



Méthode d'évaluation de la fiabilité prévisionnelle des équipements électroniques

Méthodologie FIDES

Conférence du 7/11/12 - ENSI Bourges
Thierry Delion /ThD Consult - Michel Giraudeau /Thales

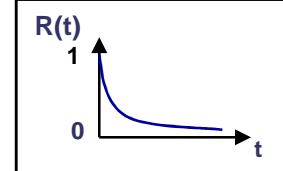


- 1) Introduction aux taux de défaillance**
- 2) Présentation générale de la méthodologie FIDES**
- 3) Description du profil de vie d'un Système**
- 4) Construction et Evaluation du PI Process**

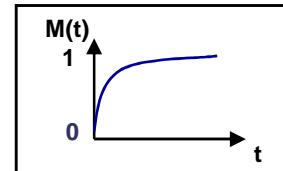
1) Introduction aux taux de défaillance**2) Présentation générale de la méthodologie FIDES****3) Description du profil de vie d'un Système****4) Construction et Evaluation du PI Process**

Les quatre aptitudes de la SdF d'un système

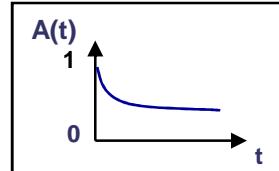
- la **Fiabilité** (Reliability) est l'aptitude d'un système à fonctionner sans panne



- la **Maintenabilité** (Maintainability) est l'aptitude à la remise en fonctionnement d'un système après une panne



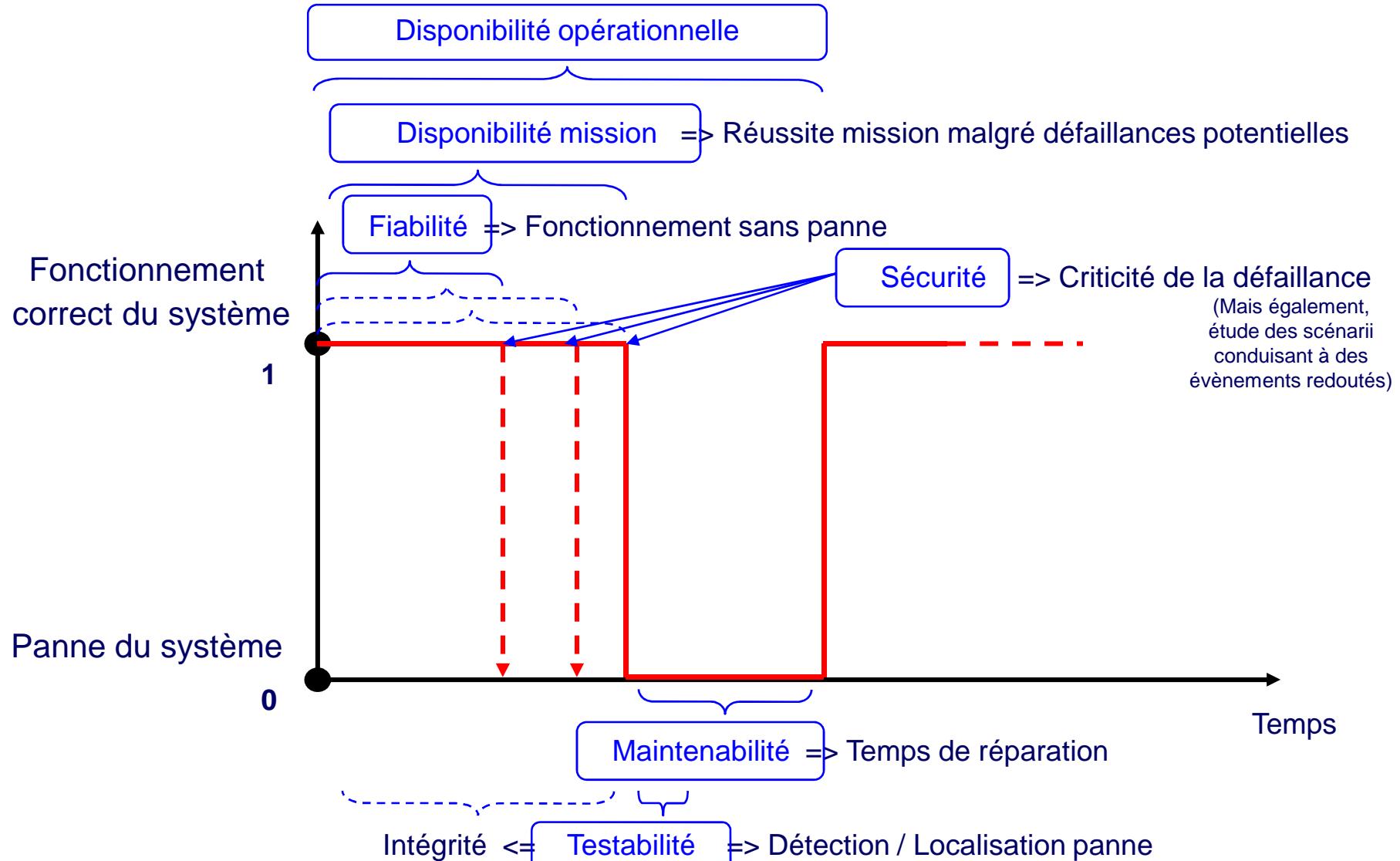
- la **Disponibilité** (Availability) est l'aptitude d'un système à être utilisé quand on en a besoin, avec ses fonctions nominales ou éventuellement en mode dégradé



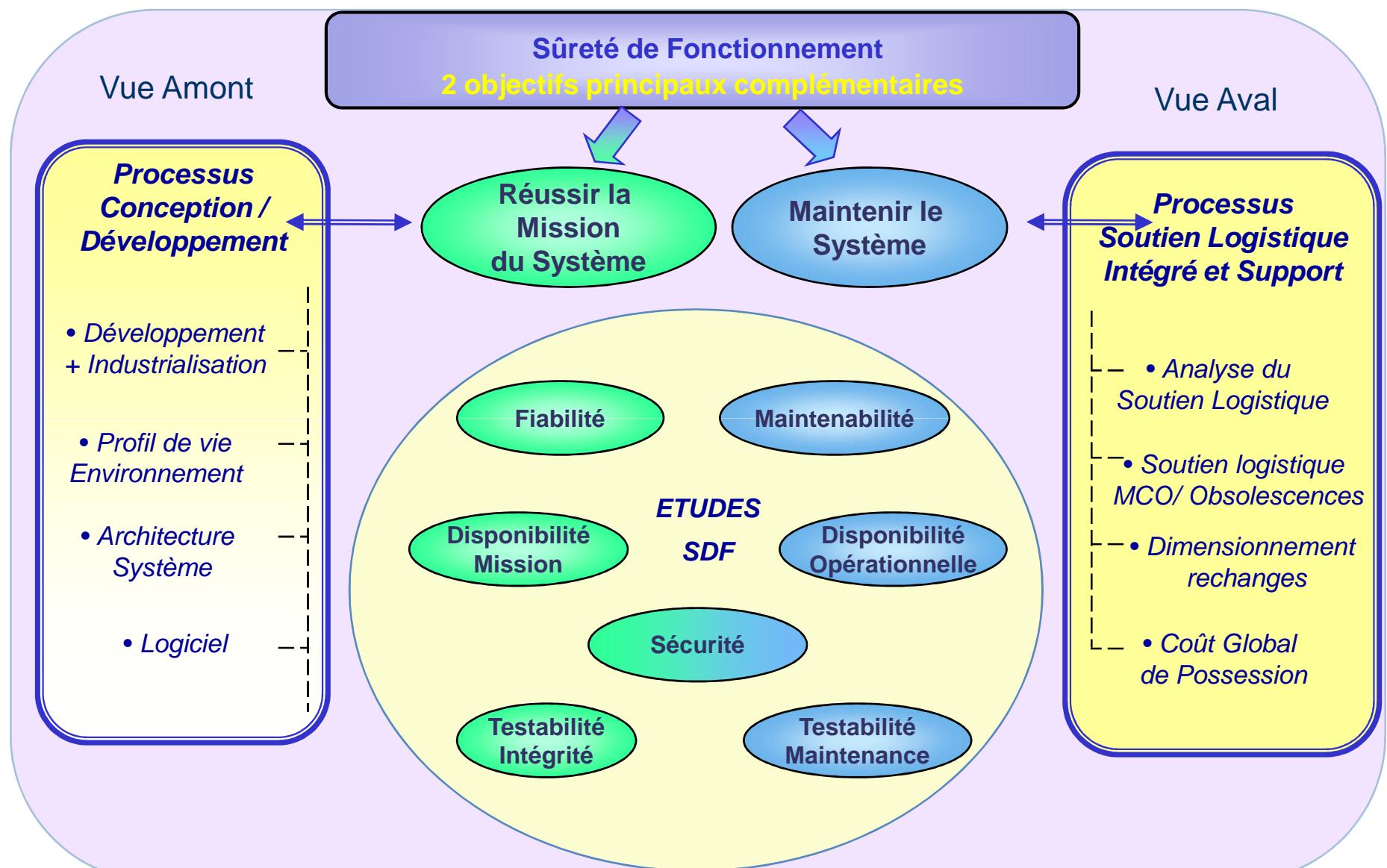
- la **Sécurité** (Safety) au sens protection des biens et des personnes : Limitation des risques à un niveau acceptable
 (Attention : Security \Rightarrow Sécurité militaire, confidentialité)



