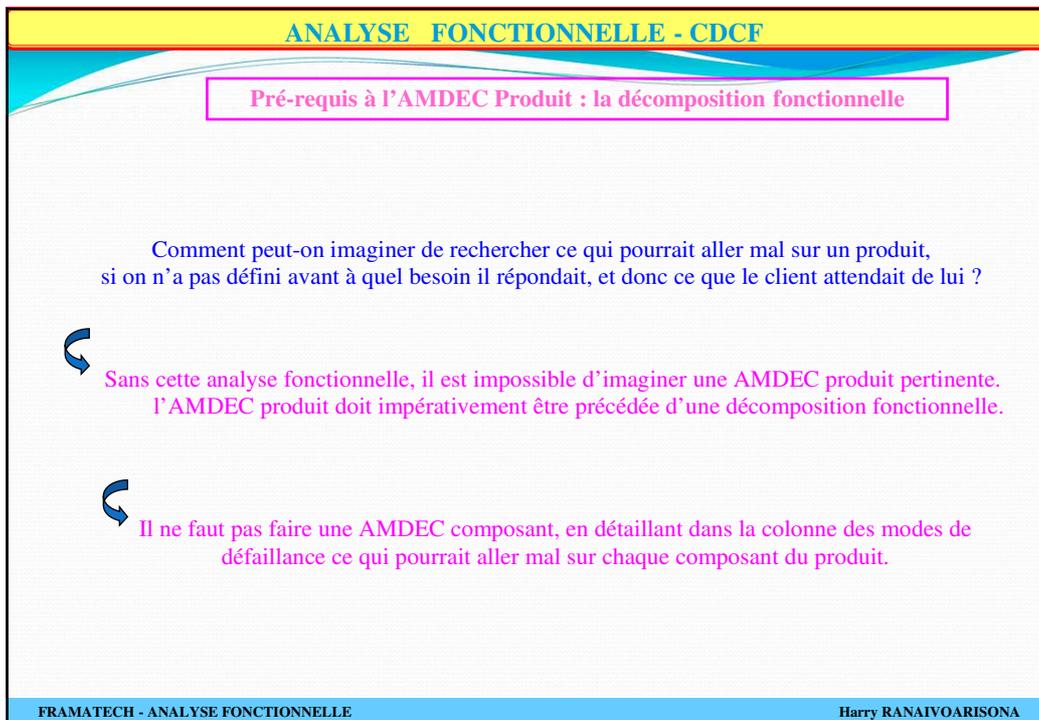
1



2



3



4

ANALYSE FONCTIONNELLE - CDCF

Pré-requis à l'AMDEC Produit : la décomposition fonctionnelle

L'idée de base, pour rendre simple l'AMDEC produit,
est d'identifier les fonctions du produit à concevoir,
puis de les caractériser avec des critères et des niveaux à atteindre.

**La sortie de cette phase d'analyse fonctionnelle sera synthétisée
par le Cahier des Charges Fonctionnel (CdCF).**

FRAMATECH - ANALYSE FONCTIONNELLE Harry RANAIVOARISONA

5

ANALYSE FONCTIONNELLE - CDCF

La démarche proposée pour l'analyse fonctionnelle

Les grandes étapes de la démarche de l'analyse fonctionnelle sont :

- définir dans quel système s'inscrit le produit.
- définir à qui ou à quoi, le système rend service.
- définir les contraintes liées au système que le concepteur doit prendre en compte pour la conception du produit.
- définir à qui ou à quoi le produit rend service.
- rechercher les différentes situations de vie dans lesquelles le produit va se trouver.
 - rechercher les environnements extérieurs qui seront en interaction avec le produit et identifier les relations, pour chaque situation de vie.
 - rechercher les fonctions principales et les fonctions contraintes.
 - Initialiser le Cahier des Charges Fonctionnel (CdCF).
 - Elaborer des blocs diagrammes fonctionnels.
 - Faire apparaître les liens qui existent entre les pièces/composants et les fonctions.
 - Matérialiser l'interdépendance fonctionnelle.

FRAMATECH - ANALYSE FONCTIONNELLE Harry RANAIVOARISONA

6

ANALYSE FONCTIONNELLE – CDCF – Description des grandes étapes

Description des grandes étapes

1- Définir à qui ou à quoi, le système et/ou produit rend service

Réponse aux questions suivantes :

- Pour qui ce produit est-il conçu ?
- A qui rend-il service ?
- A quel besoin répond-il ?

FRAMATECH - ANALYSE FONCTIONNELLE Harry RANAIVOARISONA

7

ANALYSE FONCTIONNELLE – CDCF - Description des grandes étapes

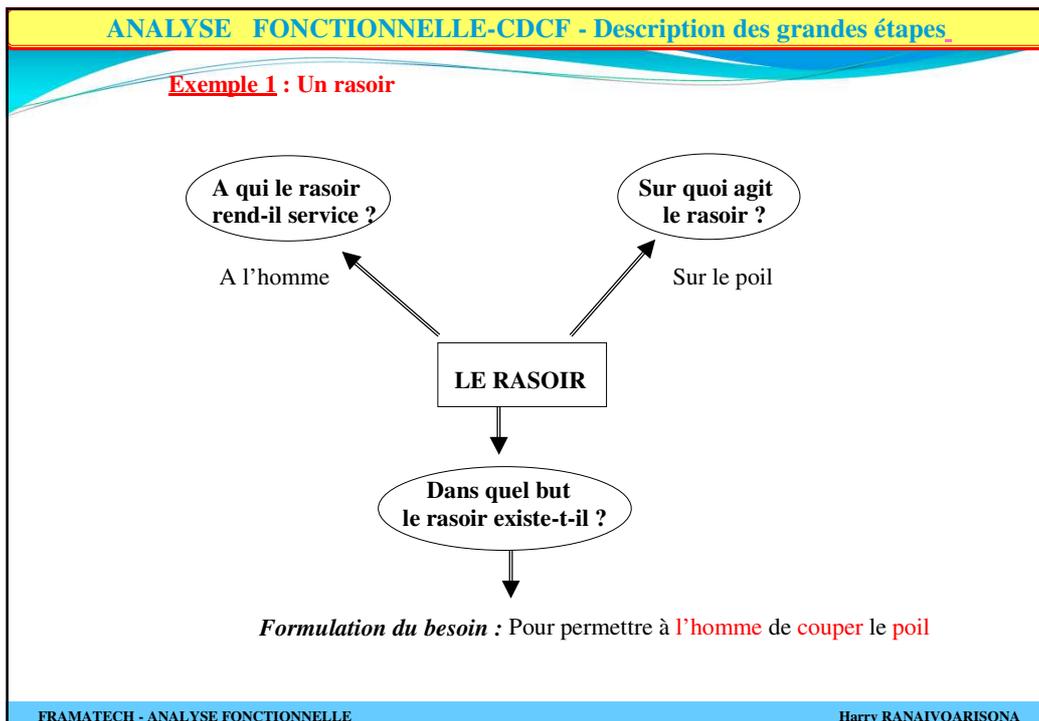
RECHERCHE DU BESOIN FONDAMENTAL

```
graph TD; PRODUIT[PRODUIT] --> BUT([Dans quel but le produit existe-t-il?]); BUT --> AQUI([A QUI ?]); BUT --> SURQUOI([SUR QUOI ?]); AQUI --- AQUI_TEXT[le produit rend-il service ?]; SURQUOI --- SURQUOI_TEXT[le produit agit-il ?];
```

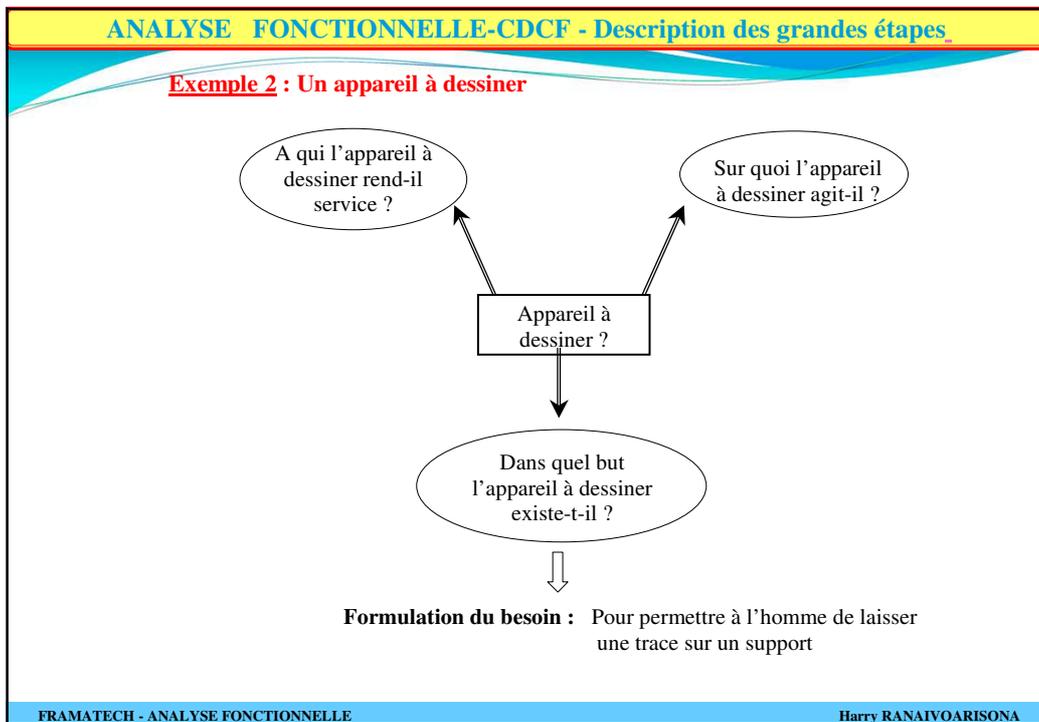
Formulation du besoin : A QUI + Verbe d'action + SUR QUOI

FRAMATECH - ANALYSE FONCTIONNELLE Harry RANAIVOARISONA

8



9



10

ANALYSE FONCTIONNELLE-CDCF - Description des grandes étapes

2- Rechercher les différentes situations de vie dans lesquelles le produit va se trouver ou va devoir évoluer

de la fabrication à l'assemblage,
en passant par le stockage,
l'entretien, la destruction ou le recyclage,
en commençant, bien sûr, par la situation de vie utilisation

Il est ici important de ne pas considérer uniquement la situation de vie « utilisation par le client », même si les fonctions principales sortent uniquement de cette situation de vie « utilisation ».

Réponse à la question :

Dans quelles situations de vie le produit se retrouve-t-il en interaction avec son environnement ?

FRAMATECH - ANALYSE FONCTIONNELLE Harry RANAIVOARISONA

11

ANALYSE FONCTIONNELLE-CDCF - Description des grandes étapes

Exemple des situations de vie d'un produit (le rasoir):

```

graph LR
    SV[SV] --- A[Approvisionnement]
    SV --- B[Fabrication]
    SV --- C[Distribution]
    SV --- D[Exploitation]
    SV --- E[Consommation]
    E --- F[Acquisition]
    E --- G[Stockage]
    E --- H[Maintenance]
    E --- I[Utilisation]
    E --- J[Elimination]
    G --- K[Salle de bains]
    G --- L[Trousse de toilette]
    I --- M[Normale]
    I --- N[Exceptionnelle]
    J --- O[Bio-dégradable]
    
```

FRAMATECH - ANALYSE FONCTIONNELLE Harry RANAIVOARISONA

12

ANALYSE FONCTIONNELLE- CDCF - Description des grandes étapes

3- Rechercher les environnements avec lesquels le produit sera en interaction dans chaque situation de vie

↓

Réponse à la question :

Quels sont les éléments extérieurs au produit, en interaction avec lui ?

FRAMATECH - ANALYSE FONCTIONNELLE Harry RANAIVOARISONA

13

ANALYSE FONCTIONNELLE- CDCF - Description des grandes étapes

LES ENVIRONNANTS

- Milieux environnants pour FP
- Milieux sensibles (vue, odorat, toucher, goût,...)
- Milieux normatifs (normes, règlements)
- Milieux agressifs
 - * ambiance atmosphérique
 - température
 - humidité
 -
 - *contraintes physiques
 - chocs
 - pression
 -

FRAMATECH - ANALYSE FONCTIONNELLE Harry RANAIVOARISONA

14

ANALYSE FONCTIONNELLE- CDCF - Description des grandes étapes

Exemple 1 : LES ENVIRONNANTS d'un Rasoir "dans la situation de vie utilisation"

The diagram, titled "UTILISATION", illustrates the environment of a razor during its use. It consists of a circular arrangement of five elements connected by a continuous line. Starting from the top and moving clockwise, the elements are: Poil (Hair), Peau (Skin), Main (Hand), Eau (Water), and Crème à raser (Shaving cream).

FRAMATECH - ANALYSE FONCTIONNELLE Harry RANAIVOARISONA

15

ANALYSE FONCTIONNELLE- CDCF - Description des grandes étapes

Exemple 2 : LES ENVIRONNANTS d'un appareil à dessiner "dans la situation de vie tracé"

The diagram, titled "TRACE", illustrates the environment of a drawing device during its use. It consists of a circular arrangement of five elements connected by a continuous line. Starting from the top and moving clockwise, the elements are: Accessoires de dessin (Drawing accessories), Support (Support), Main (Hand), Oeil (Eye), and Air ambiant (Ambient air).

FRAMATECH - ANALYSE FONCTIONNELLE Harry RANAIVOARISONA

16

ANALYSE FONCTIONNELLE- CDCF - Description des grandes étapes

4- Rechercher les relations entre le produit et les différents éléments extérieurs identifiés

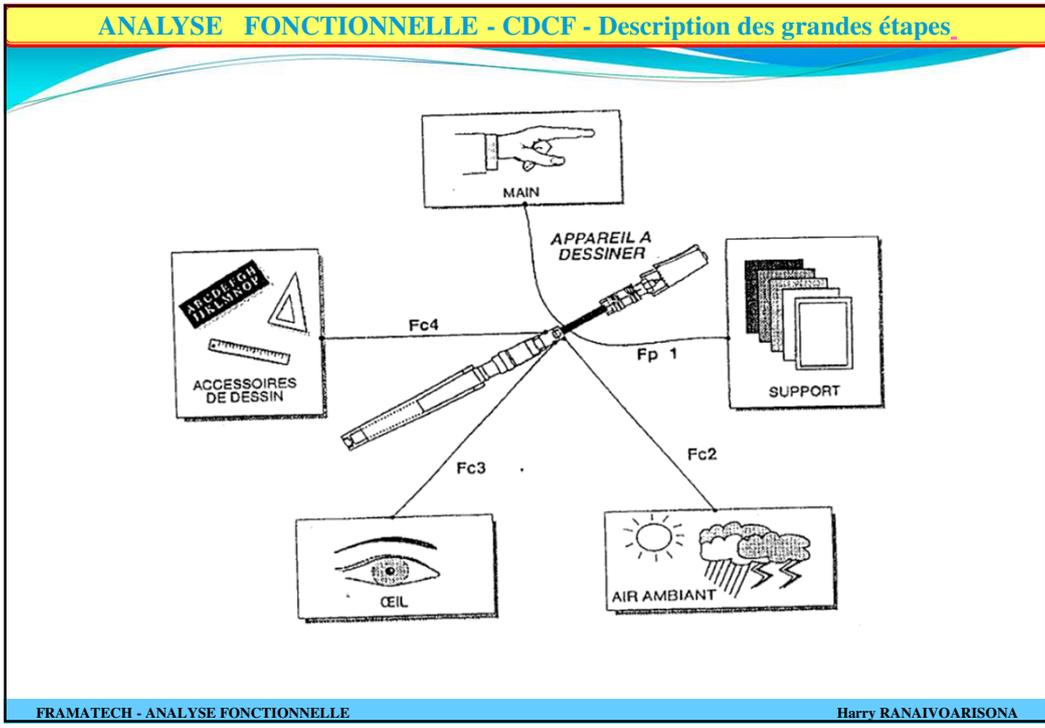
↓

Réponse à la question :

Quels sont les relations entre le produit et les éléments extérieurs identifiés dans chaque situation de vie ?

