



# VÉRIFICATION DES PERFORMANCES FIABILISTES EN FONCTION DES PROFILS DE MISSION

1. Contexte
2. Modélisation de l'effet de stress
3. Caractérisation des profils d'utilisation
4. Exemples d'application
5. Applications aux normes industrielles



Cadre de développement : Environnements opératoires bien maîtrisés

Phase d'exploitation : modes opératoires inconnus

- Approche *classique* d'estimation = mélange de lois avec  $\beta_0 \neq \beta_1$  (modes de défaillance différents)

Or les modes de défaillance restent les mêmes



Concept : Introduire un facteur d'homogénéisation

Exemple : 2 voitures de même type mais 2 modes de conduite différents

- *Hypothèse* :
  - Accélération du vieillissement
  - Augmentation du taux de défaillance
- *Conséquence* :
  - Si état 1 = condition stressée par rapport à état 0  
 $\Rightarrow \lambda_1(t) \geq \lambda_0(t), \forall t > 0$



**Modèle** : Si on suppose l'effet du stress constant, alors :

$$\lambda_1(t) = \psi_1 \times \lambda_0(t)$$

- $\lambda_0(t)$  : taux de défaillance nominal
- $\psi_1$  : constante de stress
  - $\psi_1 < 1$  : le stress 1 a un effet positif sur la défaillance
  - $\psi_1 = 1$  : pas d'effet de stress
  - $\psi_1 > 1$  : le stress 2 a un effet négatif sur la défaillance

**Définition** : Modèle de Cox ou Modèle des hasards (ou risques) cumulés



**Exemple** : On veut estimer l'effet de la température sur le fonctionnement d'un composant électronique pour lequel le taux de défaillance est supposé constant.

$$Ech_{25^{\circ}C} = \{14.7 ; 31.1 ; 34.9 ; 35.7 ; 36.3 ; 58.4 ; 59.6 ; 113.8 ; 128.8 ; 291.5\}$$

$$Ech_{45^{\circ}C} = \{8.3 ; 13.3 ; 14.8 ; 19.5 ; 25.1 ; 33.2 ; 47.0 ; 51.7 ; 73.5 ; 85.3\}$$





*Variables d'influence ou covariables ou variables explicatives :*

- Variables d'environnement
- Modes de fonctionnement

**Définition :** Un *profil de mission* est défini par le vecteur  $\underline{x} =$

$(x_1, x_2, \dots, x_k)$  tel que

$$x_i = \begin{cases} 0 & \text{le niveau de la covariable } i \text{ est standard} \\ 1 & \text{le niveau de la covariable } i \text{ est stressé} \end{cases}$$





Exemple :

1. On suppose identifiées et constantes les 2 variables d'influence la température et le niveau de fonctionnement. Décrire l'ensemble des profils associés à ces variables.
2. Ecrire une relation générique des taux de défaillance, fonctions des différents profils

Remarques

1. Objectif en **phase de conception** : Identification des profils (essais sévérés) + caractérisation (= estimation) des effets sur taux de défaillance (Essais accélérés)
2. Objectif en **phase de d'exploitation** : valider, ajuster les profils connus et identifier de nouveaux ...





Exercice :

On voudrait vérifier la fiabilité à 300h d'un système hydraulique dont le profil de mission est stable mais inconnu. L'approche préconisée est la suivante :

1. Identifier les caractéristiques fiabilistes de référence  $(\beta_0, \eta_0)$  si on suppose une loi de Weibull
2. Rapporter la liste des covariables et leurs facteurs de stress associés
3. Ecrire la vraisemblance de l'échantillon contenant les données d'exploitation (dates de défaillance et de censure)
4. Maximiser la vraisemblance par rapport à  $x_1$  et  $x_2$
5. Calculer  $R_1(t = 300h)$





## Données :

- Pour les points 1 et 2, base de données

- $$\begin{cases} \beta_0 = 3,5 \\ \eta_0 = 10\,000h \end{cases}$$

- Covariables :