Sûreté de Fonctionnement d'un système



Rappel des Objectifs de la Sûreté de Fonctionnement



Fiabilité = Probabilité de fonctionner

R(t)

Fonctionne longtemps

Probabilité de Fonctionner jusqu'à t, sachant que cela fonctionne à t = 0

Mean Time To Failure (cas non réparable)

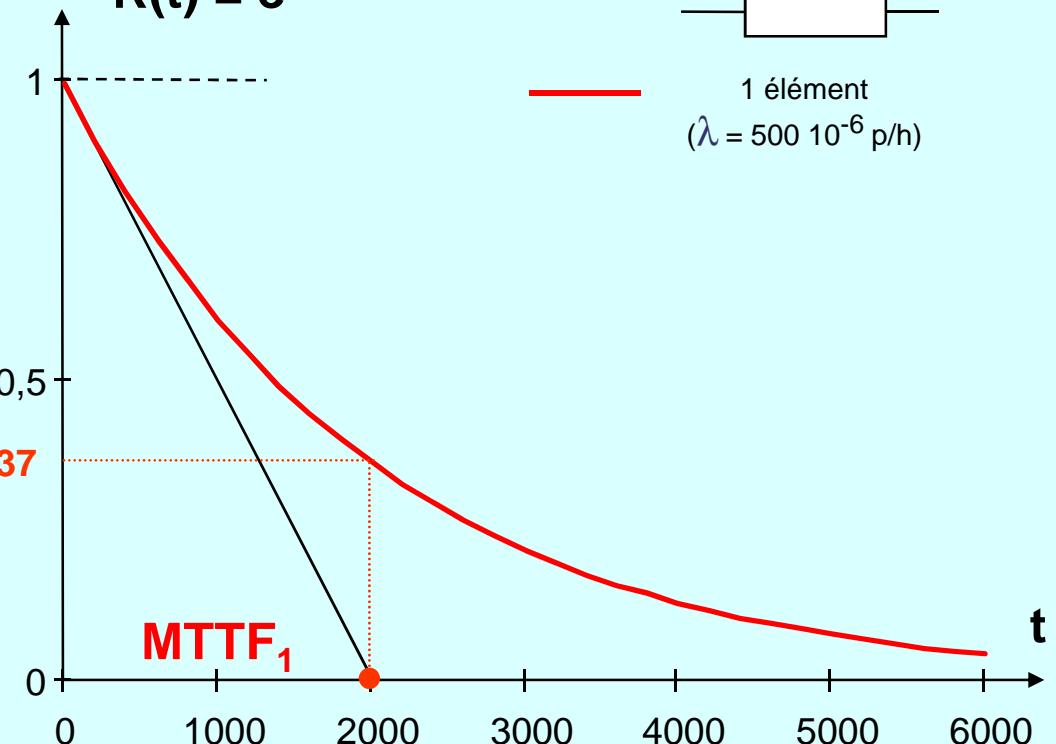
$$\text{M.T.T.F.} = 1/\lambda$$

(lorsque λ = constante)

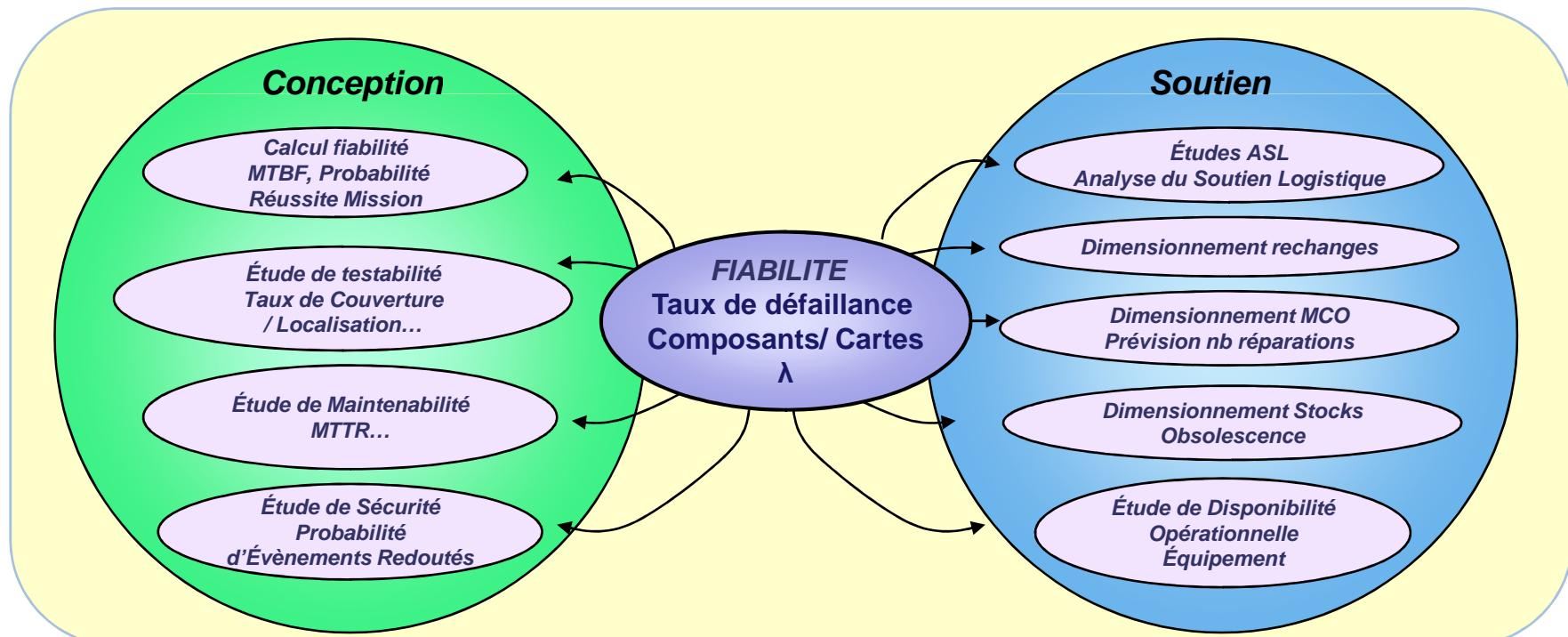
Expression mathématique de la fiabilité pour les systèmes électroniques