FRAMATECH - ANALYSE FONCTIONNELLE Harry RANAIVOARISONA

17



18

ANALYSE FONCTIONNELLE - CDCF - Description des grandes étapes

Comme pour l'AMDEC, on doit imaginer un travail itératif
sur les différentes situations de vie envisagées.

Dans un premier temps, on doit travailler plus sur la situation de vie utilisation,
puis dans un deuxième temps on doit choisir de détailler d'autres situation de vie.

FRAMATECH - ANALYSE FONCTIONNELLE Harry RANAIVOARISONA

19

ANALYSE FONCTIONNELLE - CDCF - Description des grandes étapes

5- Rechercher les fonctions représentées par les relations identifiées ci-dessus

- **Fonction principale** : Raison d'être du produit, c'est la réponse au besoin fondamental de l'utilisateur (fonction dite d'usage ou d'estime)
« sollicite 2 milieux »
- **Fonction complémentaire** : Apporte quelque chose en plus du besoin fondamental.
- **Fonction contrainte** : Traduit une réaction ou une résistance à un élément du milieu extérieur, limitation à la liberté de choix du concepteur d'un produit.
« sollicite 1 milieu »

FRAMATECH - ANALYSE FONCTIONNELLE Harry RANAIVOARISONA

20

ANALYSE FONCTIONNELLE - CDCF - Description des grandes étapes

Dans la situation de vie utilisation :

- Rechercher les fonctions principales.
- Rechercher les fonctions contraintes.

Exprimer les fonctions avec **un verbe + un complément**, par exemple :
transmettre un mouvement, guider un axe, résister à la corrosion...

Dans les autres situation de vie :

- Recherchez les fonctions contraintes auxquelles le produit sera soumis.

Les contraintes qui sont à respecter doivent être listées, sans oublier : **la réglementation, la sécurité, les normes, les lois....**

FRAMATECH - ANALYSE FONCTIONNELLE Harry RANAIVOARISONA

21

ANALYSE FONCTIONNELLE - CDCF - Description des grandes étapes

Exemple 1: "Rasoir"

EXPRESSION DES FONCTIONS Dans la situation de vie "Utilisation"

FP₁ : le rasoir permet à la **main** de **couper** le **poil**

FC₁ : le rasoir ne doit **pas couper** la **main**

FC₂ : le rasoir ne doit **pas blesser** la **peau**

FC₃ : le rasoir doit **résister** à l'**eau**

FC₄ : le rasoir doit **résister** à la **crème**

FC₅ : le rasoir doit **plaire** à l'**oeil**

FRAMATECH - ANALYSE FONCTIONNELLE Harry RANAIVOARISONA

22

ANALYSE FONCTIONNELLE - CDCF- Description des grandes étapes

Exemple 2: "Appareil à dessiner"

Fp 1 : Permettre, à la main, de laisser une trace sur un support.

Fc 2 : Résister à l'air ambiant.

Fc 3 : Etre esthétique.

Fc 4 : S'adapter aux accessoires de dessin.

FRAMATECH - ANALYSE FONCTIONNELLE Harry RANAIVOARISONA

23

ANALYSE FONCTIONNELLE - CDCF

6- Le cahier des Charges Fonctionnel, suivant la norme NF X 50-151

↻ Le Cahier des Charges Fonctionnel (CdCF) est le document de synthèse présentant les données pour la conception optimale du produit

↻ Ce CdCF servira de base de départ à l'AMDEC produit.

FRAMATECH - ANALYSE FONCTIONNELLE Harry RANAIVOARISONA

24

ANALYSE FONCTIONNELLE - CDCF

La décomposition fonctionnelle ne suffit pas pour démarrer l'AMDEC produit, il faut encore caractériser et hiérarchiser chaque fonction, comme on le verra.

Ce tableau montre les questions de synthèse du CdCF

| N° | Désignations des fonctions | K | Critères | Niveaux | Flexibilité | F | Taux d'échange |
|----|--|----------------------------------|---|---|---|--|---|
| | A quoi sert ce produit et quelles sont les contraintes à respecter ? | Poids relatif de chaque fonction | Quels sont les critères qui nous permettront de juger de l'atteinte ou non de la fonction ? | Quel est le niveau idéal que devrait atteindre ce critère ? | Quelles sont les limites à l'intérieur desquelles on peut considérer que le critère sera satisfait pour permettre la réalisation de la fonction ? | Sur quels critères sommes-nous prêts à accepter des changements? | Quelle valeur de critère serions-nous prêts à échanger contre quelle autre valeur de critère? |

FRAMATECH - ANALYSE FONCTIONNELLE Harry RANAIVOARISONA

25

ANALYSE FONCTIONNELLE - CDCF

a- Désignation des fonctions

Réponse à la question :

A quoi sert ce produit et quelles sont les contraintes à respecter ?

Résultat de l'analyse fonctionnelle réalisée au préalable, c'est le lien direct entre la décomposition fonctionnelle et le cahier des charges fonctionnel.

FRAMATECH - ANALYSE FONCTIONNELLE Harry RANAIVOARISONA

26

ANALYSE FONCTIONNELLE - CDCF

b- Poids relatif de chaque fonction (facteur K)

Réponse aux questions :

Si le produit ne devait remplir qu'une fonction laquelle garderait-on ?

Si le produit ne devait remplir que deux fonctions seulement, lesquelles conserverait-on ?

Toutes les fonctions n'ont pas la même importance, il s'agit de matérialiser une hiérarchisation des fonctions principales.

Cet arbitrage est à faire avec le décideur de l'étude et doit être réalisé avant le début de l'AMDEC produit.

FRAMATECH - ANALYSE FONCTIONNELLE Harry RANAIVOARISONA

27

ANALYSE FONCTIONNELLE - CDCF

| Facteur K | Importance |
|------------------|-------------------|
| 1 | Facultatif |
| 2 | Utile |
| 3 | Importante |
| 4 | Très importante |
| 5 | vitale |

Facteur K, poids relatif des fonctions entre elles

FRAMATECH - ANALYSE FONCTIONNELLE Harry RANAIVOARISONA

28

ANALYSE FONCTIONNELLE - CDCF

Les critères d'acceptation que l'on peut regrouper en cinq familles :

- critères d'utilisation (dimension, poids, durée de vie...)
- critères d'entretien (rangement, maintenabilité...)
- critères de coût (installation, maintenance...)
- critères de sécurité (pour l'homme, l'environnement, les normes...)
- critères d'estime (style, emballage, image de marque...)

Ce travail est le cœur même du cahier des charges fonctionnel, c'est aussi le passage obligé, pour aller vers l'AMDEC produit.



En effet, la recherche des modes de défaillance potentielle, en AMDEC produit, se résume à décrire les critères spécifiés non atteints.

ANALYSE FONCTIONNELLE - CDCF

Si toute cette analyse est pertinente, la recherche des modes de défaillance potentielle devient facile,

et l'AMDEC produit est initialisée de manière quasi automatique en reprenant comme modes de défaillance potentielle les critères spécifiés non atteints, un par un.

ANALYSE FONCTIONNELLE - CDCF

EXEMPLE : "Rasoir"

CRITERES D'APPRECIATION DES FONCTIONS


Exemple (rasoir) FP : le rasoir doit permettre à la **main** de **couper** les **poils**

L 'ensemble des critères de valeur d 'une fonction est l 'ensemble des caractéristiques **"juste nécessaire "** pour que la fonction soit bien réalisée dans l 'objectif de fiabilité recherche

| Couper | Main | Poil |
|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> •Temps de coupe •Sans douleur •Que les poils •San effort | <ul style="list-style-type: none"> •Dimensions (de la main qui va tenir le rasoir) •poids admissible (par la main) •Acidité •Rugosité | <ul style="list-style-type: none"> •Longueur •Diamètre •Dureté •Sens, angle •Densité |

FRAMATECH - ANALYSE FONCTIONNELLE Harry RANAIVOARISONA

33

ANALYSE FONCTIONNELLE - CDCF

Critères d'acceptation : Exemple d 'un feutre

| F | Verbe (infinitif) | 1 ^{er} Milieu | 2 ^{ème} Milieu |
|----|---|--|---|
| Fp | LAISSER une trace -longueur : 1,5 km ± 0,1 -largeur mini = 2mm maxi = 5 mm | Avec la MAIN - d'enfant, femme, homme - gauche, droite - ph = 4 à 6 - force maxi = 1 N | Sur un SUPPORT - papier : blanc grain rugosité résistance |
| Fc | RESISTER - temp° : -10°C à 45°C - ph : 4 - chute de 2 m maxi | à l'ENVIRONNEMENT - bureau - machine à café - atelier | |

FRAMATECH - ANALYSE FONCTIONNELLE Harry RANAIVOARISONA

34

| ANALYSE FONCTIONNELLE - CDCF | |
|---|---|
| ANALYSE FONCTIONNELLE ET CONCEPTION DU PRODUIT (exemple du rasoir) | |
| Dans la situation de vie utilisation | |
| FONCTIONS | PRODUIT |
| FP ₁ : le rasoir permet à la main de couper le poil | → lame coupante |
| + | |
| FC ₁ : le rasoir ne doit pas couper la main | → lame coupante + manche |
| + | |
| FC ₂ : le rasoir ne doit pas blesser la peau | → lame coupante + manche + protecteur lame |
| + | |
| FC ₃ : le rasoir doit résister à l' eau | lame coupante + manche + protecteur lame (avec des matériaux qui résistent) |
| FC ₄ : le rasoir doit résister à la crème | |
| + | |
| FC ₅ : le rasoir doit plaire à l' oeil | lame coupante + manche + protecteur lame avec des matériaux qui résistent (et des formes et des couleurs esthétiques) |

| ANALYSE FONCTIONNELLE - CDCF | |
|--|--|
| d- <u>Niveaux</u> | |
| Réponse à la question : | |
| <i>Quels est le niveau idéal que devrait atteindre ce critère ?</i> | |
| Ce niveau peut être celui recherché ou celui atteint pour une solution proposée (valeur chiffrée pour tout ce qui est objectif). | |
| Il est le plus souvent présenté comme une valeur nominale du critère défini . | |

ANALYSE FONCTIONNELLE - CDCF

e- Flexibilité

Réponse à la question :

Quelles sont les limites, à l'intérieur desquelles on peut considérer que le critère sera satisfait, pour permettre la réalisation de la fonction ?

Ce sont les valeurs limites, en dessous desquelles ou au-delà desquelles, le critère ne sera plus satisfaisant pour la réalisation de la fonction (par exemple : les tolérances mécaniques).

FRAMATECH - ANALYSE FONCTIONNELLE Harry RANAIVOARISONA

37

ANALYSE FONCTIONNELLE - CDCF

Exemple d'un cahier des charges fonctionnel

| Fonction | Groupe de mots | Caractéristiques | Niveau | Flexibilité |
|----------|-------------------|-----------------------------------|-------------|------------------------------|
| Fp 1 | Laisser une trace | Longueur sans <i>interruption</i> | | Maxi = 600 mm Mini = 1 mm |
| | | Epaisseur du trait | 0,8 mm | ± 0,05 mm |
| | | Interruptions d'écriture | Aucune | Aucune |
| | | Bavures | Aucune | Aucune |
| | | Fréquence d'utilisation | | Maxi = 1 trait / s |
| | | Fiabilité (MTBF) | 1000 heures | Mini |
| | Main | Durée de vie | 5 ans | Maxi |
| | | Acidité | PH = 6 | ± 0,2 |
| | | Taux de gauchers | | ± 5% |
| | | Effort d'écriture (vertical) | 3 daN | Maxi |
| | Support | Effort de pression des doigts | 5 daN | Maxi |
| | | Granulométrie | | Papier ou calque synthétique |
| | | Taille | | A4 à A0 |
| | Position | Horizontal | ± 25° | |

FRAMATECH - ANALYSE FONCTIONNELLE Harry RANAIVOARISONA

38

| ANALYSE FONCTIONNELLE - CDCF | | | | |
|------------------------------|------------------------|-----------------------|---|-------------|
| Fonction | Groupe de mots | Caractéristiques | Niveau | Flexibilité |
| Fc 2 | Résister | Dégradations | Aucune pendant la vie du produit | Aucune |
| | Air ambiant | Température | | 15 à 30°C |
| | | Hygrométrie | | 5 à 95% |
| | | Taille des poussières | 10 µm | ± 5 µm |
| | | Taux de poussières | 10 ⁶ poussières/m ³ | Maxi |
| | Pression atmosphérique | 1013 hPa | ± 40 hPa | |

FRAMATECH - ANALYSE FONCTIONNELLE Harry RANAIVOARISONA

39

| ANALYSE FONCTIONNELLE - CDCF | | | | |
|------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|-----------------------------|--|
| Fonction | Groupe de mots | Caractéristiques | Niveau | Flexibilité |
| Fc 3 | Esthétique | S'inspirer des stylos plume ou bille | | |
| | | Epaisseur du trait identifiable | 1 ^{er} coup d'oeil | |
| Fc 4 | S'adapter | Dégradation des accessoires de dessin | Aucune | Aucune |
| | | Suivi du contour de ces accessoires | | Totale |
| | Accessoires de dessin | Montage sur un compas | Rigide | |
| | | formes | | Règles Trace cercles Trace lettres Equerres Compas |

FRAMATECH - ANALYSE FONCTIONNELLE Harry RANAIVOARISONA

40

ANALYSE FONCTIONNELLE - CDCF

7- Elaborer des blocs diagrammes fonctionnels

Recherche des fonctions techniques, interne au produit,
qui permettent de répondre au besoin défini.

FRAMATECH - ANALYSE FONCTIONNELLE Harry RANAIVOARISONA

41

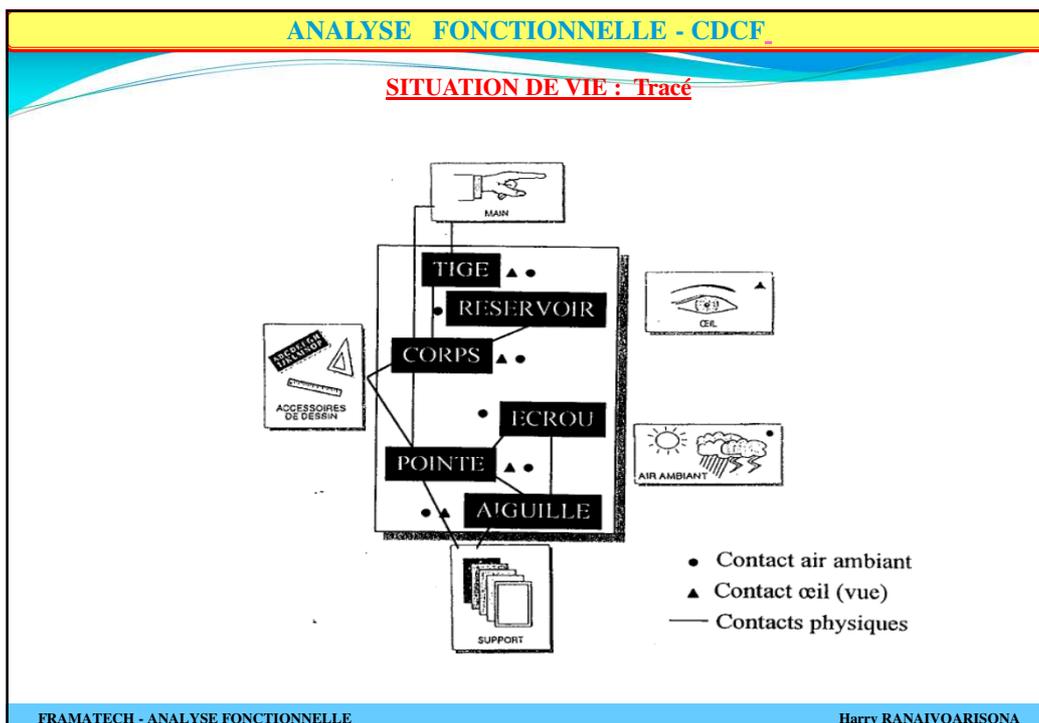
ANALYSE FONCTIONNELLE - CDCF

Identification des composants de l'appareil à dessiner

| COMPOSANTS / LIAISONS |
|-----------------------|
| T i g e |
| C o r p s |
| E c r o u |
| R é s e r v o i r |
| P o i n t e |
| A i g u i l l e |
| C a p u c h o n |

FRAMATECH - ANALYSE FONCTIONNELLE Harry RANAIVOARISONA

42



43

ANALYSE FONCTIONNELLE - CDCF

8- Faire apparaître les liens qui existent entre les composants ou pièces et les fonctions

On doit répondre à la question :

Quelles sont les composants qui interviennent dans la fonction FP 1.2.... ?