- Pression nominale à 20 bars et accroissement au-delà de 45 bars d'un facteur  $b_1 = 0,33$
- Température nominale à 20°C et accroissement au-delà de 50°C de  $b_2 = 0,2$

# Expression de la vraisemblance

1. Rappeler la formule du taux de défaillance soumis à des stresses

# Expression de la vraisemblance

1. Rappeler la formule du taux de défaillance soumis à des stresses
2. Exprimer la fiabilité globale et la densité

# Expression de la vraisemblance

1. Rappeler la formule du taux de défaillance soumis à des stress

2. Exprimer la fiabilité globale et la densité

# Expression de la vraisemblance



1. Rappeler la formule du taux de défaillance soumis à des stress
2. Exprimer la fiabilité globale et la densité
3. Ecrire la vraisemblance pour un échantillon censuré



# Expression de la vraisemblance



1. Rappeler la formule du taux de défaillance soumis à des stress
2. Exprimer la fiabilité globale et la densité
3. Ecrire la vraisemblance pour un échantillon censuré



# Algorithme de résolution

On évalue la vraisemblance pour tous les profils de mission  $(0,0)$ ,  $(1,0)$ ,  $(0,1)$  et  $(1,1)$  et on conservera le profil à plus forte vraisemblance



Master ISMP - Castanier





## Exemple d'application : Estimer la durée de vie résiduelle d'un produit



Exemple :

On cherche à évaluer la durée de vie résiduelle moyenne d'un système dont les caractéristiques sont les suivantes :

- La distribution de durée de vie est une loi de Weibull
- Les paramètres de référence sont  $(\beta_0, \eta_0) = (1,6; 20 \text{ mois})$
- 3 covariables sont identifiées et les valeurs estimées de leurs effets sont  $b_1 = 0,3 ; b_2 = 0,8$  et  $b_3 = 0,5$
- Le système fonctionne depuis 7 mois et on considère qu'il a fonctionné les 6 premiers mois dans un contexte stressé et que durant le dernier mois les effets de la covariable 2 sont réduits.

1. Rappeler la définition de la MRL
2. Proposer une démarche de résolution
3. Résoudre le problème

## Normes et Banque de données de Fiabilité

- Ariane
- AVCO
- FIDES
- IEEE
- MIL-HDBK-217F
- OREDA
- UTE C 80-810

- Banque de données pour estimer les taux de défaillance (calculs de fiabilité prévisionnelle).
- “Part Count Method”
  - estimation grossière des taux de défaillance (utilisation dès les premières phases du projet)
- “Part stress analysis method”
  - Définition fine des stress
  - Modèle multiplicatif du taux de défaillance

$$\lambda_P = \lambda_b \cdot \pi_T \pi_A \pi_R \pi_S \pi_Q \pi_E$$

Symboles $\pi_E$	Environnement	Description	$\pi_E$
GB (Ground, Begnin)	Sur terre et fixe sans stress particulier	Immobile, avec température et humidité contrôlés, ...	1
GF (Ground, Fixed)	Sur terre et avec un environnement modérément contrôlé	Ventilation suffisante	2



- Recueil de données de fiabilité + modèles universels pour calcul de la fiabilité prévisionnelle des composants, cartes et équipements électroniques
- Prise en compte de l'environnement suivant profil de mission et non une simple pondération délicate à évaluer.
- Phases considérées :
  - Fonctionnement on/off avec des  $t^\circ$  extérieures différentes
  - Fonctionnement permanent avec des  $t^\circ$  moyennes extérieures
  - Stockage en mode "dormant"
- Exemple de modèles (Condensateurs en céramique)

$$\lambda = 0,05 \times \left( \frac{\sum_{i=1}^y (\pi_t)_i \times \tau_i}{\tau_{on} + \tau_{off}} + 3,33.10^{-3} \times \left[ \sum_{i=1}^j (\pi_n)_i \times (\Delta T_i)^{0,68} \right] \right) \times 10^{-9} / h$$