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

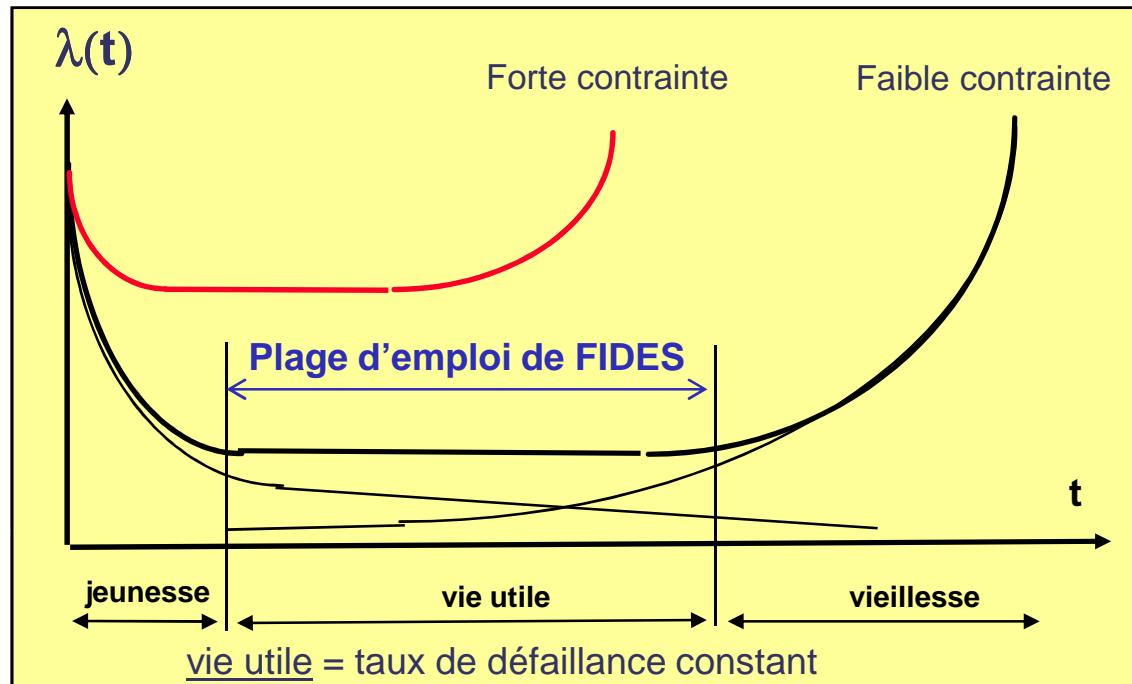
1 élément
($\lambda = 500 \cdot 10^{-6} \text{ p/h}$)



- ◆ Les données de fiabilité élémentaires (taux de défaillances composants/cartes) sont utilisées dans de nombreuses études qui touchent la conception et le soutien des systèmes
 - Ces données sont donc critiques et doivent être les plus réalistes possibles => FIDES
 - Elles doivent être évaluées pour tout type de composant et tout type d'environnement / profil de vie à partir de modèles prévisionnels ou du REX



Taux de défaillance des composants électroniques



Lambda de Base :
Processus de dégradation physique en fonction de la température basé sur la loi d'Arrhenius
(en pannes par heure)

$$\lambda_b = K \exp\left(\frac{-E}{kT}\right)$$

Modèle Prévisionnel : $\lambda = \lambda_b \times \text{Fact(environnement)} \times \text{Fact(qualité)} \times \text{Fact(dérating)} \dots$

Le taux de défaillance est estimé pour un produit stabilisé en production
On ne quantifie (statistique) que les défauts ALEATOIRES pour une utilisation donnée.
Si phénomène d'usure, le taux de défaillance n'est pas constant

1) Introduction aux taux de défaillance

2) Présentation générale de la méthodologie FIDES

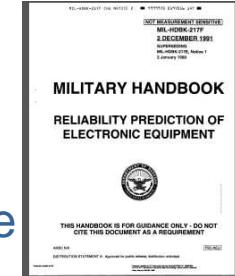
3) Description du profil de vie d'un Système

4) Construction et Evaluation du PI Process

Les recueils de Fiabilité existants n'étaient plus adaptés

- ◆ La MIL-HDBK-217 est obsolète

- Les recueils de fiabilité disponibles sont obsolète parce qu'ils ne couvrent pas les technologies actuelles des composants, ni ne prennent en compte l'état de l'art des lois d'accélération physique (ex: La MIL-HDBK-217 n'est plus maintenue depuis 1995)



- ◆ L'IEC 62380 TR Ed.1 (RDF 2003) ou PRISM® / 217+® ne proposent pas de solutions complètes

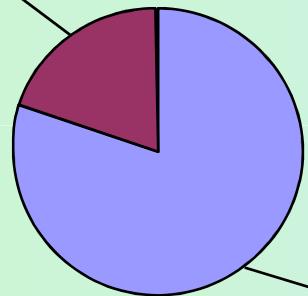
- Non adaptée à des profils de vie complexes, ou environnement sévère (humidité, vibration,...,),
- Incapacité de différencier différents fabricants,
- Données non mises à jour depuis 2003.



⇒ Les nouveaux enjeux économiques et de sécurité demandent d'avoir des données de fiabilité les plus justes, pour tenir des engagements contractuels sur le long terme, pour le Soutien et la politique de Sécurité des Systèmes

Les défaillances intrinsèques des composants électroniques ne sont plus les causes principales de défaillance des équipements

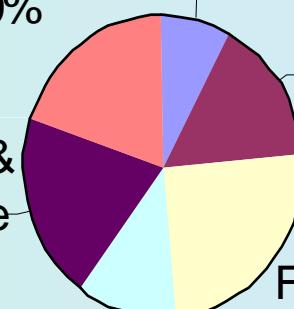
Composants
20%



Process
80%



Activités Support
20%



Specification
8%

Conception
16%

Fabrication
24%

Intégration Système
12%

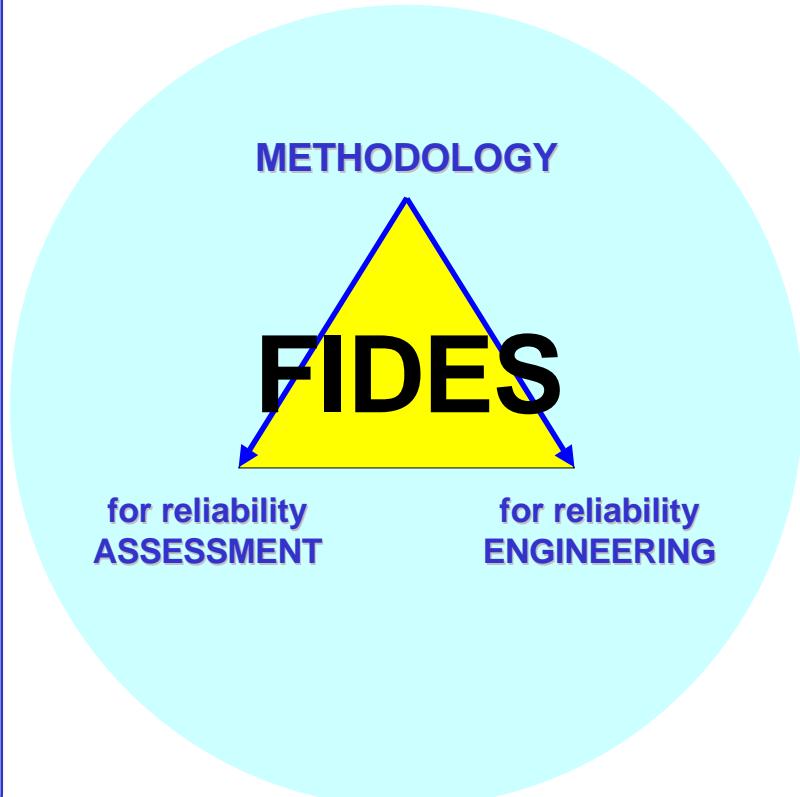
Exemple de poids relatif
entre les composants et le Process

Exemple de distribution des défaillances en fonction
des phases du cycle de vie d'un système