(pour toutes les fonctions, et les composants identifiés)

Cette étape sera utile pour déterminer les **causes de la non atteinte** des critères spécifiés

FRAMATECH - ANALYSE FONCTIONNELLE Harry RANAIVOARISONA

44

ANALYSE FONCTIONNELLE - CDCF

| FONCTIONS COMPOSANTS LIAISONS | Fp 1 | Fc 2 | Fc 3 | Fc 4 |
|-------------------------------------|------|------|------|------|
| Tige | X | X | X | |
| Corps | X | X | X | X |
| Erou | X | X | | |
| Réservoir | X | X | | |
| Pointe | X | X | X | X |
| Aiguille | X | X | X | |
| Capuchon | | | | |

FRAMATECH - ANALYSE FONCTIONNELLEHarry RANAIVOARISONA

45

ANALYSE FONCTIONNELLE - CDCF

Il faut construire un tableau croisé dans lequel seront reprises toutes les fonctions et tous les composants, à partir des blocs diagrammes fonctionnels

| Composants/Fonctions | FP 1.2 | FP 1.4 | FC 6 | |
|----------------------|--------|--------|------|-------|
| Composant 1 | X | X | | |
| Composant 2 | X | X | | |
| Composant 3 | | X | X | |
| | | | | |

Tableau croisé Composants/Fonctions

FRAMATECH - ANALYSE FONCTIONNELLEHarry RANAIVOARISONA

46

ANALYSE FONCTIONNELLE - CDCF

9- Matérialiser l'interdépendance fonctionnelle

Construction d'un tableau croisé dans lequel apparaîtront toutes les fonctions

Réponse à la question :

**Si la fonction FP 1.2 disparaît, qu'advient-il de la fonction FP 1.4, la conservons-nous ou pas ?
(pour toutes le fonctions identifiées, par paires)**

| Fonctions/Fonctions | FP 1.2 | FP 1.4 | FC 6 | |
|---------------------|--------|--------|------|-------|
| FP 1.2 | X | | | |
| FP 1.4 | X | X | | |
| FC 6 | | | X | |
| | | | | X |

Tableau croisé Fonctions/Fonctions

Ce travail sera utile pour rechercher les effets des modes de défaillances dans l'AMDEC produit.

FRAMATECH - ANALYSE FONCTIONNELLE Harry RANAIVOARISONA

47

ANALYSE FONCTIONNELLE - CDCF

METHODOLOGIE

1- Vérifier la validité du besoin

—

Besoin

2- Chercher les situations de vie du produit

—

Usage

3- Placer le produit dans son environnement

—

Environnants

4- Inventorier les relations du produit avec ses environnants

—

Environnants

5- Exprimer les fonctions

—

Fonctions

6- Evaluer les critères d'appréciation des fonctions

—

Fonctions

pour chaque situation de vie

↑

↓

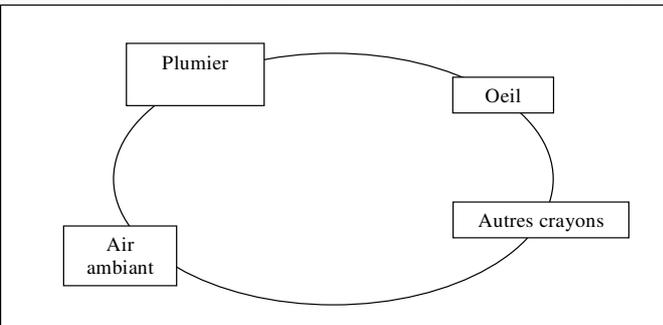
FRAMATECH - ANALYSE FONCTIONNELLE Harry RANAIVOARISONA

48

ANALYSE FONCTIONNELLE - CDCF

LES ENVIRONNANTS DANS UNE AUTRE SITUATION DE VIE

Situation de vie *"Rangement dans plumier"*



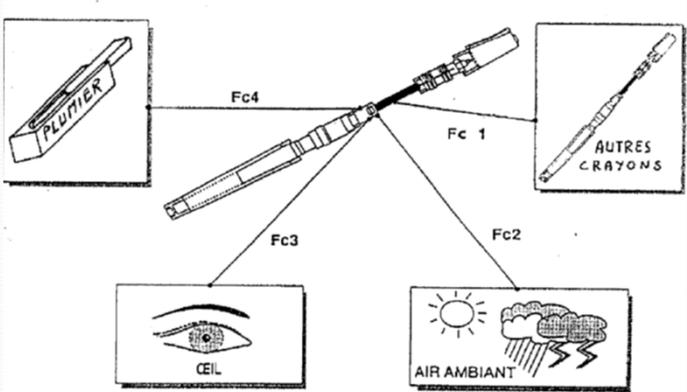
FRAMATECH - ANALYSE FONCTIONNELLE Harry RANAIVOARISONA

49

ANALYSE FONCTIONNELLE - CDCF

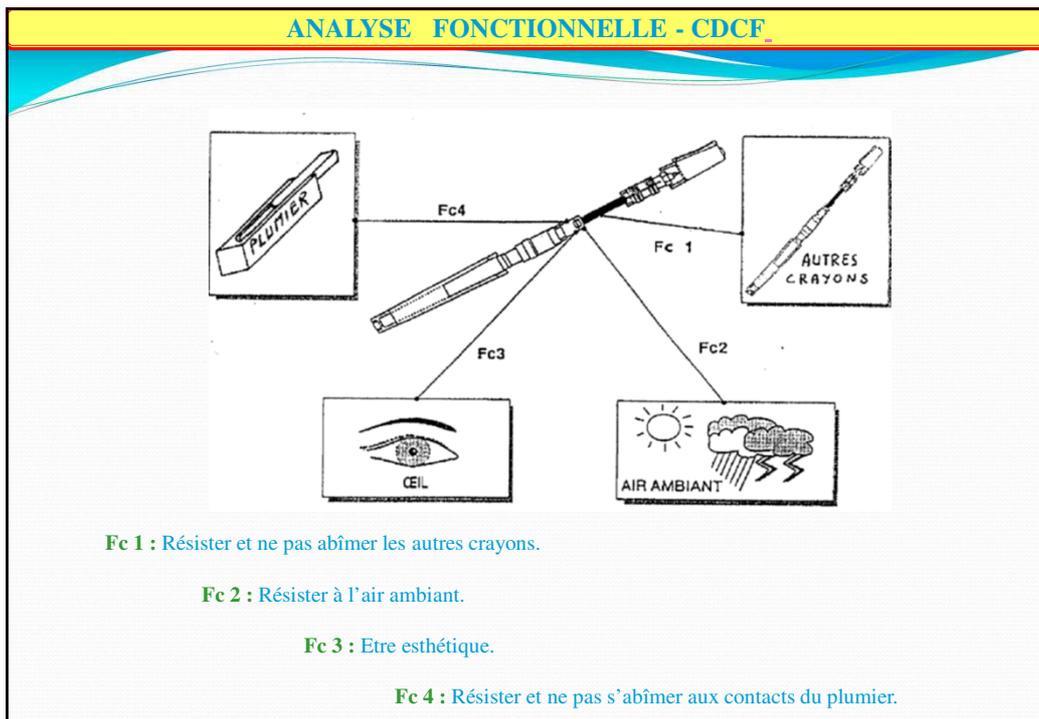
VISUALISATION DES FONCTIONS

Situation de vie *"Rangement dans plumier"*



FRAMATECH - ANALYSE FONCTIONNELLE Harry RANAIVOARISONA

50



51

R400 (puce de R400 découpée)

- ▶ **Système:** Boîtier avec antenne
- ▶ **Produit :** Puce de R400 découpée (capteur)
- ▶ **Fonctions principales :** "fournir à l'émetteur (ici jusqu'au wirebonding) des données sous forme de Fréq. qui permettent (après exploitation) de connaître la temp° et la pression à l'intérieur du pneu.
 - Fp1 : transformer la température en fréquence transmise aux fils
 - Fp2 : transformer la pression exercée par le capot en fréquence transmise aux fils.
- ▶ **Fonctions contraintes:**
 - Fc1 : Le signal doit pouvoir passer entre la puce et le wirebonding
 - Fc2 : La puce doit résister à la flexion imposée par l'ensemble embase/capot
 - Fc3 : La puce doit pouvoir mesurer la pression malgré la présence de colle
 - Fc4 : La puce doit résister à des temp° de -40°C à +125°C
 - Fc5 : La puce doit résister au gaz à l'intérieur de la cavité (nature du gaz à préciser)

FRAMATECH - ANALYSE FONCTIONNELLE Harry RANAIVOARISONA

52

► **Les situations de vie:**

- Approvisionnement des consommables et du wafer
- Fab. Salle blanche
- Transport Site 1 → Site2
- Fab. Découpe
- Transport
- Stockage avant assemblage
- Assemblage capteur (y compris pre-loading)
- Déverminage
- Soudure antenne
- Moulage du patch
- Calibrage du capteur
- collage / vulcanisation dans le pneu

FRAMATECH - ANALYSE FONCTIONNELLE Harry RANAIVOARISONA

53

► **Les situations de vie (suite):**

- Stockage
- Montage
- Utilisation (en roulement ou/et à l'arrêt)

► **Les environnants de la situation de vie **Utilisation****

```
graph TD; U[UTILISATION]; C[Capot avec ergot]; E[Embase avec parties saillantes]; Col[Colle]; W[Wirebonding]; T[Température]; G[Gaz à l'intérieur de la cavité]; U --- C; C --- E; E --- Col; Col --- W; W --- T; T --- G; G --- U;
```

FRAMATECH - ANALYSE FONCTIONNELLE Harry RANAIVOARISONA

54

CYCLE FABRICATIONS ELECTRONIQUES

**AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS
ELECTRONIQUES**



FRAMATECH

Journée 3

« AMDEC DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES »

Harry RANAIVOARISON

Le 20 septembre 2024

FRAMATECH S.A. au capital de 38112 Euros

Etudes & mises en œuvre de stratégies industrielles internationales Hautes Technologies

4 boulevard d'Arras - 13004 Marseille - France

Tél. +33 491 95 55 70 / Fax. +33 491 95 55 75 / Mail : contact@framatech.fr

Organisme de formation n° 93060115506 – Siret 344 351 879 00046 – NAF 742C – RC88B126

Web : www.framatech.fr

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES

SOMMAIRE

1^{ère} Partie : **Modélisation de la fiabilité des équipements électroniques**

- Introduction à la fiabilité
- Intérêts de l'évaluation de la fiabilité
- Expression analytique de la fiabilité
- Les taux de pannes
- Modèles mathématiques utilisés en fiabilité
- Application : calcul de MTBF et MTTF
- Fiabilité d'un système constitué des éléments en série
- Fiabilité d'un système constitué des éléments en parallèle
- La courbe en baignoire.

2^{ème} Partie : **Les types d'essai pratiqués en fiabilité**

3^{ème} Partie : **Détermination des taux de pannes des composants électroniques**

- Introduction
- Estimation de la MTBF réelle θ
- Les intervalles de confiance
- Exploitation des résultats d'essais accélérés
- Guide pour le choix des essais

4^{ème} Partie : **AMDEC des équipements électroniques**

- Présentation de l'AMDEC
- Dossier préalable à l'AMDEC Produit
- Le déroulement de l'AMDEC
- La méthodologie AMDEC
- Application
- Exemple d'application

1

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES **Harry RANAIVOARISONA**

4^{ème} Partie

AMDEC des équipements électroniques

2

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES **Harry RANAIVOARISONA**

4^{ème} Partie : AMDEC des Equipements Electroniques

Présentation de l'AMDEC

☞ L'Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité est une méthode d'analyse de la fiabilité qui permet de recenser les défaillances dont les conséquences affectent le fonctionnement du système.

- ☞ Elle permet de rechercher les modes de défaillance, leurs causes et les solution pour y remédier
- ☞ Elle doit débiter dès que les informations de conception préliminaire sont disponibles, pour les niveaux les plus élevés du système, et s'étendre aux niveaux plus bas quand plus d'informations apparaissent pour les articles
- ☞ Elle permettra, si l'analyse est menée au bon moment, au concepteur de tenir compte des difficultés de fabrication (pb de rejet, non maîtrise du coût de fabrication...)

3

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

3

4^{ème} Partie : AMDEC des Equipements Electroniques

Dossier préalable à l'AMDEC Produit

| | |
|--------------------|--------------------------------------|
| Impératif | Cahier des charges marketing |
| | Composition du groupe |
| | Décomposition fonctionnelle |
| | Cahier des charges technique |
| | Conditions d'utilisations prévues... |
| Souhaitable | Cahier des charges fonctionnel |
| | Liste des validations prévues... |
| Optionnel | Plans du produit |
| | Phase de réalisation du produit |
| | AMDEC précédente |
| | Historique qualité, information SAV |
| | ... |

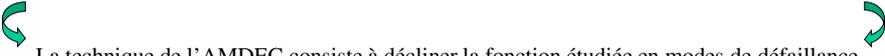
4

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

4

4^{ème} Partie : AMDEC des Equipements Electroniques

La démarche de l'AMDEC consiste à **réunir toutes les compétences** de l'entreprise autour d'une table **pour identifier toutes les fonctions** et **les défaillances potentielles** associées

 La technique de l'AMDEC consiste à décliner la fonction étudiée en modes de défaillance, de l'effet de cette défaillance, de rechercher les causes possibles et d'en étudier leurs **criticités**

5

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

5

4^{ème} Partie : AMDEC des Equipements Electroniques

L'AMDEC produit doit être précédée, au minimum de la **Décomposition Fonctionnelle** du produit, au mieux de l'élaboration du **Cahier des Charges Fonctionnel**.

Si on démarre l'AMDEC produit sans avoir réalisé la décomposition fonctionnelle, **on regarde ce qui pourrait aller mal** sur un produit en utilisation client, sans être demandé au préalable **à quoi servait ce produit !**

???????????
Comment imaginer de ne pas avoir défini à quoi sert le produit, avant de rechercher ce qui pourrait aller mal ?

d'où il faudra d'abord faire une analyse fonctionnelle du système avant de faire une AMDEC produit design!!!

6

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

6

Le déroulement de l'AMDEC

☞ l'AMDEC se décompose en 2 tâches principales:

- a) AMDE (Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets)
- b) AC (Analyse de Criticité)

7

7

a) AMDE (Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets)

1) Définir le système à analyser.

Cette définition inclut les fonctions internes et externes, les performances attendues à tous les niveaux de décomposition, les contraintes du système et les définitions des défaillances.

2) Construire les diagrammes des blocs fonctionnels pour illustrer les inter-dépendances entre les articles

3) Identifier tous les modes de défaillance potentiels et définir leurs effets sur le système et sur la mission

8

8

4^{ème} Partie : AMDEC des Equipements Electroniques

a) AMDE (Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets)

4) Evaluer les pires conséquences de chaque mode de défaillance et les classer dans une catégorie de gravité:

I : catastrophique II : critique III : marginale IV: mineur

5) Identifier des méthodes de détection de la défaillance et des actions compensatrices pour chaque mode de défaillance

6) Corriger la conception afin d 'éliminer la défaillance ou contrôler le risque

7) Identifier les effets des actions correctives sur d 'autres attributs du système comme les exigences pour le soutien logistique

8) Identifier les problèmes qui ne peuvent pas être corrigés à la conception et les contrôles nécessaires pour réduire le risque de défaillance

9

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

9

4^{ème} Partie : AMDEC des Equipements Electroniques

b) AC (Analyse de Criticité)

☞ Deux méthodes sont proposées pour évaluer la criticité : **Qualitative et Quantitative**

10

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

10

4^{ème} Partie : AMDEC des Equipements Electroniques

b) AC (Analyse de Criticité)

☒ **La méthode qualitative:** généralement utilisée en l'absence d'informations précises sur la fiabilité et le taux de panne.