- Banque de données avec un guide d'évaluation de la fiabilité prévisionnelle, complété d'un **guide d'audit des processus fiabilité** pour les matériels électroniques, électriques, électromécaniques en fonction de :
  - Existence de modèles pour ces composants
  - prise en compte des facteurs technologiques, physiques
  - profil de mission
  - surcharges accidentelles
  - défaillances provenant du **développement, de la production et de l'exploitation**
  - **fournisseurs**
- Principe:
  - Décomposition du taux de défaillance en
    - contribution principale
    - sous-contributions

## Estimation des taux de défaillance en tenant compte :

- la technologie composant et son intégration dans l'équipement
- le processus
- l'utilisation

$$\lambda = \lambda_{phys} \times \prod_{Part\_Manufact} \times \prod_{Process}$$

## Estimation des taux de défaillance en tenant compte :

- la technologie composant et son intégration dans l'équipement
- le processus
- l'utilisation

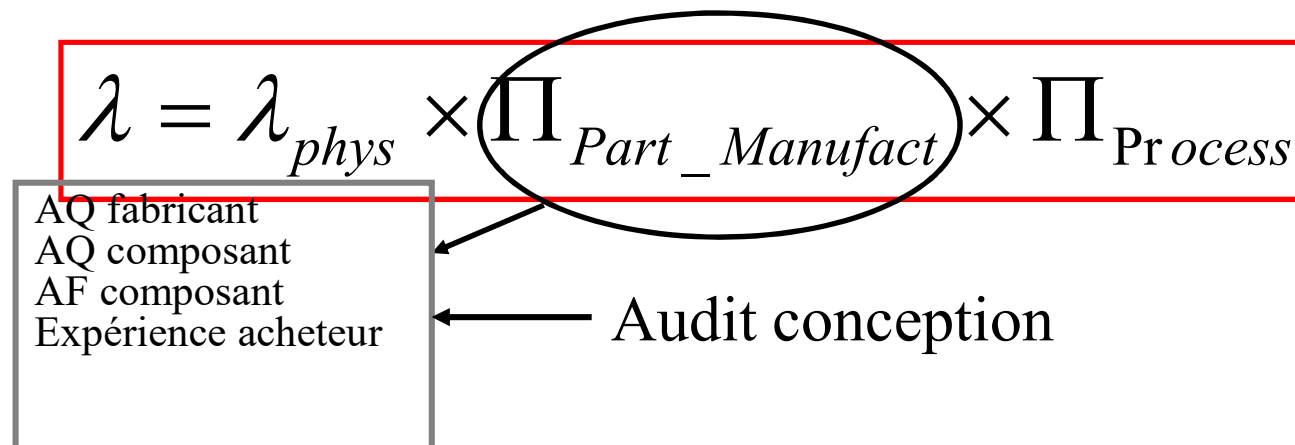
$$\lambda = \lambda_{phys} \times \prod_{Part\_Manufact} \times \prod_{Process}$$

$$\lambda_{phys} = \lambda_b \sum_i^{Phases} \left( \frac{t_{annuel}}{8760} \right)_i \cdot (\Pi_{Thermique} + \Pi_{électrique} + \Pi_{TCy} + \Pi_{Mécanique})_i \cdot \Pi_{induit-i}$$



## Evaluation des taux de défaillance en tenant compte :

- la technologie composant et son intégration dans l'équipement
- le processus
- l'utilisation





## Évaluation des taux de défaillance en tenant compte :

- la technologie composant et son intégration dans l'équipement
- le processus
- l'utilisation

$$\lambda = \lambda_{phys} \times \Pi_{Part\_Manufact} \times \Pi_{Process}$$

Audit

# Comparaison des 3 normes

	MIL-HDBK-217F	l'UTE-C 80-810	FIDES
$\lambda_p$ ( FIT )	7500	19.8	20.1

Stephane Azzopardi, Jean-Pierre Fradin, Mathieu Médina, Régis Meuret, Michel Piton, et al.. Etude prédictive de la fiabilité de l'électronique de puissance embarquée : projet CEPIA. Electronique de Puissance du Futur, Jul 2008, Tours, France. 2008. <hal-00322530>