13. Contexte de la nouvelle approche pour les prédictions de fiabilité

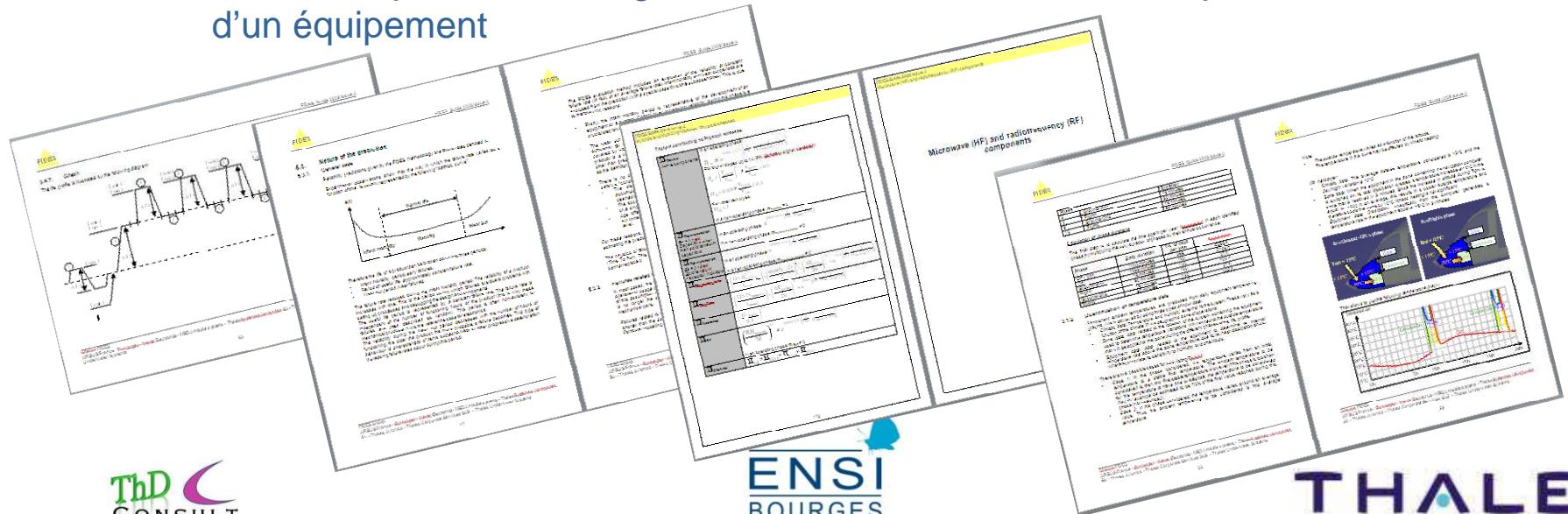


- ◆ FIDEs est le résultat d'une étude qui a débuté en 2001 pour le compte de la DGA
- ◆ Co-financée par la DGA et 5 grandes Sociétés
- ◆ Ces cinq sociétés ont joint leurs efforts pour créer une nouvelle méthodologie prédictive de Fiabilité basée sur la physique des défaillances



Qu'est-ce que FIDES?

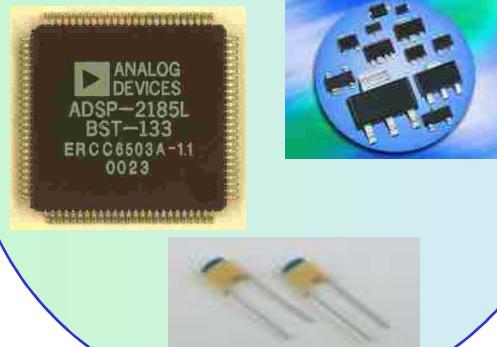
- ◆ FIDES est une nouvelle méthodologie de fiabilité pour les systèmes électroniques utilisant des COTS,
- ◆ Le premier **Guide FIDES 2004** éd. A "fut publié en 2004 (version Française et Anglaise),
- ◆ Une Mise à jour a été publiée en 2010 **Guide FIDES 2009**,
- ◆ Ce guide répond à deux besoins :
 - Disposer de prédition de fiabilité réalistes durant les phases de conception système
 - Fournir un processus d'ingénierie de la fiabilité et des outils pour évaluer la fiabilité d'un équipement



FIDES propose une nouvelle méthodologie de fiabilité pour les COTS (Commercial Of The Shelves – Articles sur catalogue)

- ◆ Autant précise que possible,
- ◆ Utilisable pour construire et évaluer la fiabilité des systèmes,
- ◆ Utilisable pour plusieurs types d'articles, incluant les familles de COTS suivantes,