- les modes de défaillances sont rangés en plusieurs classes selon leurs probabilités de réalisation
A- Forte B- Moyenne
C- Faible D- Très faible
- les modes de défaillance seront placés dans les cases de la matrice de criticité (faible.....fort).

Niveaux de criticité

Grille de criticité

11

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

11

4^{ème} Partie : AMDEC des Equipements Electroniques

b) AC (Analyse de Criticité)

☞ l'AC a pour but de classer chaque mode de défaillance identifié par l'AMDE suivant l'influence combiné de sa gravité et de sa probabilité d'apparition.

Pour estimer ou évaluer la criticité

on peut se servir d'une grille de criticité

où on représente les niveaux de criticité en ordonnées et la probabilité de défaillance ou les fréquences en abscisses

12

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

12

4^{ème} Partie : AMDEC des Equipements Electroniques

b) AC (Analyse de Criticité)

| | | | | |
|----------------------|-----------------------------------|--------|---------|-------|
| Fort IV | | | | |
| III | | | | |
| II | | | | |
| I Faible | | | | |
| Niveaux de criticité | Très faible | Faible | Moyenne | Forte |
| | Probabilité de défaillance | | | |

Evaluation de la criticité

Grille de criticité

Après avoir classé les modes de défaillance par niveau de criticité et leur avoir affecté une probabilité, on les reporte dans la case correspondante de la grille.

➡ Plus une case est éloignée de l'origine, le long de la diagonale, plus la criticité est grande et plus il est urgent de prendre des mesures correctives

13

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

13

4^{ème} Partie : AMDEC des Equipements Electroniques

b) AC (Analyse de Criticité)

⊗ La méthode quantitative: dans une AMDEC PRODUIT

↓

on calcule indice de criticité "C" ou indice de priorité de risque "IPR"

C'est le produit des trois critères Occurrence, Gravité et Validation

$C = IPR = O \times G \times V$

Les valeurs d'IPR les plus élevées seront à traiter en priorité.

Le groupe AMDEC se fixe une note limite appelée SEUIL DE CRITICITE au-dessus de laquelle toute note est considérée comme critique et une action préventive/corrective est indispensable.

↓

Certains clients préconisent des valeurs d'IPR au-dessus desquelles un action corrective est indispensable, 125 pour les uns, 100 pour d'autres, 90 quelques fois...

14

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

14

4^{ème} Partie : AMDEC des Equipements Electroniques

b) AC (Analyse de Criticité)

⊗ La méthode quantitative: dans une AMDEC des équipements électroniques

↓

- On calcule pour chaque équipement/composant un nombre de criticité par mode de défaillance /effet:

$$C_m = \lambda * \alpha * \beta * t$$

où λ est le taux de défaillance
 α est le coefficient de répartition de mode de défaillance
 β est la probabilité conditionnelle de perte de la mission
 t est le temps d'utilisation

- On calcule le nombre de pannes, dans un mode de défaillance donné avec un effet donné pour un équipement/composant

$$\sum C_{ri} = \sum \lambda * \alpha_i * \beta_i * t = N_c \quad \text{avec } i \text{ allant de } 1 \text{ à } n$$

(N_c : nombre de pannes cumulées pendant $[0,t]$)
 (n est le nombre de modes de défaillance spécifiques de l'équipement/composant)

15

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

15

4^{ème} Partie : AMDEC des Equipements Electroniques

b) AC (Analyse de Criticité)

Calcul de criticité

***La notion de probabilité d'effet :**

⇒ on sait qu'un équipement peut tomber en panne suivant plusieurs modes et que chaque mode peut avoir plusieurs effets différents

exemple: Condensateur céramique

α : est la répartition du taux de défaillance de l'article dans ces différents modes de défaillance.
 β : est la répartition du mode de défaillance de l'article à ses différents effets locaux
 Le produit $\alpha \beta$: est la probabilité qu'un mode de défaillance ait un effet donné

| Mode de défaillance | α | Effet de la défaillance | β |
|------------------------|----------|-----------------------------------|------------|
| -court-circuit | 0,49 | →panne carte →combustion carte | 0,9 0,1 |
| - changement de valeur | 0,29 | →sans | 1 |
| - circuit ouvert | 0,22 | →sans →parasitage | 0,9 0,1 |

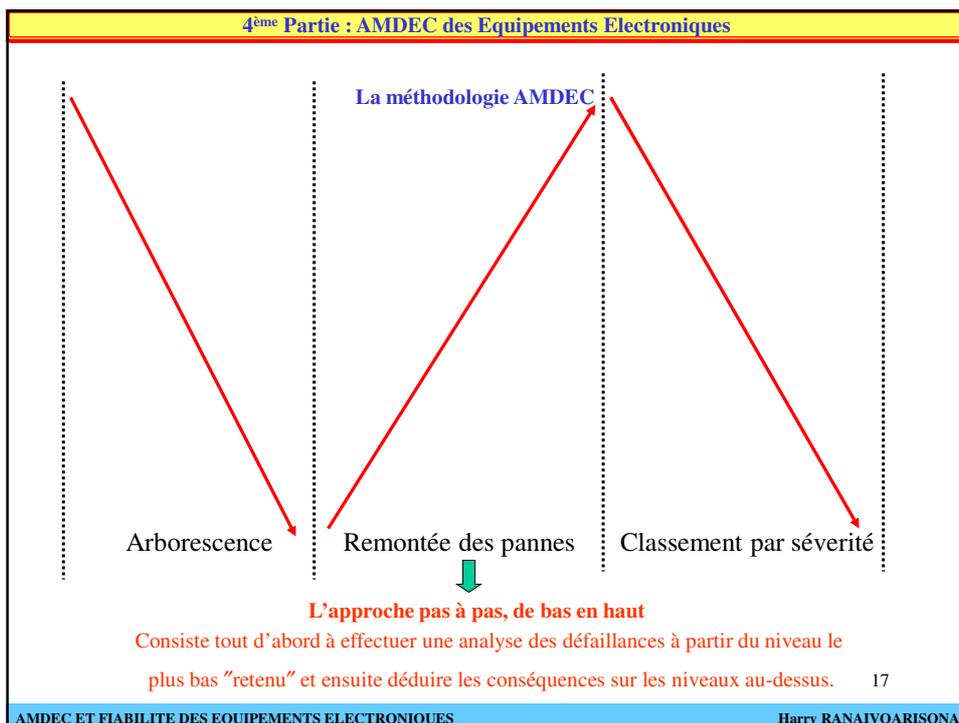
Interprétation: si on prend le cas du mode de défaillance "court-circuit"

⇒ dans 90% des cas la carte est en panne
 ⇒ dans 10% des cas il y a combustion et risque d'incendie

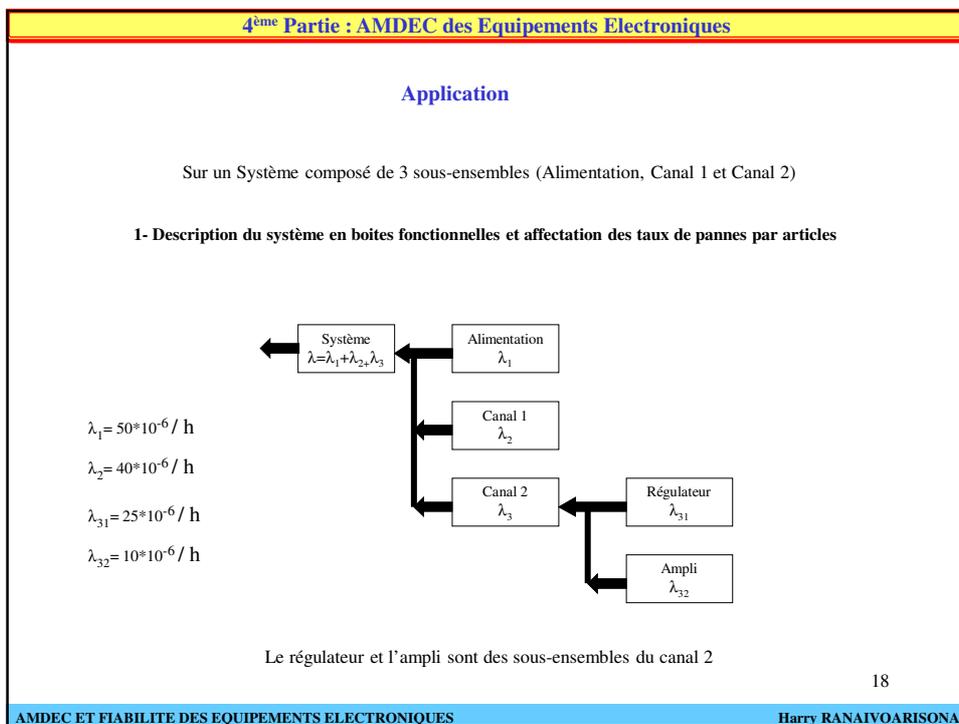
16

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

16



17



18

4^{ème} Partie : AMDEC des Equipements Electroniques

On part sur les petits niveaux (par exemple composant) et on regarde les effets locaux sur les niveaux juste au dessus... on regarde les effets de ces effets... etc jusqu'à arriver au niveau système

↓

1) de bas en haut : Exemple d'une résistance R0212 en cours circuit
 ==> effet local : la fonction sortie de la carte intreface reste bloquée à 0
 ==> effet du dessus : le rack calcul reçoit une information nulle
 ==>
 ==> effet système l'écran de visualisation n'affiche rien

Une fois au niveau système on classe les effets systèmes dans les classes de sévérité qui vont bien et ce n'est qu'ensuite qu'on peut redescendre ses sévérité jusqu'en bas !

↓

2) classification en sévérité :
 parmi la liste des effets systèmes possibles, l'effet : "l'écran de visualisation n'affiche rien" est classé en **sévérité II**

3) de haut en bas : On redescend cette **sévérité II** sur tous les modes de pannes élémentaires qui ont conduit à l'effet en question...

19

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES **Harry RANAIVOARISONA**

19

4^{ème} Partie : AMDEC des Equipements Electroniques

Sur un Système composé de 3 sous-ensembles (Alimentation, Canal 1 et Canal 2)

2- Détermination des modes de défaillance et de leurs effets locaux aux derniers niveaux

| Article | λ | Durée t | Modes de défaillance | α | Effets locaux | β |
|---------|-------------------|---------------------|----------------------|--------------------|----------------|--------------------|
| Ampli | $10 \lambda_{32}$ | 100 t ₃₂ | dérive | 0,6 α_{321} | Signal erroné | 1 β_{3211} |
| | | | Circuit ouvert | 0,2 α_{322} | Perte de canal | 1 β_{3221} |
| | | | Court-circuit | 0,2 α_{323} | Perte de canal | 0,8 β_{3231} |
| | | | | | Entrée en CC | 0,2 β_{3232} |

- le coefficient α est la répartition du taux de défaillance de l'article dans ses différents modes de défaillance.
- le coefficient β est la répartition du mode de défaillance de l'article à ses différents effets locaux.

20

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES **Harry RANAIVOARISONA**

20

4^{ème} Partie : AMDEC des Equipements Electroniques

3- Remontée de pannes par fusions des effets locaux identiques des fils en modes de défaillance des pères

| Article | λ | Durée t | Modes de défaillance | α | Effets locaux | β |
|------------|----------------------|-----------------|----------------------|-----------------------|----------------|-----------------------|
| Ampli | 10 λ_{32} | 100 t_{32} | Dérive du gain | 0,6 α_{321} | Signal erroné | 1 β_{3211} |
| | | | Circuit ouvert | 0,2 α_{322} | Perte de canal | 1 β_{3221} |
| | | | Court-circuit | 0,2 α_{323} | Perte de canal | 0,8 β_{3231} |
| | | | | | Entrée en CC | 0,2 β_{3232} |
| Régulateur | 25 λ_{31} | 100 t_{31} | Dérive de la tension | 0,4 α_{311} | Signal erroné | 1 β_{3111} |
| | | | Circuit ouvert | 0,3 α_{312} | Perte de canal | 1 β_{3121} |
| | | | Court-circuit | 0,3 α_{313} | Entée en CC | 1 β_{3131} |
| | | | | | | |

a) Calcul des nombres moyens de panne par mode

$$N_p = \sum \alpha * \beta * \lambda * t$$

$N_{p3211} = 0,6 * 1 * 10 * 100 = 600$
 $N_{p3221} = 0,2 * 1 * 10 * 100 = 200$
 $N_{p3231} = 0,2 * 0,8 * 10 * 100 = 160$
 $N_{p3232} = 0,2 * 0,2 * 10 * 100 = 40$
 $N_{p3111} = 0,4 * 1 * 25 * 100 = 1000$
 $N_{p3121} = 0,3 * 1 * 25 * 100 = 750$
 $N_{p3131} = 0,3 * 1 * 25 * 100 = 750$

b) Remontée des effets locaux des fils (Amplificateur et régulateur) aux modes de défaillance du père (canal 2) par fusion des effets identiques, soit :

Signal erroné : $N_{p31} = N_{p3211} + N_{p3111} = 1600$
Perte canal : $N_{p32} = N_{p3221} + N_{p3231} + N_{p3121} = 1110$
Entrée en CC : $N_{p33} = N_{p3232} + N_{p3131} = 790$
21

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES **Harry RANAIVOARISONA**

21

4^{ème} Partie : AMDEC des Equipements Electroniques

3- Remontée de pannes par fusions des effets locaux identiques des fils en modes de défaillance des pères

| Article | λ | Durée t | Modes de défaillance | α | Effets locaux | β |
|------------|----------------------|-----------------|----------------------|-----------------------|----------------|-----------------------|
| Ampli | 10 λ_{32} | 100 t_{32} | Dérive du gain | 0,6 α_{321} | Signal erroné | 1 β_{3211} |
| | | | Circuit ouvert | 0,2 α_{322} | Perte de canal | 1 β_{3221} |
| | | | Court-circuit | 0,2 α_{323} | Perte de canal | 0,8 β_{3231} |
| | | | | | Entrée en CC | 0,2 β_{3232} |
| Régulateur | 25 λ_{31} | 100 t_{31} | Dérive de la tension | 0,4 α_{311} | Signal erroné | 1 β_{3111} |
| | | | Circuit ouvert | 0,3 α_{312} | Perte de canal | 1 β_{3121} |
| | | | Court-circuit | 0,3 α_{313} | Entée en CC | 1 β_{3131} |
| | | | | | | |

b) Remontée des effets locaux des fils (Amplificateur et régulateur) aux modes de défaillance du père (canal 2) par fusion des effets identiques, soit :

Signal erroné : $N_{p31} = N_{p3211} + N_{p3111} = 1600$
Perte canal : $N_{p32} = N_{p3221} + N_{p3231} + N_{p3121} = 1110$
Entrée en CC : $N_{p33} = N_{p3232} + N_{p3131} = 790$

c) Déduction de la répartition des modes de défaillance du père (en prenant $t=100$)

$$N_p = \sum \alpha * \beta * \lambda * t$$

Signal erroné : $\alpha_{31} = N_{p31} / (\lambda_{31} * t) = 1600 / 3500 = 0,457$
Perte canal : $\alpha_{32} = N_{p32} / (\lambda_{32} * t) = 1110 / 3500 = 0,317$
Entrée en CC : $\alpha_{33} = N_{p33} / (\lambda_{33} * t) = 790 / 3500 = 0,226$