Composant



Carte

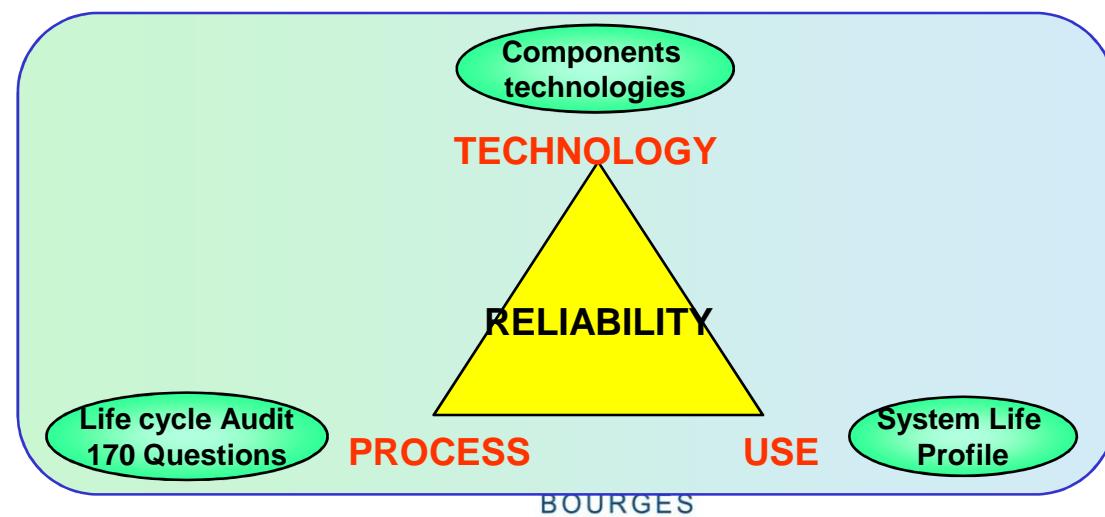


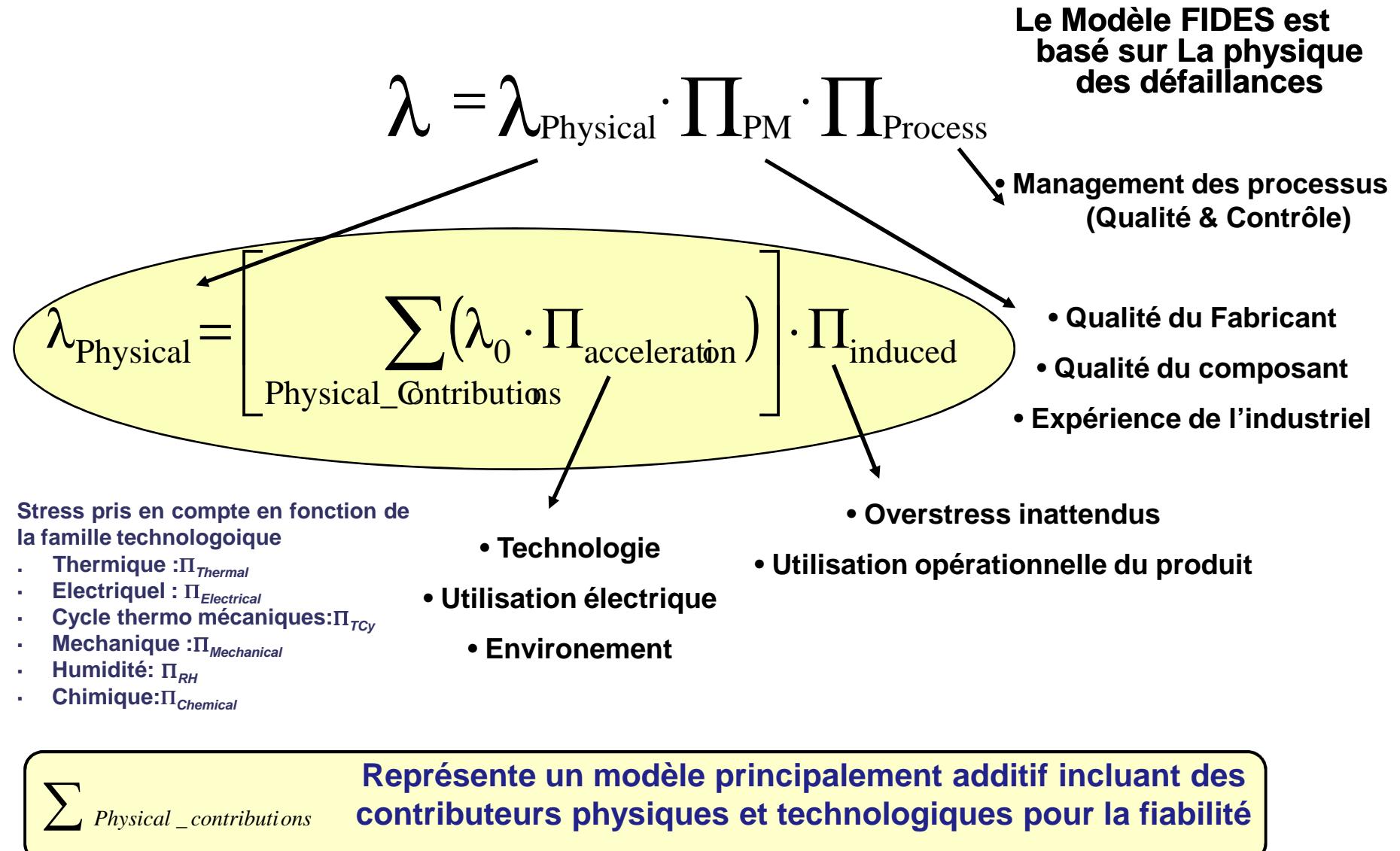
Sous-ensemble



La Méthodologie FIDES

- ◆ Intègre les nouvelles technologies,
- ◆ Prend en compte toutes les influences sur la Fiabilité comme :
 - Les Technologies,
 - Les différentes Applications (naval, avionique, automobile, énergie, transport, Ferroviaire...),
 - Le Cycle de vie : Specification, Conception, Fabrication, Intégration, maintenance, Exploitation),
 - Les conditions physiques d'emploi (Thermique, Mécanique, Electrique,...)
 - Les Overstress.





Lois d'accélération utilisées : Exemple pour un circuit intégré

Stres Physique	Loi	$\Pi_{acceleration}$
Thermique	Arrhenius	<p>Operating phase $\exp\left(11604 \times 0.7 \times \left[\frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{j-component} + 273)}\right]\right)$</p> <p>Non-operating phase 0</p>
Cycle Thermo-mécanique (Boîtier)	Norris Landzberg (coffin Manson)	$\left(\frac{12 \times N_{annual-cy}}{t_{annual}}\right) \times \left(\frac{\Delta T_{cycling}}{20}\right)^4 \times \exp\left(1414 \times \left[\frac{1}{313} - \frac{1}{(T_{max-cycling} + 273)}\right]\right)$
Cycle Thermo-mécanique (Joint brasé)	Norris Landzberg (coffin Manson)	$\left(\frac{12 \times N_{annual-cy}}{t_{annual}}\right) \times \left(\frac{\min(\theta_{cy}, 2)}{2}\right)^{\frac{1}{3}} \times \left(\frac{\Delta T_{cycling}}{20}\right)^{1.9} \times \exp\left(1414 \times \left[\frac{1}{313} - \frac{1}{(T_{max-cycling} + 273)}\right]\right)$
Vibration	Inverse Power Law	$\left(\frac{G_{RMS}}{0.5}\right)^{1.5}$
Humidité	Peck	<p>Operating phase $\left(\frac{RH_{ambient}}{70}\right)^{4.4} \times \exp\left(11604 \times 0.9 \times \left[\frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{board-ambient} + 273)}\right]\right)$</p> <p>Non-operating phase 0</p>

Fides a été utilisé par beaucoup de Sociétés depuis 2004

Utilisée pour de nouveaux développement, elle a montré sa précision

- ◆ Des comparaisons de résultats entre les prédictions et les retours terrain ont été réalisées en 2011 sur de nombreux équipements pour évaluer la précision de la méthode



- ◆ Là où la MIL-HDBK-217F ajustée donnait des prédictions plus pessimistes d'un rapport 3, FIDES donnait des résultat dans un rapport légèrement optimiste ~0.8

=> Les résultats obtenus par FIDES ont été proches de la réalité

- ◆ FIDES est distribuée gratuitement (exceptée la version UTE du document)
- ◆ Une structure dédiée à la Maintenance et au Développement de la méthodologie a été créée en 2007
- ◆ Cette structure fait partie de l'association IMDR dédiée à la maîtrise des risques et la Sûreté de Fonctionnement

IMDR (www.imdr.eu)



Institut pour la Maîtrise des Risques
Sûreté de Fonctionnement - Management - Cindyniques

Plus de 35 sociétés participent actuellement aux travaux : Ex:



◆ **Ce Groupe de travail est divisé en trois sous-groupes:**

- Evolutions de FIDES
- Promotion de FIDES à l'international / Normalisation / Communication
- Guides des bonnes pratiques, et applications à tous les domaines de l'industrie

◆ **A ce jour, uniquement des membres Français, mais le GT a agréer le fait de devenir international**

◆ Un site WEB a été Crée

◆ « **fides-reliability.org** »

◆ Ce site fournit (en Français/ Anglais) :

- Un accès aux guides et outils,
- Des informations sur le développement et la méthode,
- La liste des évènements, Informations, Expériences partagées,
- Un forum permet à tous les utilisateurs de poser des questions, discuter et échanger des données,
- Une zone protégée permet au groupe de travail de partager des documents et d'échanger des données,
- Il existe également un lien direct (adresse email pour contacter l'équipe Fides pour toute question potentielle.



Outils disponibles à ce jour.

- ◆ Le groupe FIDES a développé des outils pour une utilisation facile de la méthodologie.
- ◆ Ces outils peuvent être téléchargés directement sur le site FIDES :
<http://www.fides-reliability.org>
- ◆ Des modules FIDES 2009 sont également intégrés dans des logiciels du commerce :
 - WINCHILD PREDICTION – PTC (USA)
 - RAM COMMANDER –ALD- (ISRAEL)
 - FIABILITY- DEKRA (FRANCE)
 - CARE –BQR- (ISRAEL)
 - En décembre 2012 :
 - FIDES Expertool IMDR (France) => Outil distribué gratuitement
 - RELIASOFT USA déc 2012

- ◆ FIDES a une référence normative Française UTE-C-80811 depuis 2005, dernière version en 2011
- ◆ Normalisation européenne



- CEN Workshop 10 – European Handbook for Defence Procurement Expert Group 17 : Dependability & Safety -Brussels, June 30, 2011
 - Le texte suivant est extrait de l'European Handbook for Defence Procurement (disponible sur le site EDSTAR) :

“For military electronic systems reliability prediction, UTE-C-80811 methodology now provides realistic values of reliability levels, similar to usually observed average values (and not pessimistic or conservative values). More than a simple reliability calculation guide, it is a genuine reliability engineer guide. This methodology is recommended as a best practice for new electronic equipment.

- ◆ Une autre démarche de normalisation internationale est engagée auprès de l'IEC “International Electrotechnical Commission”



◆ Ministère de la défense (DGA)

- Le guide FIDES est intégré dans le référentiel Normatif de la DGA : RNPA (Référentiel Normatif des Programmes d'Armement). FIDES est citée comme méthode préférentielle dans les appels d'offres.

◆ Ministère de la Défense UK

- FIDES peut officiellement être utilisé dans les études depuis 2010

◆ EADS/ AIRBUS

- AIRBUS Demande de réaliser des études de Fiabilité sans exigence de méthode, cependant FIDES est référencée et recommandée

◆ CNES Centre national d'étude Spatial

- Une évaluation complète de FIDES a été réalisée par le CNES. Elle a conclu à ce que FIDES puisse être utilisée pour les applications spatiales. (voir publications dans " Actualités composants du CNES " n°17 in Octobre, 2004 et n°18 en Janvier, 2005).

◆ EDF

- EDF R&D a réalisé une évaluation de la méthode et a des contacts réguliers avec le GTR FIDES et Utilise la méthode

- ◆ Un projet de nouvelle étude supportée par l'Agence Européenne de Défense (EDA) a été proposé dans le but de compléter et de mettre à jour la méthodologie . :
 - L'équipe projet est composée de Français et d'Allemands
 - Les principaux sujets traités seraient:
 - Le développement de modèles de défaillance et de durée de vie pour :
 - Les composants DSM (composants électroniques tels que les mémoires les microprocesseurs les FPGA en dessous de 45 nm)
 - Les composants de puissance (Transistors MOS , Diodes, Super Capacités...)
 - Technologies GaN Nitrure de Gallium, et GaAs Arséniure de Gallium utilisées en haute température
 - La création d'une méthode standardisée pour définir et implémenter des tests accélérés en fonction du profil de vie
 - La mise à jour du Guide pour sa 3ème édition (~2016)

La méthodologie FIDES est basée sur la physique des défaillances

- ◆ Mécanismes de défaillances thermiques, thermoélectriques
 - ◆ Fatigue thermomécanique des composants et de leur assemblage - joint brasé en particulier
 - ◆ Fatigue mécanique des composants, endommagements mécaniques, déplacement de polluants
 - ◆ Effet chimiques de l'humidité, corrosion, pollution
 - ◆ Effets chimiques des polluants atmosphériques
- Profil de vie (température, cyclage thermique, vibration, humidité, chimique)

- 1) Introduction aux taux de défaillance**
- 2) Présentation générale de la méthodologie FIDES**
- 3) Description du profil de vie d'un Système**
- 4) Construction et Evaluation du PI Process**

Philosophie

- ◆ Profil de vie : Principal facteur de dispersion dans l'évaluation de la fiabilité
- ◆ « Qu'est ce qui va causer les pannes du produit durant sa vie ? »
- ◆ Le profil de vie (en utilisation) doit être décrit convenablement

Description du tableau

PHASE	On / Off	$t_{annuel-phase}$	THERMIQUE		CYCLAGE THERMIQUE			HUMIDITE	
			$T_{ambiente}$	$\Delta T_{cyclage}$	θ_{cy}	$N_{cy-annuel}$	$T_{max-cyclage}$	$RH_{stockage-carte}$	
Marche	On	3 650	45	25,00	10,00	365	45	50	
Arrêt	Off	5 110	20	4,00	14,00	365	22	70	
Somme (1an = 8760 h) ==>			8 760						

PHASE	On / Off	$t_{annuel-phase}$	MECANIQUE		CHIMIQUE			Niveau de protection
			$G_{RMS-phase}$	Polution saline	Polution artificielle	Zone d'application		
Marche	On	3 650	0,10	Faible	Zone urbaine	Habitée		Non Hermétique
Arrêt	Off	5 110	0,01	Faible	Zone urbaine	Habitée		Non Hermétique
Somme (1an = 8760 h) ==>			8 760					

Il convient par exemple d'identifier

- ◆ Type précis de plate-forme intégrant le produit
- ◆ L'emplacement du produit dans la plate-forme
- ◆ Zone géographique ou climatique considérée
- ◆ Type d'emploi (condition d'utilisation)

Par exemple, un même produit utilisé dans deux zones géographiques différentes peut constituer deux cas d'emploi différents

Établissement du profil de vie global :

- ◆ Identification des cas d'emploi
- ◆ Identification des facteurs de variabilité dans chaque cas d'emploi
- ◆ Établissement du profil de vie pour chaque cas d'emploi
- ◆ Pondération relative de chaque cas d'emploi
- ◆ Fusion des profils de chaque cas d'emploi pour arriver à un profil unique

=> Il est souvent préférable de gérer plusieurs profils de vie

⇒ Un profil de vie type doit être un profil de niveau système

⇒ => il doit être demandé au client /utilisateur si possible contractuellement

- ◆ Le choix des phases doit permettre de décrire aussi complètement que possible les différentes situations d'emploi
- ◆ Distinguer une phase spécifique chaque fois que les conditions environnementales changent significativement au niveau des contraintes rencontrées
- ◆ L'identification des situations d'emploi doit d'abord se faire au niveau du système puis au niveau équipement, voire URA.

- ◆ Recommandation : Les profils de vie sont construits sur une durée de 1 an : soit 8760 heures (possibilité sur une durée de vie équipement)
 - 24 heures/jours
 - 730 heures/mois (en moyenne)
 - 8760 heures/an
- ◆ Le terme « heure calendaire » est utilisé
- ◆ Les durées doivent être choisies de façon à être le plus réaliste que possible
- ◆ Les durées de chaque phase sont exprimées en heures
- ◆ Objectif : Produire des taux de défaillance exprimé en FIT (1 FIT représente 1 défaillance pour 10^9 heures)

Température (contrainte thermique et thermoélectrique)

◆ Conditions de référence du guide

- Une température de T0 de 20°C
- Un niveau de contrainte électrique défini en fonction des technologies lorsque nécessaire

◆ Établissement des paramètres

- La donnée d'entrée pour chaque phase est :
 - La température ambiante T(°C)

Température (contrainte thermique et thermoélectrique)

- ◆ Le modèle physique de FIDES pour la température est parfois plus sensible que dans la MIL-HDBK-217F.
- ◆ La température à rentrer dans le modèle est la température ambiante de l'environnement
- ◆ Pour les évaluations de fiabilité au niveau composant, la température à considérer est la température ambiante de la carte électronique
- ◆ Cette température doit comprendre les élévations de température liées à la dissipation thermique des composants en fonctionnement

Cyclage thermique (contrainte thermomécanique)

◆ Conditions de référence du guide

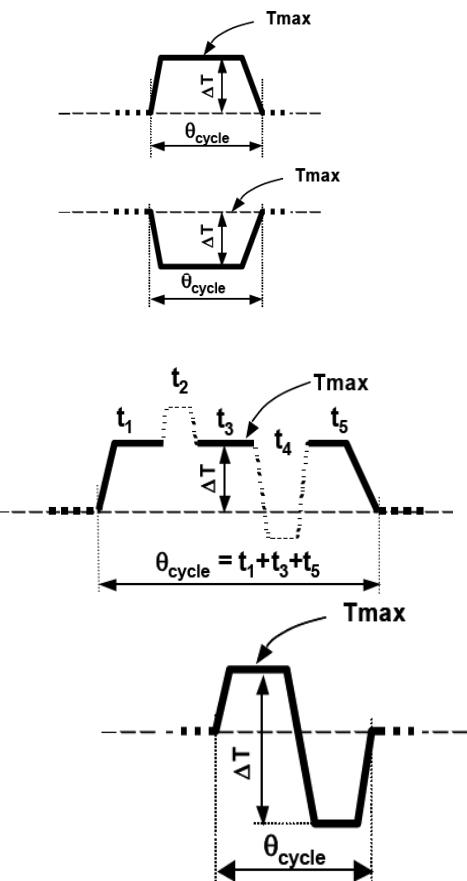
- Une amplitude de cycle ΔT_0 de 20°C
- Une fréquence de cycle N_0 de 2 cycles par jour
- Une durée de cycle θ_0 de 2 heures (ou supérieure à 2 heures)
- Une température maximale $T_{max-cyclage}$ (soit $T_0 + \Delta T_0$) de 40°C

◆ Établissement des paramètres

- L'amplitude du cycle en température ΔT (°C)
- Le nombre de cycles associé sur une année (quantité)
- La durée d'un cycle θ_{cycle} (en heures)
- La température maximale du cycle (°C)