22

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES **Harry RANAIVOARISONA**

22

4^{ème} Partie : AMDEC des Equipements Electroniques

4- Détermination des effets locaux des pères, remontée de proche en proche jusqu'au premier niveau

| Article | λ | Durée t | Modes de défaillance | α | Effets locaux | β |
|------------|----------------------|-----------------|----------------------|------------------------|------------------|-----------------------|
| Ampli | 10 λ_{32} | 100 t_{32} | Dérive du gain | 0,6 α_{521} | Signal erroné | 1 β_{5211} |
| | | | Circuit ouvert | 0,2 α_{322} | Perte de canal | 1 β_{3221} |
| | | | Court-circuit | 0,2 α_{323} | Perte de canal | 0,8 β_{3231} |
| | | | | | Entrée en CC | 0,2 β_{3232} |
| Régulateur | 25 λ_{31} | 100 t_{31} | Dérive de la tension | 0,4 α_{311} | Signal erroné | 1 β_{3111} |
| | | | Circuit ouvert | 0,3 α_{312} | Perte de canal | 1 β_{3121} |
| | | | Court-circuit | 0,3 α_{313} | Entée en CC | 1 β_{3131} |
| Canal 2 | 35 λ_3 | 100 t_3 | Signal erroné | 0,457 α_{31} | Perte d'un canal | 1 β_{311} |
| | | | Perte canal | 0,317 α_{32} | Perte d'un canal | 1 β_{321} |
| | | | Entrée en CC | 0,226 α_{33} | Perte du système | 1 β_{331} |

23

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES **Harry RANAIVOARISONA**

23

4^{ème} Partie : AMDEC des Equipements Electroniques

4- Détermination des effets locaux des pères, remontée de proche en proche jusqu'au premier niveau

| Article | λ | Durée t | Modes de défaillance | α | Effets locaux | β |
|--------------|-------------------|--------------|----------------------|----------------------|------------------|----------------------|
| Canal 1 | 40 λ_2 | 100 t_2 | Signal erroné | 0,5 α_{31} | Perte d'un canal | 1 β_{211} |
| | | | Perte canal | 0,3 α_{22} | Perte d'un canal | 1 β_{221} |
| | | | Entrée en CC | 0,2 α_{23} | Perte du système | 1 β_{231} |
| Alimentation | 50 λ_1 | 100 t_1 | Dérive tension | 0,4 α_{11} | Pas d'effets | 0,9 β_{111} |
| | | | | | Perte du système | 0,1 β_{112} |
| | | | Circuit ouvert | 0,3 α_{12} | Perte du système | 1 β_{121} |
| | | | Circuit fermé | 0,3 α_{13} | Perte du système | 1 β_{131} |

24

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES **Harry RANAIVOARISONA**

24

4^{ème} Partie : AMDEC des Equipements Electroniques

5-Répartition des modes au premier niveau et regroupement des effets systèmes =>classes de sévérité

a) Calcul des nombres moyens de panne par mode

$$Np_{p_i} = \sum \alpha_i * \beta_i * \lambda_i * t$$

$Np_{311}=0,457*1*35*100=1599,5$ $Np_{321}=0,317*1*35*100=1109,5$
 $Np_{331}=0,226*1*35*100=791$ $Np_{211}=0,5*1*40*100=2000$
 $Np_{221}=0,3*1*40*100=1200$ $Np_{231}=0,2*1*40*100=800$
 $Np_{111}=0,4*0,9*50*100=1800$ $Np_{112}=0,4*0,1*50*100=200$
 $Np_{121}=0,3*1*50*100=1500$ $Np_{131}=0,3*1*50*100=1500$

b) Remontée des effets locaux des fils (Canal 2, Canal 1 et Alim) aux modes de défaillance du père (système) par fusion des effets identiques, soit :

Pas d'effet : $Np1 = Np111 = 1800$
 Perte d'un canal : $Np2 = Np311+Np321+Np211+Np221 = 5909$
 Perte du système : $Np3=Np331+Np231+Np112+ Np121+ Np131= 4791$

c) Puis déduction de la répartition des modes de défaillance du père (en prenant t=100)

Pas d'effet : $\alpha1=Np1/(\lambda*t)= 1800/12500 = 0,144$
 Perte d'un canal : $\alpha2=Np2/(\lambda*t)= 5909/12500 = 0,473$
 Perte du système $\alpha3=Np3/(\lambda*t)= 4791/12500 = 0,383$

25

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES **Harry RANAIVOARISONA**

25

4^{ème} Partie : AMDEC des Equipements Electroniques

d) Enfin, classement des effets systèmes en sévérité :

si par exemple, 4 classes : 1 = catastrophique
 2 = critique
 3 = marginale
 4 = mineure

Nombre de pannes par Mode de défaillance du père (système)

Pas d'effet : $Np1 = Np111 = 1800 * 10^{-6}$
 Perte d'un canal : $Np2 = Np311+Np321+Np211+Np221 = 5909 * 10^{-6}$
 Perte du système : $Np3=Np331+Np231+Np112+ Np121+ Np131= 4791$

Répartition des modes de défaillance du père

Pas d'effet : $\alpha1=Np1/(\lambda*t)= 1800/12500 = 0,144$
 Perte d'un canal : $\alpha2=Np2/(\lambda*t)= 5909/12500 = 0,473$
 Perte du système $\alpha3=Np3/(\lambda*t)= 4791/12500 = 0,383$

| Nb moyen de pannes par sévérité par article : Cr | | | | | | | | Nb moyen de pannes par sévérité par mode : Cm | | | | |
|--|------|---|------|---------|--------|-----|------------------|---|------|------|------|---|
| 4 | 3 | 2 | 1 | Article | lambda | t | Mode de défaut | α | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 1800 | 5909 | | 4791 | Système | 125 | 100 | Pas d'effet | 0,144 α_1 | 1800 | | | |
| | | | | | | | Perte d'un canal | 0,473 α_2 | | 5909 | | |
| | | | | | | | Perte du système | 0,383 α_3 | | | 4791 | |
| | | | | | | | | | | 26 | | |

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES **Harry RANAIVOARISONA**

26

4^{ème} Partie : AMDEC des Equipements Electroniques

6-Descente des classes de sévérité et calcul du nombre moyen de pannes par sévérité

a) aux fils du système

| Nb moyen de pannes par sévérité par article : Cr | | | | Article | lambda | t | Mode de défaut | α | Nb moyen de pannes par sévérité par mode : Cm | | | |
|--|------|---|------|---------|-------------------|--------------|----------------|------------------------|---|----------------------|---|--------------------|
| 4 | 3 | 2 | 1 | | | | | | 4 | 3 | 2 | 1 |
| | 2709 | | 791 | Canal 2 | 35 λ_1 | 100 t_1 | Signal erroné | 0,457 α_{11} | | 1599,5 NP_{111} | | |
| | | | | | | | Perte canal | 0,317 α_{12} | | 1109,5 NP_{121} | | |
| | | | | | | | Entrée en CC | 0,226 α_{13} | | | | 791 NP_{131} |
| | 3200 | | 800 | Canal 1 | 40 λ_2 | 100 t_2 | Signal erroné | 0,5 α_{21} | | 2000 NP_{211} | | |
| | | | | | | | Perte canal | 0,3 α_{22} | | 1200 NP_{221} | | |
| | | | | | | | Entrée en CC | 0,2 α_{23} | | | | 800 NP_{231} |
| 1800 | | | 3200 | Alim | 50 λ_3 | 100 t_3 | Dérive tension | 0,4 α_{31} | 1800 NP_{311} | | | 200 NP_{312} |
| | | | | | | | Circuit ouvert | 0,3 α_{32} | | | | 1500 NP_{321} |
| | | | | | | | Court-circuit | 0,3 α_{33} | | | | 1500 NP_{331} |

27

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES **Harry RANAIVOARISONA**

27

4^{ème} Partie : AMDEC des Equipements Electroniques

6-Descente des classes de sévérité et calcul du nombre moyen de pannes par sévérité

b) aux fils de canal 2

| Nb moyen de pannes par sévérité par article : Cr | | | | Article | lambda | t | Mode de défaut | α | Nb moyen de pannes par sévérité par mode : Cm | | | |
|--|------|---|-----|---------|----------------------|-----------------|----------------|-----------------------|---|---------------------|---|--------------------|
| 4 | 3 | 2 | 1 | | | | | | 4 | 3 | 2 | 1 |
| | 960 | | 40 | Ampli | 10 λ_{32} | 100 t_{32} | Dérive gain | 0,6 α_{321} | | 600 NP_{3211} | | |
| | | | | | | | Circuit ouvert | 0,2 α_{322} | | 200 NP_{3221} | | |
| | | | | | | | Court-circuit | 0,2 α_{323} | | 160 NP_{3231} | | 40 NP_{3232} |
| | 1750 | | 750 | Régult. | 25 λ_{31} | 100 t_{31} | Dérive tension | 0,4 α_{311} | | 1000 NP_{3111} | | |
| | | | | | | | Circuit ouvert | 0,3 α_{312} | | 750 NP_{3121} | | |
| | | | | | | | Court-circuit | 0,3 α_{313} | | | | 750 NP_{3131} |

28

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES **Harry RANAIVOARISONA**

28

4^{ème} Partie : AMDEC des Equipements Electroniques

Exemple d'application

29

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

29

4^{ème} Partie : AMDEC des Equipements Electroniques

Exemple d'application



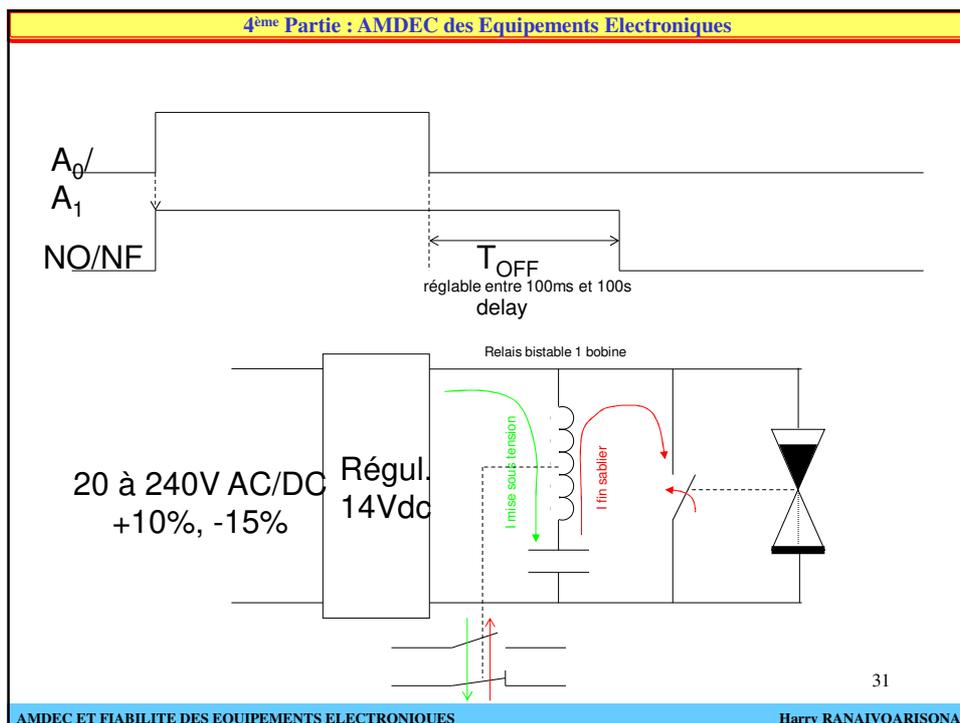
TIMER OFF: accessoire frontal monté sur contacteur

ETAT ECLATE (Etatement Par Defaut)

30

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

30



31

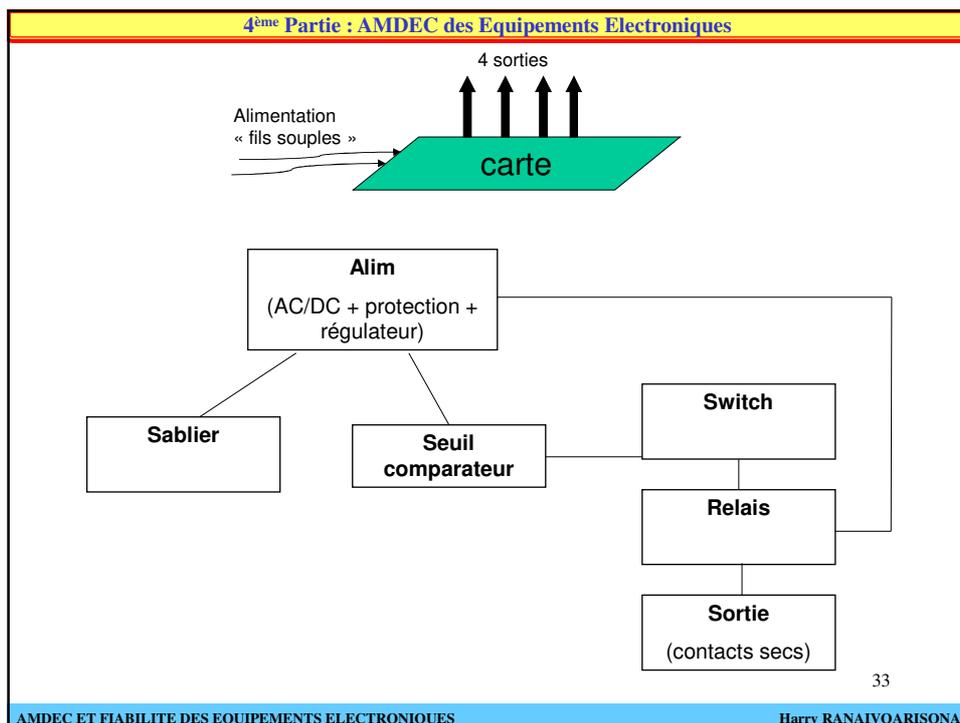
4^{ème} Partie : AMDEC des Equipements Electroniques

| | | |
|--------------------|------------|--|
| R1 | 1.8k | 1% 125mW 100V 100ppm 0805 métal couche épaisse |
| R2 | 470 | 5% 1W 200V 200ppm 1812 |
| R16 | 470k | 1% 125mW 100V 100ppm 0805 métal couche épaisse |
| R8 | 20k | 1% 125mW 100V 100ppm 0805 métal couche épaisse |
| R9 | 10k | 1% 125mW 100V 100ppm 0805 métal couche épaisse |
| R13, 14 | 6.8k | 1% 125mW 100V 100ppm 0805 métal couche épaisse |
| R11 | 1k | 1% 250mW 100V 100ppm 1206 métal couche épaisse |
| R15 | 5M | 10% monotour |
| C12 | 1n | 10% X7R 50V 0805 |
| C13 | 3.3μ | 20% Tantal 20V boîtier A |
| C14 | 22μ | 20% Tantal 25V très faible courant de fuite |
| C15 | 10μ | 20% Tantal 20V boîtier B |
| C16 | 22μ | 10% Tantal 25V boîtier C |
| C17 | 2.2μ | 10% Tantal 25V boîtier A |
| C9 | 220n | 10% X7R 50V 0805 |
| D1 | MB6S | 600V inverse |
| D13 | BZX84C15 | |
| D10,11,12,14,15,16 | BAV199 | Très faible courant inverse |
| Q1 | FMMT458 | NPN haute tension |
| Q2 | BC817 | NPN |
| M1 | LND250 | Canal N à appauvrissement |
| SIOV1 | S07K275 | |
| Rel1 | DE1a1bL12V | Bistable NO/NF 12V |
| PUT | 2N6028 | Transistor unijonction programmable |

32

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

32



33



34

3- Rechercher les environnements avec lesquels le produit sera en interaction dans la situation de vie Utilisation

Industriel et ferroviaire
 Protégé pollution extérieure
 •Fils alimentation
 •Température constante de +10°C à +50°C (faible variation)
 •Humidité faible (sec)
 •CEM élevée (Contrainte électromagnétique)
 •Contacteur
 •VRT
 •Vibration importante
 •Connectique sortie (4 sorties)