Le guide FIDES précise les règles suivantes (1/3):

1. L'appréciation des cycles se fait à partir d'une température repère initiale du matériel (ex:Etat de repos)
2. Un cycle correspond généralement à un écart de température ΔT par rapport à la température repère :
3. Sur un cycle, d'autres cycles peuvent se superposer ou s'insérer :
4. Dans certain cas, on pourra considérer un cycle comme une variation de température autour d'une température moyenne :



Le guide FIDES précise les règles suivantes (2/3):**5. Dans de nombreux cas :**

$$\theta_{cycle} = \frac{\text{Temps calendaire}}{\text{Nombre de cycles annuel}}$$

6. Un cycle thermique doit correspondre à un phénomène identifié générant la contrainte

1. Ex : mise sous tension, montée en altitude, surchauffe liée à un état système
2. Un cycle doit être considéré de façon intègre et ne doit pas être scindé en plusieurs sous cycles

7. Plusieurs cycles identiques peuvent se succéder dans le profil : on dénombrera le nombre de cycles identiques

Le guide FIDES précise les règles suivantes (3/3):

- ◆ **Les paramètres du cyclage thermique sont normalement simples à évaluer**
 - En pratique les règles n°3 et n°6 ne sont pas toujours bien respectées
 - La confusion provient de la lecture du profil de température de l'équipement sans tenir compte de la règle n°6
- ◆ **L'application de la règle n°6 est prioritaire :**
 - Identifier le phénomène provoquant le cycle thermique
 - Bien repérer l'intégralité du cycle thermique caractérisé par:
 - La phase de changement de température initiant le cycle
 - La phase de retour à la température initiale
 - **Erreur courante en cas de cycles imbriqués :** Associer un cycle par transition de température au lieu d'associer un cycle aller-retour

Humidité relative

◆ Conditions de référence

- Une humidité relative RH₀ de 70%
- Une température ambiante T₀ de 20°C

◆ Établissement de paramètres

- Le taux d'humidité relative RH (%)
- La température ambiante (°C)

◆ Important : Prendre en compte le niveau d'humidité relative réellement vu par l'équipement

- Ex : considérer l'herméticité de l'équipement, la possibilité d'emprisonnement d'humidité dans un équipement hermétique ou le rôle de mesures dessicatives pouvant diminuer le taux d'humidité
- Ce facteur peut être prépondérant pour un profil de vie comprenant beaucoup de stockage

Niveau vibratoire

◆ Conditions de référence

- Un niveau vibratoire GRMS0 de 0,5 GRMS

◆ Établissement des paramètres

- Le niveau vibratoire aléatoire exprimé en GRMS
- Le niveau vibratoire doit être considéré dans le domaine de fréquences pertinent pour le produit considéré

◆ Sources de confusions entre :

- Les niveaux de qualification (en général majorant) et les niveaux typiques
- Les niveaux d'essai et les niveaux spécifiés
- Les niveaux d'essais accélérés (de durée de vie) et les niveaux nominaux
- L'hétérogénéité et les différentes références normatives

Contrainte chimique

■ Données d'entrée

◆ Le niveau de pollution saline:

- faible
- élevé

=> environnement marin ?

◆ Le niveau de pollution industrielle:

- négligeable
- Zone urbaine
- Zone urbaine et industrielle

=> risque de pollution chimique ?

◆ La zone d'application: Habitée

- Non habitée
- Moteur

=> risque de pollution chimique ?

◆ Le niveau de protection du produit :

- Hermétique
- Non hermétique

=> application du facteur chimique ?

(surtout connectique impactée)

Type d'application

■ Détermination du facteur induit via 8 questions

- ◆ Chaque réponse correspond à un niveau qualitatif (3 niveaux)
- ◆ La description complète du profil de vie contient en principes les réponses
- ◆ Chaque question est associée à un niveau (ex: niveau système)
 - Il faut répondre à la question au bon niveau

=> Le point de vue à privilégier est décrit dans le tableau ↗

Critères	Niveau
Type d'utilisateur dans la phase considérée	Système complet
Niveau de qualification de l'utilisateur dans la phase considérée	Utilisateur du produit dans le système complet
Mobilité du système	Système complet
Manipulation du produit	Produit
Type de réseau électrique du système	Système et produit
Exposition du produit à l'activité humaine	Produit dans le système complet
Exposition du produit aux perturbations de machines	Produit dans le système complet
Exposition du produit aux intempéries	Produit dans le système complet

Valeurs majorantes

- ◆ Les modèles FIDES ont été conçus pour être sensibles aux contributeurs physiques
- ◆ Prendre des valeurs majorantes conduit à enlever une grande part de la valeur prévisionnelle du résultat
- ◆ Dans le cas d'étude de sécurité, il vaut mieux utiliser un profil de vie réel, puis appliquer un coefficient de sécurité permettant de couvrir des aléas non prévus.

- 1) Introduction aux taux de défaillance**
- 2) Présentation générale de la méthodologie FIDES**
- 3) Description du profil de vie d'un Système**
- 4) Construction et Evaluation du PI Process**

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

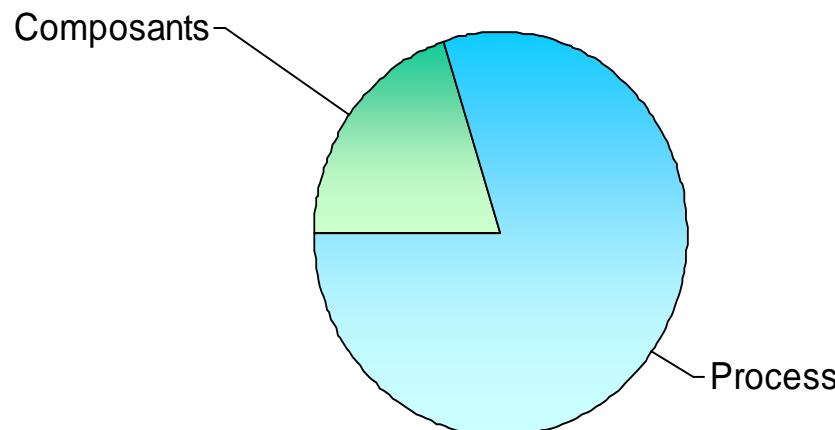
Facteur Π Process

Pourquoi une approche Processus ?

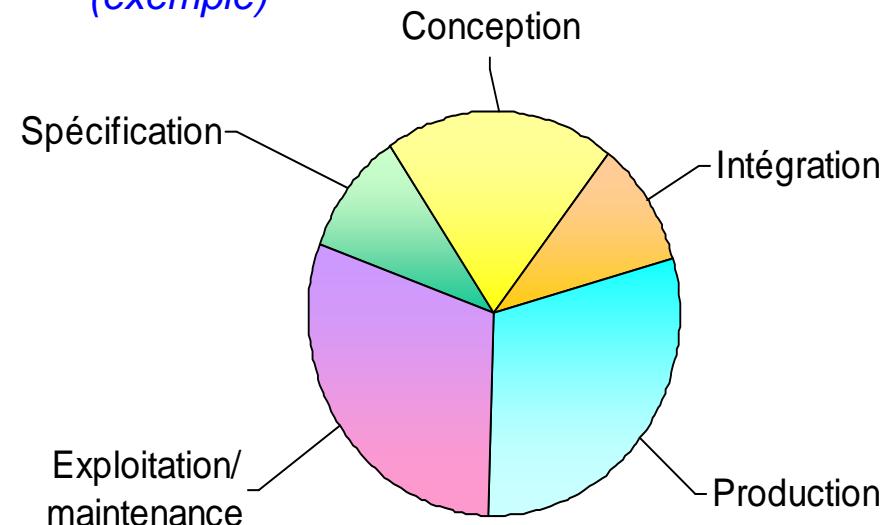
Constats de départ :

- ◆ 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 (exemple)

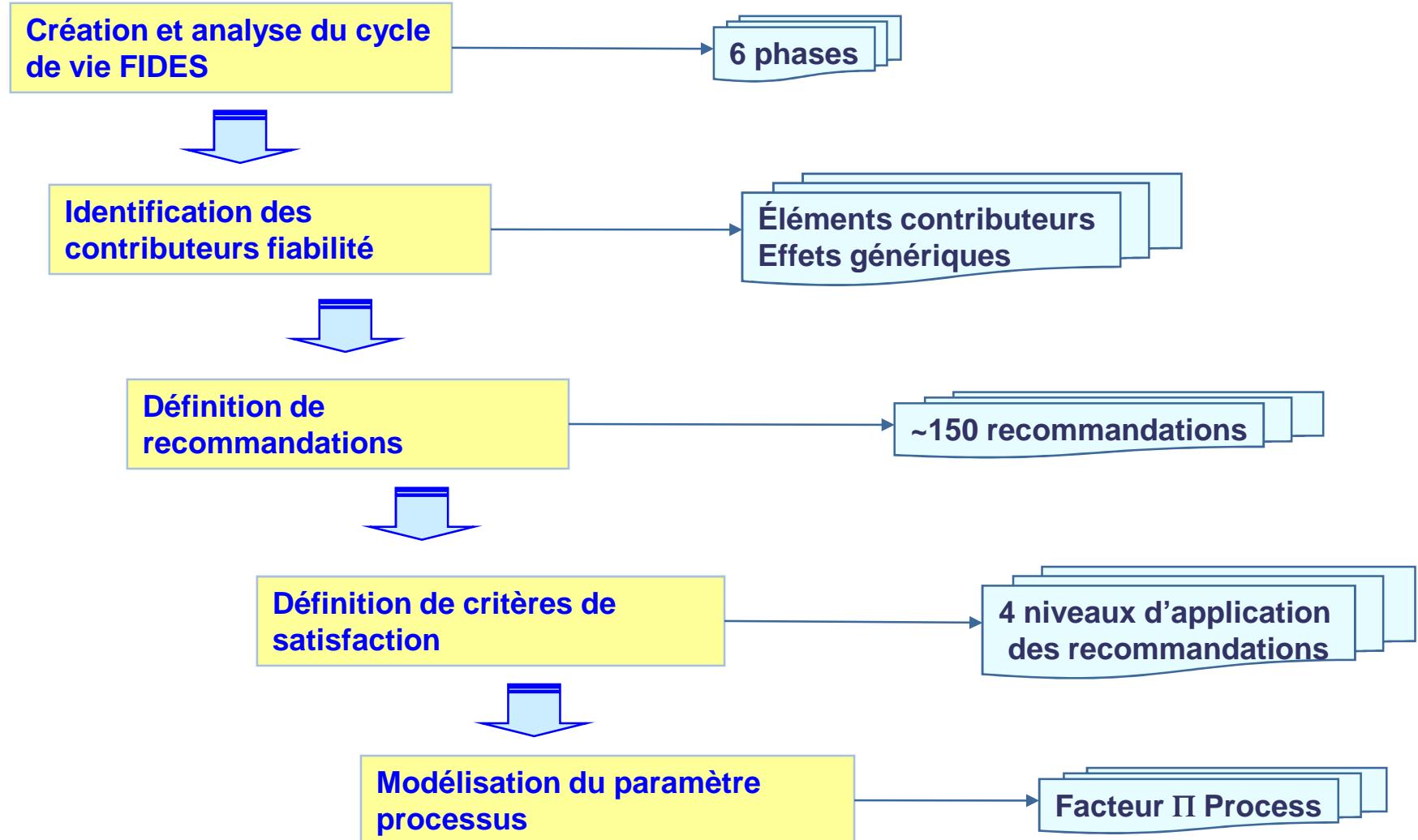


Répartition par rapport au cycle de vie (exemple)



ΠProcess :

- ◆ Représentatif de la qualité et de la maîtrise technique de la fiabilité dans le cycle de vie du produit .
- ◆ La méthode d'évaluation se base sur le niveau d'application de recommandations qui portent sur l'ensemble du cycle de vie.
- ◆ 156 recommandations, appliquées à plus de 300 activités élémentaires. (+ 16 pour le durcissement)
- ◆ Cycle de vie FIDES :
 - Spécification
 - Conception
 - Fabrication
 - Intégration équipement
 - Intégration système
 - Maintenance (et exploitation)
 - Activités de support (telles que qualité et ressources humaines)
- ◆ Plage de variation : 1 (le meilleur) à 8 (le pire)



Identification des Éléments Contributeurs Processus (ECP)

- ◆ Pour chaque activité élémentaire
 - Recherche des éléments contributeurs à la fiabilité
 - Définition de type d'effets génériques
- ◆ Regroupement des contributeurs identiques
- ◆ Pondération préliminaire de l'impact sur la fiabilité

Rédaction de recommandations (156)

- ◆ Au niveau des activités élémentaires
- ◆ A partir des éléments contributeurs identifiés
- ◆ A partir de recherches bibliographiques
- ◆ A partir de l'expérience des industriels

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.

Exploitation et Maintenance

Question de l'audit	Recommandation	N° de Référence	Poids de la recommandation	Niveau d'application				Points Bruts
				N1	N2	N3	N4	
		Note =>	0	1	2	3		
Les modes de manutention et de transport sont ils définis ?	Assurer la manutention	7	9,9					
Quel processus est mis en œuvre pour assurer : la collecte des faits techniques, l'établissement des rapports d'anomalies ainsi que la mesure de la croissance de fiabilité ? Comment sont gérées les évolutions du matériel ?	Assurer la mise en œuvre des actions correctives	8	17,5					
Les procédures relatives aux actions préventives comprennent-	Assurer la mise en œuvre des actions préventives	9	17,7					

Cycle de vie:

3 PRODUCTION EQUIPEMENT

P 3.3 Assemblage sous-ensembles et tests

P 3.3.25 Déverminage en température.

P 3.3.25.1 Déverminage en température.



Élément contributeur :

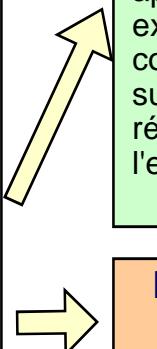
Maîtrise de l'utilisation des outils.



Recommandation :

Sécuriser les moyens (T° de l'étuve) par le biais de surveillances directes par sondes et enregistrements, pour éviter les overstress.

Tout overstress doit pouvoir être détecté et quantifié (instant d'apparition, niveau d'overstress par rapport aux paramètres requis). Cette détection doit pouvoir être visualisée en temps réel et non uniquement à l'issu de l'activité de façon à pouvoir intervenir en cours d'application diminuant ainsi la surcharge sur le sous-ensemble.



Critères de satisfaction :

1) Aucune sécurité particulière n'existe.

2) Des surveillances ou autres indicateurs permettant de savoir que l'on a respecté les niveaux de stress à appliquer par le moyens sur les sous-ensembles, existent. Cependant il n'existe pas d'étude ou de document formel traitant de ces actions de surveillance particulières.

3) Des surveillances ou autres indicateurs permettant de savoir que l'on a respecté les niveaux de stress à appliquer par le moyens sur les sous-ensembles, existent. Des documents formalisent le niveau de couverture ainsi que la mise en place de ces surveillances directes.

4) Des surveillances ou autres indicateurs permettant de savoir que l'on a respecté les niveaux de stress à appliquer par le moyens sur les sous-ensembles, existent. Des documents formalisent le niveau de couverture ainsi que la mise en place de ces surveillances directes. Le plan de surveillance ainsi réalisé a été validé par une autorité indépendante de l'exécutant.

Pondération impact sur fiabilité système :
6.6

Facteur Π Process

- ◆ Facteur représentatif de la qualité et de la maîtrise technique de la fiabilité dans le cycle de vie du produit.
- ◆ Modélisation du Π Process fonction :
 - du poids relatif des recommandations,
 - du nombre de recommandations identiques dans la phase,
 - du poids relatif de chacune des phases.

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

- le Process_grade est la note reflétant cette maîtrise processus
- δ_2 est un facteur de corrélation qui détermine la plage de variation du facteur Π Process (de 1 à 8)