4- Rechercher les fonctions représentées par les relations identifiées ci-dessus

- FP1: Commutation 2 contacts secs (NO/NF) en mode 1 (sans retard à la fermeture du contacteur)
- FP2 : Commutation 2 contacts secs (NO/NF) en mode 2 (retardé à l'ouverture du contacteur selon le réglage programmé avec alim. Absente)
- FC1: La carte doit permettre un réglage de temporisation de 100ms à 100s
- FC2: La carte doit accepter une alim. Entre 17V et 264 V AC et DC
- FC3: Endurance mécanique et électrique des contacts secs
- FC4 : VRT
- FC5: Climatique
- FC6 : CEM
- FC7 : Vibration
- FC8 : Normes + réglementation (sécurité contact)
- FC9: Contacts liés mécaniquement (si 1 contact défaillant, le 2ème ne doit pas fonctionner)

35

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

35

4^{ème} Partie : AMDEC des Equipements Electroniques

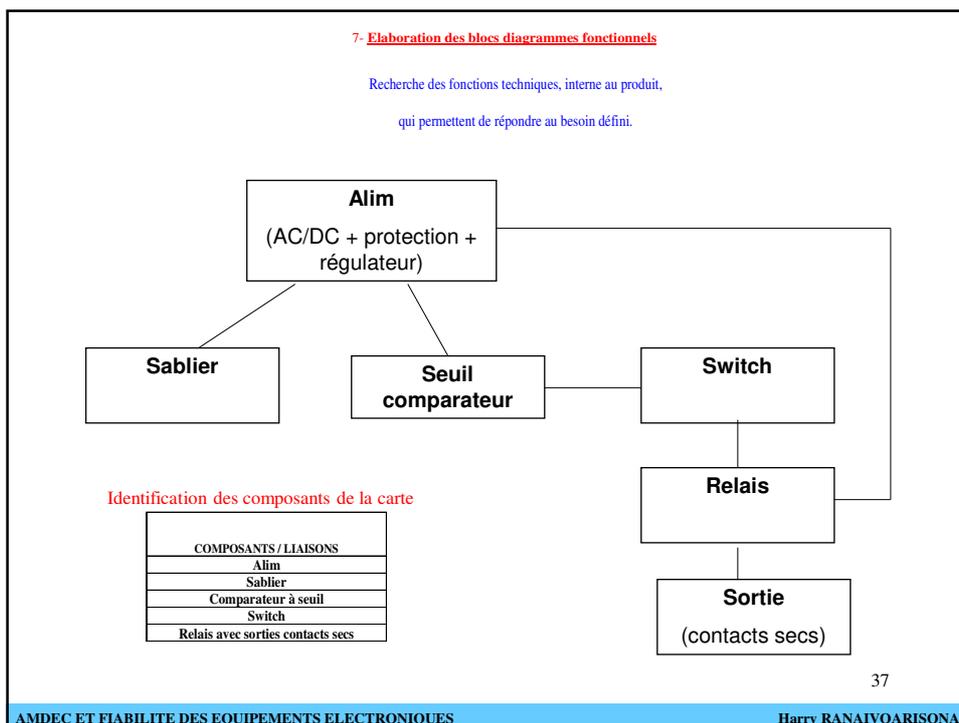
5- Caractérisation et hiérarchisation des fonctions

| Désignations des fonctions | K | Critères | Niveaux | Flexibilité | F | Taux d'échange |
|----------------------------|---|--|----------------|---|-----|----------------|
| FP1 | 5 | Retard | 0 ms | +20 ms | OUI | |
| FP2 | 5 | Retard | 100 ms à 100s | 100 ms (+20% et -0%) 100 s (-20% et +0%) | | |
| FC1 | 5 | *Précision *répétabilité *stabilité en température | 0% 0% 0% | +/- 10% 2% 10% | | |
| FC2 | 3 | | | | | |
| FC5 | 4 | | | | | |
| FC6 | 2 | | | | | |
| FC7 | 3 | | | | | |

36

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

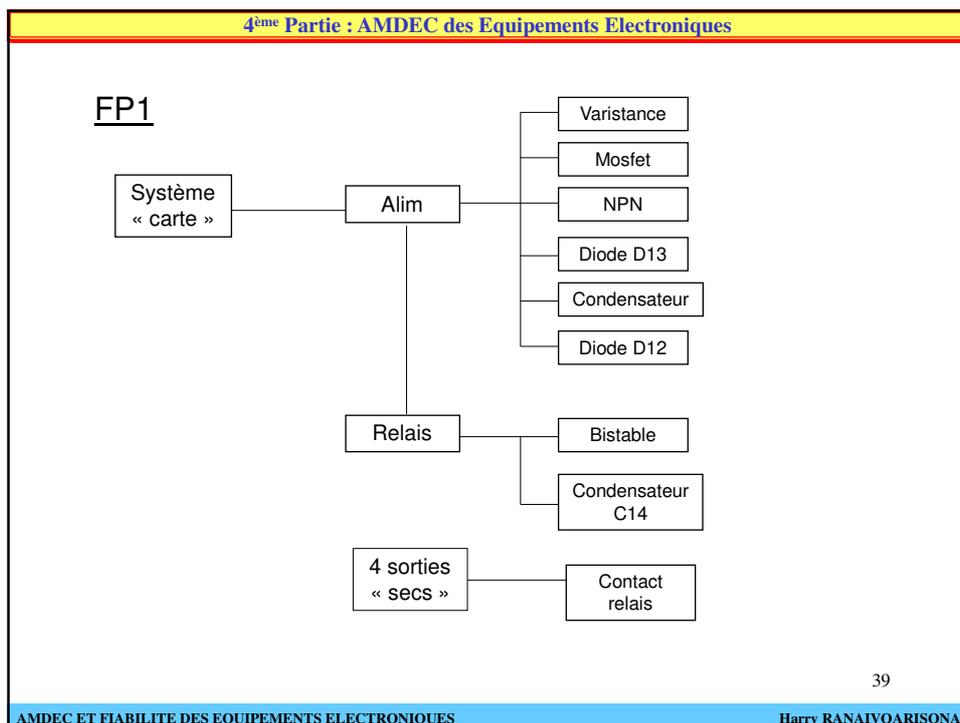
36



37



38



39

4^{ème} Partie : AMDEC des Equipements Electroniques

| | |
|---|--|
| <p><u>C.I.</u> : λ_{CI}</p> <p><u>Alim</u> :</p> <p>SI0v1 : varistance D1 Pont de diode MB6S M1 : Mosfet canal N cc 0,6 low 0,2 variable 0,2 Q1 : NPN haute tension D13 : Bz*84 c15 C12: R1 : 1,8 kΩ R2 : 470 Ω C13 : 3,3 μF 20V tantalate cc 0,5 D12 : BAV 199</p> <p><u>Sablir</u> :</p> <p>Commutateur : TTI C16 : 22 μF 25V tantal R16 : 470 kΩ 0805 125mW R15 : potar 5 M Ω D11 à D16 : BAV 199 R11 : 1 k Ω 1206</p> | <p><u>Comparteur à seuil</u> :</p> <p>R13 : R14 : D10 C15 : 10 μF 20V Tantal POT : 2N6028</p> <p><u>Switch</u> :</p> <p>R9 : R8 : Q2 : BC817</p> <p><u>Relais</u> :</p> <p>REL 1 : Bistable C14 : 22 μF 25V tantal Q2 : BC817</p> <p><u>Sortie</u>:</p> <p>Contact : REL 2</p> |
|---|--|

40

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES Harry RANAIVOARISONA

40

| REMONTÉE DES PANNES | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----------------------------|--------------------------|--|-----------------------------|--|----------------------|--------------------------|--|--------------------------------|-----------|---|-----|
| Fonction | Désignation de l'équipement | Désignation de l'article | Mode de défaillance | Classe de sévérité par mode | Repartition du mode de défaillance (α) | Cause de défaillance | Effet local | Repartition du mode de défaillance sur les effets locaux (β) | Taux de défaillance (λ) en FIT | Durée (t) | Nombre de pannes par sévérité par mode (Cm) | |
| FP1 | Alimentation | SIOV1 | protection non fonctionnelle lors de surtensions | | 1 | | perte de l'alim | 1 | 0.02 | 100 | 2 | |
| | | D1 | court-circuit (CC) | | 0.51 | | perte de l'alim | 1 | 2 | 100 | 102 | |
| | | | composant ouvert (CO) | | 0.29 | | perte de l'alim | 1 | | | 58 | |
| | | | dérives paramètres | | 0.2 | | pas d'effet | 1 | | | 40 | |
| | | M1 | court-circuit (CC) | | 0.51 | | perte de l'alim | 1 | 0.1 | 100 | 5.1 | |
| | | | dérives paramètres | | 0.44 | | pas d'effet | 1 | | | 4.4 | |
| | | | composant ouvert (CO) | | 0.05 | | perte de l'alim | 1 | | | 0.5 | |
| | | R1 | court-circuit (CC) | | 0.05 | | perte de l'alim | 1 | 0.02 | 100 | 0.1 | |
| | | | composant ouvert (CO) | | 0.84 | | perte de l'alim | 1 | | | 1.68 | |
| | | | dérives paramètres | | 0.11 | | pas d'effet | 1 | | | 0.22 | |
| | | R2 | court-circuit (CC) | | 0.05 | | échauffement excessif Q1 | 1 | 0.02 | 100 | 0.1 | |
| | | | composant ouvert (CO) | | 0.84 | | perte de l'alim | 1 | | | 1.68 | |
| | | | dérives paramètres | | 0.11 | | pas d'effet | 1 | | | 0.22 | |
| | | C12 | court-circuit (CC) | | 0.49 | | perte de l'alim | 1 | 0.1 | 100 | 4.9 | |
| | | | composant ouvert (CO) | | 0.22 | | pas d'effet | 1 | | | 2.2 | |
| | | | dérives paramètres | | 0.29 | | pas d'effet | 1 | | | 2.9 | |
| | | C13 | court-circuit (CC) | | 0.5 | | perte de l'alim | 1 | 51 | 100 | 2550 | |
| | | | composant ouvert (CO) | | 0.3 | | pas d'effet | 1 | | | 1530 | |
| | | | variation de capacité (VC) | | 0.1 | | pas d'effet | 1 | | | 510 | |
| | | | augmentation du courant de fuite (CF) | | 0.1 | | pas d'effet | 1 | | | 41 | |
| | | | | | | | | | | | | 510 |

41

| REMONTÉE DES PANNES | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|--|----------------------|---|--|--------------------------------|-----------|---|
| Fonction | Désignation de l'équipement | Désignation de l'article | Mode de défaillance | Classe de sévérité par mode | Repartition du mode de défaillance (α) | Cause de défaillance | Effet local | Repartition du mode de défaillance sur les effets locaux (β) | Taux de défaillance (λ) en FIT | Durée (t) | Nombre de pannes par sévérité par mode (Cm) |
| FP1 | Relais | D13 | court-circuit (CC) | | 0.13 | | perte de l'alim | 1 | 2 | 100 | 26 |
| | | | composant ouvert (CO) | | 0.18 | | perte de l'alim | 1 | | | 36 |
| | | | dérives paramètres | | 0.69 | | pas d'effet | 1 | | | 138 |
| | | Q1 | court-circuit (CC) | | 0.73 | | perte de l'alim | 1 | 2 | 100 | 146 |
| | | | composant ouvert (CO) | | 0.27 | | perte de l'alim | 1 | | | 54 |
| | | | | | | | | | | | |
| | | D12 | court-circuit (CC) | | 0.13 | | perte sortie | 1 | 2 | 100 | 26 |
| | | | composant ouvert (CO) | | 0.18 | | perte sortie | 1 | | | 36 |
| | | | dérives paramètres | | 0.69 | | pas d'effet | 1 | | | 138 |
| | | C18 | court-circuit (CC) | | 0.5 | | perte sortie (et consommation anormale du produit (10mA max)) | 1 | 2.5 | 100 | 125 |
| | | | composant ouvert (CO) | | 0.3 | | perte sortie | 1 | | | 75 |
| | | | variation de capacité (VC) | | 0.1 | | pas d'effet | 1 | | | 25 |
| | | | augmentation du courant de fuite (CF) | | 0.1 | | perte sortie dans la gamme 10s à 100s | 1 | | | 25 |
| | | Bistable | Pb. Contact | | 0.8 | | perte sortie | 1 | 35 | 100 | 2800 |
| | | | dérive paramètres | | 0.1 | | temporisation modifiée | 1 | | | 350 |
| CO commande | | | 0.1 | | perte sortie | 1 | 350 | | | | |

42

42

| REMONTÉE DES PANNES | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------------|--------------------------|---|-----------------------------|--|----------------------|---|--|--------------------------------|-----------|---|-----|------|
| Fonction | Désignation de l'équipement | Désignation de l'article | Mode de défaillance | Classe de sévérité par mode | Répartition du mode de défaillance (α) | Cause de défaillance | Effet local | Répartition du mode de défaillance sur les effets locaux (β) | Taux de défaillance (λ) en FIT | Durée (t) | Nombre de pannes par sévérité par mode (Cm) | | |
| FP1 | Carte | Alimentation | perte de l'alim | | 0.52 | | carte non fonctionnelle | 1 | 57.26 | 100 | 2988 | | |
| | | | pas d'effet | | 0.48 | | pas d'effet | 1 | | | 2738 | | |
| | | | échauffement excessif Q1 | | 0.0000 | | carte non fonctionnelle | 1 | | | 0.1 | | |
| | | Relais | perte sortie | | 0.83 | | carte non fonctionnelle | 1 | 39.5 | 100 | 3287 | | |
| | | | pas d'effet | | 0.04 | | pas d'effet | 1 | | | 163 | | |
| | | | perte sortie (et consommation anormale du produit (10mA max)) | | 0.03 | | carte non fonctionnelle | 1 | | | 125 | | |
| | | | perte sortie dans la gamme 10s à 100s | | 0.01 | | carte non fonctionnelle dans gamme 10s à 100s | 1 | | | 25 | | |
| | | | temporisation modifiée | | 0.09 | | carte avec fonctionnement altéré | 1 | | | 350 | | |
| | | FP1 | Carte | Carte | carte non fonctionnelle | | 0.66 | | | 1 | 96.76 | 100 | 6400 |
| | | | | | pas d'effet | | 0.30 | | | 1 | | | 2901 |
| carte non fonctionnelle dans gamme 10s à 100s | | | | | 0.00 | | | 1 | 25 | | | | |
| carte avec fonctionnement altéré | | | | | 0.04 | | | 1 | 350 | | | | |
| | | | | | | | | | | | 43 | | |

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES

Harry RANAIVOARISONA

43

| REMONTÉE DES PANNES | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|--|----------------------|-------------------------------------|--|--------------------------------|-----------|---|
| Fonction | Désignation de l'équipement | Désignation de l'article | Mode de défaillance | Classe de sévérité par mode | Répartition du mode de défaillance (α) | Cause de défaillance | Effet local | Répartition du mode de défaillance sur les effets locaux (β) | Taux de défaillance (λ) en FIT | Durée (t) | Nombre de pannes par sévérité par mode (Cm) |
| FP2 | Sablier | Commutateur rotatif | contacts intermittents | | 0.1 | | perte sortie (intermittent) | 1 | 28 | 100 | 280 |
| | | | contacts ouverts | | 0.9 | | perte sortie | 1 | | | 2520 |
| | | Condensateur C17 | court-circuit (CC) | | 0.5 | | perte sortie | 1 | 51 | 100 | 2550 |
| | | | composant ouvert (CO) | | 0.3 | | temporisation fixe à environ 50ms | 1 | | | 1530 |
| | | | variation de capacité (VC) | | 0.1 | | temporisation modifiée | 1 | | | 510 |
| | | | augmentation du courant de fuite (CF) | | 0.1 | | temporisation modifiée (diminuée) | 1 | | | 510 |
| | | D11 à D16 | court-circuit (CC) | | 0.13 | | dérive en T augmentée | 1 | 8 | 100 | 104 |
| | | | composant ouvert (CO) | | 0.18 | | pas de temporisation | 1 | | | 144 |
| | | | dérives paramètres | | 0.69 | | pas d'effet | 1 | | | 552 |
| | | R15 | court-circuit (CC) | | 0.05 | | temporisation au minimum | 1 | 0.02 | 100 | 0.1 |
| | | | composant ouvert (CO) | | 0.84 | | temporisation au max tempo modifiée | 1 | | | 1.68 |
| | | | dérives paramètres | | 0.11 | | temporisation modifiée | 1 | | | 0.22 |
| | | Condensateur C20 | court-circuit (CC) | | 0.5 | | perte sortie | 1 | 51 | 100 | 2550 |
| | | | composant ouvert (CO) | | 0.3 | | temporisation fixe à environ 50ms | 1 | | | 1530 |
| | | | variation de capacité (VC) | | 0.1 | | temporisation modifiée | 1 | | | 510 |
| augmentation du courant de fuite (CF) | | | 0.1 | | temporisation modifiée (diminuée) | 1 | 510 | | | | |
| | | | | | | | | | | | 44 |

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES

Harry RANAIVOARISONA

44

| REMONTÉE DES PANNES | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|--|----------------------|---|--|--------------------------------|-----------|---|------|
| Fonction | Désignation de l'équipement | Désignation de l'article | Mode de défaillance | Classe de sévérité par mode | Repartition du mode de défaillance (g) | Cause de défaillance | Effet local | Repartition du mode de défaillance sur les effets locaux (h) | Taux de défaillance (λ) en FIT | Durée (t) | Nombre de pannes par sévérité par mode (Cm) | |
| FP2 | Comparateur à seuil | C19 | court-circuit (CC) | | 0.5 | | perte sortie | 1 | 0.8 | 100 | 40 | |
| | | | composant ouvert (CO) | | 0.3 | | perte sortie | 1 | | | 24 | |
| | | | variation de capacité (VC) | | 0.1 | | pas d'effet | 1 | | | 8 | |
| | | | augmentation du courant de fuite (CF) | | 0.1 | | perte sortie dans la gamme 10s à 100s | 1 | | | 8 | |
| | | D10 | court-circuit (CC) | | 0.13 | | tempo modifiée | 1 | 8 | 100 | 104 | |
| | | | composant ouvert (CO) | | 0.18 | | pas de temporisation | 1 | | | 144 | |
| | | | dérives paramètres | | 0.69 | | pas d'effet | 1 | | | 552 | |
| | | PUT | court-circuit (CC) | | 0.98 | | pas de temporisation | 1 | 2 | 100 | 196 | |
| | | | composant ouvert (CO) | | 0.02 | | pas de temporisation | 1 | | | 4 | |
| | | Switch | Q2 | court-circuit (CC) | | 0.73 | | pas de temporisation | 1 | 2 | 100 | 146 |
| | composant ouvert (CO) | | | | 0.27 | | pas de temporisation | 1 | 54 | | | |
| | Relais | D12 | court-circuit (CC) | | 0.13 | | perte sortie | 1 | 2 | 100 | 26 | |
| | | | composant ouvert (CO) | | 0.18 | | perte sortie | 1 | | | 36 | |
| | | | dérives paramètres | | 0.69 | | pas d'effet | 1 | | | 138 | |
| | | | court-circuit (CC) | | 0.5 | | perte sortie (et consommation anormale du produit (10mA max)) | 1 | | | 125 | |
| | | C18 | composant ouvert (CO) | | 0.3 | | perte sortie | 1 | 2.5 | 100 | 75 | |
| | | | variation de capacité (VC) | | 0.1 | | pas d'effet | 1 | | | 25 | |
| | | | augmentation du courant de fuite (CF) | | 0.1 | | perte sortie dans la gamme 10s à 100s | 1 | | | 25 | |
| | | Bistable | Pb. Contact | | | 0.8 | | perte sortie | 1 | 35 | 100 | 2800 |
| | | | | dérive paramètres | | 0.1 | | temporisation modifiée | 1 | | | 45 |
| | | | CO commande | | 0.1 | | perte sortie | 1 | | | 350 | |

45

| REMONTÉE DES PANNES | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|--|----------------------|--|--|--------------------------------|-----------|---|
| Fonction | Désignation de l'équipement | Désignation de l'article | Mode de défaillance | Classe de sévérité par mode | Repartition du mode de défaillance (g) | Cause de défaillance | Effet local | Repartition du mode de défaillance sur les effets locaux (h) | Taux de défaillance (λ) en FIT | Durée (t) | Nombre de pannes par sévérité par mode (Cm) |
| FP2 | Carte | Sablier | perte sortie (intermittente) | | 0.02 | | carte non fonctionnelle (intermittent) | 1 | 138.02 | 100 | 280 |
| | | | perte sortie | | 0.55 | | carte non fonctionnelle | 1 | | | 7620 |
| | | | temporisation fixe à environ 50ms | | 0.22 | | carte non fonctionnelle | 1 | | | 3060 |
| | | | temporisation modifiée | | 0.07 | | carte fonctionnem ent altéré | 1 | | | 1020 |
| | | | temporisation modifiée (diminuée) | | 0.07 | | carte fonctionnem ent altéré | 1 | | | 1020 |
| | | | dérive en T augmentée | | 0.01 | | carte fonctionnem ent altéré | 1 | | | 104 |
| | | | pas de temporisation | | 0.01 | | carte non fonctionnelle | 1 | | | 144 |
| | | | pas d'effet | | 0.04 | | pas d'effet | 1 | | | 552 |
| | | | temporisation au minimum | | 0.00 | | carte non fonctionnelle | 1 | | | 0.1 |
| | | | temporisation au max | | 0.00 | | carte non fonctionnelle | 1 | | | 2 |
| | | | | | | | | | | | |

AMDEC ET FIABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES

Harry RANAIVOARISONA

46

| REMONTÉE DES PANNES | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------------|--------------------------|---|---|---|----------------------|---|--|--|-----------|---|-------|--|
| Fonction | Désignation de l'équipement | Désignation de l'article | Mode de défaillance | Classe de sévérité par mode | Répartition du mode de défaillance (α) | Cause de défaillance | Effet local | Répartition du mode de défaillance sur les effets locaux (β) | Taux de défaillance (λ) en FIT | Durée (t) | Nombre de pannes par sévérité par mode (Cm) | | |
| | | Comparateur à seuil | perte sortie (et consommation anormale du produit (10mA max)) | | 0.04 | | carte non fonctionnelle | 1 | 10.8 | 100 | 40 | | |
| | | | perte sortie | | 0.06 | | carte non fonctionnelle | 1 | | | 64 | | |
| | | | pas d'effet | | 0.52 | | pas d'effet | 1 | | | 560 | | |
| | | | perte sortie dans la gamme 10s à 100s | | 0.01 | | carte non fonctionnelle dans gamme 10s à 100s | 1 | | | 8 | | |
| | | | tempo modifiée | | 0.10 | | carte fonctionnement altéré | 1 | | | 104 | | |
| | | | pas de temporisation | | 0.32 | | carte non fonctionnelle | 1 | | | 344 | | |
| | | Switch | | pas de temporisation | | 1.00 | | carte non fonctionnelle | 1 | 2 | 100 | 200 | |
| | | Relais | | perte sortie | | 0.83 | | carte non fonctionnelle | 1 | 39.5 | 100 | 3287 | |
| | | | | pas d'effet | | 0.04 | | Pas d'effet | 1 | | | 163 | |
| | | | | perte sortie (et consommation anormale du produit (10mA max)) | | 0.03 | | carte non fonctionnelle | 1 | | | 125 | |
| | | | | perte sortie dans la gamme 10s à 100s | | 0.01 | | carte non fonctionnelle dans gamme 10s à 100s | 1 | | | 25 | |
| | | | | temporisation modifiée | | 0.09 | | carte fonctionnement altéré | 1 | | | 350 | |
| | | FP2 | Carte | carte non fonctionnelle | | 0.78 | | | 1 | 190.32 | 100 | 14886 | |
| | | | | pas d'effet | | 0.07 | | | 1 | | | 1275 | |
| carte non fonctionnelle (intermittent) | | | | 0.01 | | | 1 | 280 | | | | | |
| carte non fonctionnelle dans gamme 10s à 100s | | | | 0.00 | | | 1 | 33 | | | | | |
| carte fonctionnement altéré | | | | 0.14 | | | 1 | 2598 | | | | | |

47

47

| CLASSEMENT DES SEVERITES | | | | | | | | | | | Nombre de pannes par sévérité par mode (Cm) | | | | Nombre de pannes par sévérité par article (Cr) | | | | | |
|--------------------------|---------------------------------------|--------------------------|---|-----------------------------|---|---|-------------------------|--|--|-----------|---|------|------|---|--|------|------|-----|------|-----|
| Fonction | Désignation de l'équipement | Désignation de l'article | Mode de défaillance | Classe de sévérité par mode | Répartition du mode de défaillance (α) | Cause de défaillance | Effet local | Répartition du mode de défaillance sur les effets locaux (β) | Taux de défaillance (λ) en FIT | Durée (t) | Nombre de pannes par sévérité par mode (Cm) | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| FP1 | | Carte | carte non fonctionnelle | 1 | 0.66 | | | 1 | | | 6400 | 6400 | | | | 6400 | 375 | 0 | 2901 | |
| | | | pas d'effet | 4 | 0.30 | | | 1 | 96.76 | 100 | 2901 | | | | 2901 | | | | | |
| | | | carte non fonctionnelle dans gamme 10s à 100s | 2 | 0.00 | | | 1 | | | | 25 | | | 25 | | | | | |
| | | | carte avec fonctionnement altéré | 2 | 0.04 | | | 1 | | | | 350 | | | 350 | | | | | |
| FP1 | Carte | Alimentation | perte de l'alim | 1 | 0.52 | | carte non fonctionnelle | 1 | | | 2988 | 2988 | | | | 2988 | 0 | 0 | 2738 | |
| | | | pas d'effet | 4 | 0.48 | | | pas d'effet | 1 | 57.26 | 100 | 2738 | | | 2738 | | | | | |
| | | | échauffement excessif Q1 | 1 | 0.0000 | | | carte non fonctionnelle | 1 | | | 0.1 | 0.1 | | | | | | | |
| | | Relais | perte sortie | 1 | 0.83 | | | carte non fonctionnelle | 1 | | | 3287 | 3287 | | | | 3412 | 375 | 0 | 163 |
| | | | pas d'effet | 4 | 0.04 | | | pas d'effet | 1 | | | 163 | | | 163 | | | | | |
| | | | perte sortie (et consommation anormale du produit (10mA max)) | 1 | 0.03 | | | carte non fonctionnelle | 1 | 39.5 | 100 | 125 | 125 | | | | | | | |
| | perte sortie dans la gamme 10s à 100s | 2 | 0.01 | | | carte non fonctionnelle dans gamme 10s à 100s | 1 | | | 25 | | | 25 | | | | | | | |
| | temporisation modifiée | 2 | 0.09 | | | carte avec fonctionnement altéré | 1 | | | 350 | | | 350 | | | | | | | |

48

48

| CLASSEMENT DES SEVERITES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|--|-----------------------------|--|----------------------|--------------------------|--|--------------------------------|-----------|---|---|------|------|---|--|------|------|------|------|----|
| Fonction | Désignation de l'équipement | Désignation de l'article | Mode de défaillance | Classe de sévérité par mode | Répartition du mode de défaillance (a) | Cause de défaillance | Effet local | Répartition du mode de défaillance sur les effets locaux (b) | Taux de défaillance (A) en FIT | Durée (t) | Nombre de pannes par sévérité par mode (Cm) | Nombre de pannes par sévérité par mode (Cm) | | | | Nombre de pannes par sévérité par article (Ct) | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | | |
| Alimentation | | SIOV1 | protection non fonctionnelle lors de surtensions | 1 | 1 | | perte de l'alim | 1 | 0.02 | 100 | 2 | 2 | | | | | 2 | 0 | 0 | 0 | |
| | | | D1 | court-circuit (CC) | 1 | 0.51 | | perte de l'alim | 1 | 2 | 100 | 102 | 102 | | | | | 160 | 0 | 0 | 40 |
| | | | | composant ouvert (CO) | 1 | 0.29 | | perte de l'alim | 1 | | | 58 | 58 | | | | | | | | |
| | | | | dérives paramètres | 4 | 0.2 | | pas d'effet | 1 | | | 40 | | 40 | | | | | | | |
| | | M1 | court-circuit (CC) | 1 | 0.51 | | perte de l'alim | 1 | 0.1 | 100 | 5.1 | 5.1 | | | | | 5.6 | 0.0 | 0.0 | 4.4 | |
| | | | dérives paramètres | 4 | 0.44 | | pas d'effet | 1 | | | 4.4 | | 4.4 | | | | | | | | |
| | | | composant ouvert (CO) | 1 | 0.05 | | perte de l'alim | 1 | | | 0.5 | 0.5 | | | | | | | | | |
| | | R1 | court-circuit (CC) | 1 | 0.05 | | perte de l'alim | 1 | 0.02 | 100 | 0.1 | 0.1 | | | | | 1.78 | 0.00 | 0.00 | 0.22 | |
| | | | composant ouvert (CO) | 1 | 0.84 | | perte de l'alim | 1 | | | 1.68 | 1.68 | | | | | | | | | |
| | | | dérives paramètres | 4 | 0.11 | | pas d'effet | 1 | | | 0.22 | 0.22 | | 0.22 | | | | | | | |
| | | R2 | court-circuit (CC) | 1 | 0.05 | | échauffement excessif Q1 | 1 | 0.02 | 100 | 0.1 | 0.1 | | | | | 2 | 0 | 0 | 0 | |
| | | | composant ouvert (CO) | 1 | 0.84 | | perte de l'alim | 1 | | | 1.68 | 1.68 | | | | | | | | | |
| | | | dérives paramètres | 4 | 0.11 | | pas d'effet | 1 | | | 0.22 | 0.22 | | 0.22 | | | | | | | |
| | | C12 | court-circuit (CC) | 1 | 0.49 | | perte de l'alim | 1 | 0.1 | 100 | 4.9 | 4.9 | | | | | 4.9 | 0.0 | 0.0 | 5.1 | |
| | | | composant ouvert (CO) | 4 | 0.22 | | pas d'effet | 1 | | | 2.2 | 2.2 | | 2.2 | | | | | | | |
| | | | dérives paramètres | 4 | 0.29 | | pas d'effet | 1 | | | 2.9 | 2.9 | | 2.9 | | | | | | | |
| | | C13 | court-circuit (CC) | 1 | 0.5 | | perte de l'alim | 1 | 51 | 100 | 2550 | 2550 | 2550 | | | | 2550 | 0 | 0 | 2550 | |
| | | | composant ouvert (CO) | 4 | 0.3 | | pas d'effet | 1 | | | 1530 | 1530 | | 1530 | | | | | | | |
| variation de capacité (VC) | 4 | | 0.1 | | pas d'effet | 1 | | | 510 | 510 | | 510 | | | | | | | | | |
| augmentation du courant de fuite (CF) | 4 | | 0.1 | | pas d'effet | 1 | | | 510 | 510 | | 510 | | | | | | | | | |

49

| CLASSEMENT DES SEVERITES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|--|----------------------|---|--|--------------------------------|-----------|---|---|-----|-----|------|--|-----|----|---|-----|
| Fonction | Désignation de l'équipement | Désignation de l'article | Mode de défaillance | Classe de sévérité par mode | Répartition du mode de défaillance (a) | Cause de défaillance | Effet local | Répartition du mode de défaillance sur les effets locaux (b) | Taux de défaillance (A) en FIT | Durée (t) | Nombre de pannes par sévérité par mode (Cm) | Nombre de pannes par sévérité par mode (Cm) | | | | Nombre de pannes par sévérité par article (Ct) | | | | |
| | | | | | | | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| FP1 | | D13 | court-circuit (CC) | 1 | 0.13 | | perte de l'alim | 1 | 2 | 100 | 26 | 26 | | | | | 62 | 0 | 0 | 138 |
| | | | composant ouvert (CO) | 1 | 0.18 | | perte de l'alim | 1 | | | 36 | 36 | | | | | | | | |
| | | | dérives paramètres | 4 | 0.69 | | pas d'effet | 1 | | | 138 | 138 | | 138 | | | | | | |
| | | Q1 | court-circuit (CC) | 1 | 0.73 | | perte de l'alim | 1 | 2 | 100 | 146 | 146 | 146 | | | | 200 | 0 | 0 | 0 |
| | | | composant ouvert (CO) | 1 | 0.27 | | perte de l'alim | 1 | | | 54 | 54 | | 54 | | | | | | |
| | | D12 | court-circuit (CC) | 1 | 0.13 | | perte sortie | 1 | 2 | 100 | 26 | 26 | | | | | 62 | 0 | 0 | 138 |
| | | | composant ouvert (CO) | 1 | 0.18 | | perte sortie | 1 | | | 36 | 36 | | | | | | | | |
| | | | dérives paramètres | 4 | 0.69 | | pas d'effet | 1 | | | 138 | 138 | | 138 | | | | | | |
| | | C18 | court-circuit (CC) | 1 | 0.5 | | perte sortie (et consommation anormale du produit (10mA max)) | 1 | 2.5 | 100 | 125 | 125 | 125 | | | | 200 | 25 | 0 | 25 |
| | | | composant ouvert (CO) | 1 | 0.3 | | perte sortie | 1 | | | 75 | 75 | | 75 | | | | | | |
| | | | variation de capacité (VC) | 4 | 0.1 | | pas d'effet | 1 | | | 25 | 25 | | 25 | | | | | | |
| | | | augmentation du courant de fuite (CF) | 2 | 0.1 | | perte sortie dans la gamme 10s à 100s | 1 | | | 25 | 25 | | 25 | | | | | | |
| Bistable | Pb. Contact | 1 | 0.8 | | perte sortie | 1 | 35 | 100 | 2800 | 2800 | 2800 | | | | 3150 | 350 | 0 | 0 | | |
| | dérive paramètres | 2 | 0.1 | | temporisation modifiée | 1 | | | 350 | 350 | | 350 | | | | | | | | |
| | CO commande | 1 | 0.1 | | perte sortie | 1 | | | 350 | 350 | | 350 | | | | | | | | |

50

| 4 ^{ème} Partie : AMDEC des Equipements Electroniques | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------------|--------------------------|---|-----------------------------|--|----------------------|-------------|--|--------------------------------|-----------|---|---|-------|---|------|--|-------|------|---|------|
| CLASSEMENT DES SEVERITES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fonction | Designation de l'équipement | Designation de l'article | Mode de défaillance | Classe de sévérité par mode | Repartition du mode de défaillance (α) | Cause de défaillance | Effet local | Repartition du mode de défaillance sur les effets locaux (β) | Taux de défaillance (λ) en FIT | Durée (t) | Nombre de pannes par sévérité par mode (Cm) | Nombre de pannes par sévérité par mode (Cm) | | | | Nombre de pannes par sévérité par article (Cr) | | | | |
| | | | | | | | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| FP2 | Carte | | carte non fonctionnelle | 1 | 0.78 | | | 1 | | | | 14886 | 14886 | | | | 14886 | 2911 | 0 | 1275 |
| | | | pas d'effet | 4 | 0.07 | | | 1 | | | | 1275 | | | 1275 | | | | | |
| | | | carte non fonctionnelle (intermittent) | 2 | 0.01 | | | 1 | 190.32 | 100 | | 280 | 280 | | | | | | | |
| | | | carte non fonctionnelle dans gamme 10s à 100s | 2 | 0.00 | | | 1 | | | | 33 | 33 | | | | | | | |
| | | | carte fonctionnement altéré | 2 | 0.14 | | | 1 | | | | 2598 | 2598 | | | | | | | |

51

51

| CLASSEMENT DES SEVERITES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|--|---|--|--|--------------------------------|---|---|---|------|-----|-----|--|-------|------|-----|-----|---|-----|
| Fonction | Designation de l'équipement | Designation de l'article | Mode de défaillance | Classe de sévérité par mode | Repartition du mode de défaillance (α) | Cause de défaillance | Effet local | Repartition du mode de défaillance sur les effets locaux (β) | Taux de défaillance (λ) en FIT | Durée (t) | Nombre de pannes par sévérité par mode (Cm) | Nombre de pannes par sévérité par mode (Cm) | | | | Nombre de pannes par sévérité par article (Cr) | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | | | |
| FP2 | Carte | | perte sortie (intermittente) | 2 | 0.02 | | carte non fonctionnelle (intermittent) | 1 | | | | 280 | 280 | | | | 10826 | 2424 | 0 | 552 | | |
| | | | perte sortie | 1 | 0.55 | | carte non fonctionnelle | 1 | | | | 7620 | 7620 | | | | | | | | | |
| | | | temporisation fixe à environ 50ms | 1 | 0.22 | | carte non fonctionnelle | 1 | | | | 3060 | 3060 | | | | | | | | | |
| | | | temporisation modifiée | 2 | 0.07 | | carte fonctionnement altéré | 1 | 138.02 | 100 | | 1020 | 1020 | | | | | | | | | |
| | | | temporisation modifiée (diminuée) | 2 | 0.07 | | carte fonctionnement altéré | 1 | | | | 1020 | 1020 | | | | | | | | | |
| | | | dérive en T augmentée | 2 | 0.01 | | carte fonctionnement altéré | 1 | | | | 104 | 104 | | | | | | | | | |
| | | | pas de temporisation | 1 | 0.01 | | carte non fonctionnelle | 1 | | | | 144 | 144 | | | | | | | | | |
| | | | pas d'effet | 4 | 0.04 | | pas d'effet | 1 | | | | 552 | | 552 | | | | | | | | |
| | | | temporisation au minimum | 1 | 0.00 | | carte non fonctionnelle | 1 | | | | 0.1 | 0.1 | | | | | | | | | |
| | | | temporisation au max | 1 | 0.00 | | carte non fonctionnelle | 1 | | | | 2 | 2 | | | | | | | | | |
| | | | Comparteur à seuil | | | perte sortie (et consommation anormale du produit (10mA max)) | 1 | 0.04 | | carte non fonctionnelle | 1 | | | 40 | 40 | | | | 448 | 112 | 0 | 560 |
| | | | | | | perte sortie | 1 | 0.06 | | carte non fonctionnelle | 1 | | | 64 | 64 | | | | | | | |
| | | | | | | pas d'effet | 4 | 0.52 | | pas d'effet | 1 | 10.8 | 100 | | 560 | | 560 | | | | | |
| | | | | | | perte sortie dans la gamme 10s à 100s | 2 | 0.01 | | carte non fonctionnelle dans gamme 10s à 100s | 1 | | | | 8 | 8 | | | | | | |
| | | | | | | tempo modifiée | 2 | 0.10 | | carte fonctionnement altéré | 1 | | | | 104 | 104 | | | | | | |
| Switch | | | pas de temporisation | 1 | 0.32 | | carte non fonctionnelle | 1 | | | 344 | 344 | | | | | | | | | | |
| | | | pas de temporisation | 1 | 1.00 | | carte non fonctionnelle | 1 | 2 | 100 | | 200 | 200 | | | 200 | 0 | 0 | 0 | | | |

52

| CLASSEMENT DES SEVERITES | | | | | | | | | | | Nombre de pannes par sévérité par mode (Cm) | | | | Nombre de pannes par sévérité par article (Cz) | | | | | | |
|---------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|--|-----------------------------|--|-----------------------------------|---|--|--------------------------------|-----------|---|------|---|---|--|------|------|------|------|---|--|
| Fonction | Désignation de l'équipement | Désignation de l'article | Mode de défaillance | Classe de sévérité par mode | Répartition du mode de défaillance (e) | Cause de défaillance | Effet local | Répartition du mode de défaillance sur les effets locaux (f) | Taux de défaillance (A) en FIT | Durée (t) | Nombre de pannes par sévérité par mode (Cm) | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | | |
| | | | | | | | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | | |
| | | Relais | perte sortie | 1 | 0.83 | | carte non fonctionnelle | 1 | 39.5 | 100 | 3287 | 3287 | | | | 3412 | 375 | 0 | 163 | | |
| | | | pas d'effet | 4 | 0.04 | | Pas d'effet | 1 | | | 163 | | | | 163 | | | | | | |
| | | | perte sortie let consommation anormale du produit (10mA max) | 1 | 0.03 | | carte non fonctionnelle | 1 | | | 125 | 125 | | | | | | | | | |
| | | | perte sortie dans la gamme 10s à 100s | 2 | 0.01 | | carte non fonctionnelle dans gamme 10s à 100s | 1 | | | 25 | 25 | | | | | | | | | |
| | | | temporisation modifiée | 2 | 0.09 | | carte fonctionnement altéré | 1 | | | 350 | 350 | | | | | | | | | |
| Sablier | Commutateur rotatif | C17 | contacts intermittents | 2 | 0.1 | | perte sortie (intermittente) | 1 | 28 | 100 | 280 | 280 | | | | 2520 | 280 | 0 | 0 | | |
| | | | contacts ouverts | 1 | 0.9 | | perte sortie | 1 | | | 2520 | 2520 | | | | | 4080 | 1020 | 0 | 0 | |
| | Condensateur C17 | D11 à D16 | court-circuit (CC) | 1 | 0.5 | | perte sortie | 1 | 51 | 100 | 2550 | 2550 | | | | 4080 | 1020 | 0 | 0 | | |
| | | | composant ouvert (CO) | 1 | 0.3 | | temporisation fixe à environ 50ms | 1 | | | 1530 | 1530 | | | | | | | | | |
| | | | variation de capacité (VC) | 2 | 0.1 | | temporisation modifiée | 1 | | | 510 | 510 | | | | | | | | | |
| | D11 à D16 | R15 | augmentation du courant de fuite (CF) | 2 | 0.1 | | temporisation modifiée (diminuée) | 1 | 8 | 100 | 510 | 510 | | | | | | | | | |
| | | | court-circuit (CC) | 2 | 0.13 | | dérive en T augmentée | 1 | | | 104 | 104 | | | | 144 | 104 | 0 | 552 | | |
| | | | composant ouvert (CO) | 1 | 0.18 | | pas de temporisation | 1 | | | 144 | 144 | | | | | | | | | |
| | R15 | Condensateur C20 | dérives paramètres | 4 | 0.69 | | pas d'effet | 1 | 0.02 | 100 | 552 | 552 | | | | | | | | | |
| | | | court-circuit (CC) | 1 | 0.05 | | temporisation au minimum | 1 | | | 0.1 | 0.1 | | | | 1.78 | 0.22 | 0.00 | 0.00 | | |
| | | | composant ouvert (CO) | 1 | 0.84 | | temporisation au max | 1 | | | 1.68 | 1.68 | | | | | | | | | |
| | Condensateur C20 | R15 | dérives paramètres | 2 | 0.11 | | tempo modifiée | 1 | 51 | 100 | 0.22 | 0.22 | | | | | | | | | |
| | | | court-circuit (CC) | 1 | 0.5 | | perte sortie | 1 | | | 2550 | 2550 | | | | 4080 | 1020 | 0 | 0 | | |
| | | | composant ouvert (CO) | 1 | 0.3 | | temporisation fixe à environ 50ms | 1 | | | 1530 | 1530 | | | | | | | | | |
| | Condensateur C20 | R15 | variation de capacité (VC) | 2 | 0.1 | | temporisation modifiée | 1 | 51 | 100 | 510 | 510 | | | | | | | | | |
| augmentation du courant de fuite (CF) | | | 2 | 0.1 | | temporisation modifiée (diminuée) | 1 | 510 | | | 510 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | 510 | | | 510 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 53 | | | | | | |

53

| CLASSEMENT DES SEVERITES | | | | | | | | | | | Nombre de pannes par sévérité par mode (Cm) | | | | Nombre de pannes par sévérité par article (Cz) | | | | | |
|--------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|--|---------------------------------------|---------------------------------------|---|--------------------------------|-----------|---|-----|-----|---|--|-----|-----|----|-----|-----|
| Fonction | Désignation de l'équipement | Désignation de l'article | Mode de défaillance | Classe de sévérité par mode | Répartition du mode de défaillance (e) | Cause de défaillance | Effet local | Répartition du mode de défaillance sur les effets locaux (f) | Taux de défaillance (A) en FIT | Durée (t) | Nombre de pannes par sévérité par mode (Cm) | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| | | | | | | | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| FP2 | Comparateur à seuil | C19 | court-circuit (CC) | 1 | 0.5 | | perte sortie | 1 | 0.8 | 100 | 40 | 40 | | | | 64 | 8 | 0 | 8 | |
| | | | composant ouvert (CO) | 1 | 0.3 | | perte sortie | 1 | | | 24 | 24 | | | | | | | | |
| | | | variation de capacité (VC) | 4 | 0.1 | | pas d'effet | 1 | | | 8 | 8 | | | | | | | | |
| | | | augmentation du courant de fuite (CF) | 2 | 0.1 | | perte sortie dans la gamme 10s à 100s | 1 | | | 8 | 8 | | | | | | | | |
| | D10 | PUT | court-circuit (CC) | 2 | 0.13 | | tempo modifiée | 1 | 8 | 100 | 104 | 104 | | | | 144 | 104 | 0 | 552 | |
| | | | composant ouvert (CO) | 1 | 0.18 | | pas de temporisation | 1 | | | 144 | 144 | | | | | | | | |
| | | | dérives paramètres | 4 | 0.69 | | pas d'effet | 1 | | | 552 | 552 | | | | | | | | |
| | Switch | Q2 | court-circuit (CC) | 1 | 0.98 | | pas de temporisation | 1 | 2 | 100 | 196 | 196 | | | | 200 | 0 | 0 | 0 | |
| | | | composant ouvert (CO) | 1 | 0.02 | | pas de temporisation | 1 | | | 4 | 4 | | | | | | | | |
| | Relais | D12 | C18 | court-circuit (CC) | 1 | 0.73 | | pas de temporisation | 1 | 2 | 100 | 146 | 146 | | | | 200 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | composant ouvert (CO) | 1 | 0.27 | | pas de temporisation | 1 | | | 54 | 54 | | | | | | | |
| | | | | court-circuit (CC) | 1 | 0.13 | | perte sortie | 1 | | | 26 | 26 | | | | 62 | 0 | 0 | 138 |
| | | C18 | Bistable | composant ouvert (CO) | 1 | 0.18 | | perte sortie | 1 | 2.5 | 100 | 36 | 36 | | | | | | | |
| | | | | dérives paramètres | 4 | 0.69 | | pas d'effet | 1 | | | 138 | 138 | | | | | | | |
| | | | | court-circuit (CC) | 1 | 0.5 | | perte sortie (et consommation anormale du produit (10mA max)) | 1 | | | 125 | 125 | | | | 200 | 25 | 0 | 25 |
| Bistable | CO commande | composant ouvert (CO) | 1 | 0.3 | | perte sortie | 1 | 35 | 100 | 75 | 75 | | | | | | | | | |
| | | variation de capacité (VC) | 4 | 0.1 | | pas d'effet | 1 | | | 25 | 25 | | | | | | | | | |
| | | augmentation du courant de fuite (CF) | 2 | 0.1 | | perte sortie dans la gamme 10s à 100s | 1 | | | 25 | 25 | | | | | | | | | |
| Bistable | CO commande | Pb. Contact | 1 | 0.8 | | perte sortie | 1 | 35 | 100 | 2800 | 2800 | | | | 3150 | 350 | 0 | 0 | | |
| | | dérive paramètres | 2 | 0.1 | | temporisation modifiée | 1 | | | 350 | 350 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 54 | | | | | |

54



**Une offre de formations adaptée
à vos situations professionnelles**

**Management &
stratégies**

Interculturel

**Performances
industrielles**

**Fabrications
électroniques**

Contact

Alain BARONI – Président, Directeur Général

Tél. 04 91 95 55 70

Mail : contact@framatech

FRAMATECH S.A. au capital de 38112 Euros

Etudes & mises en œuvre de stratégies industrielles internationales Hautes Technologies

4 boulevard d'Arras - 13004 Marseille - France

Tél. +33 491 95 55 70 / Fax. +33 491 95 55 75 / Mail : contact@framatech.fr

Organisme de formation n° 93060115506 – Siret 344 351 879 00046 – NAF 742C – RC88B126

Web : www.framatech.fr