TP N° 82

Optimisation du dimensionnement d'un essai de fiabilité

Ce TP reprend des exemples de notre dernier ouvrage « Guide d'estimation de fiabilité » qui sont traités par notre nouvel outil d'optimisation et de simulation Cab Designer.

Il peut vous être fourni au format Word avec les fichiers Excel incrustés sur simple demande.

L'objet de ce TP est de démontrer un objectif de fiabilité en minimisant le nombre de pièces à tester et la durée de l'essai, afin d'en diminuer le coût.

Ce dimensionnent est réalisé à zéro panne escomptée, avec un risque significatif d'échec, ou en minimisant l'espérance du coût global de l'essai, en considérant une estimation a priori de la fiabilité du produit.

----

1 - Dimensionner un essai de fiabilité à zéro panne d'un composant à taux de défaillance constant

2 - Dimensionner un essai de fiabilité d'un composant soumis à usure

3 - Dimensionner un tel essai en minimisant son espérance de coût global

1 - Essai de fiabilité à zéro panne

L’exemple suivant porte sur l’optimisation du nombre de pièces à tester et du niveau d’accélération de l’essai à réaliser, pour démontrer un objectif de fiabilité d’un composant à taux de défaillance constant.

Zéro panne escomptée

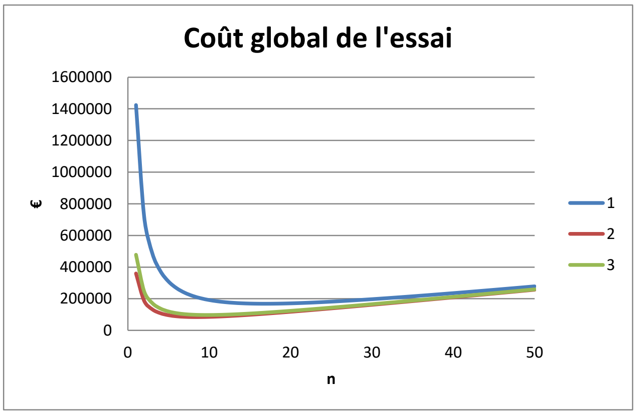
Taux de défaillance à démontrer :	3000	fits
Niveau de confiance de l'estimation :	60%	
Coût d'une pièce à tester :	5000	€

$$\lambda < \frac{\chi^2_{1-\alpha}(2r+2)}{2T}$$

Type d'essai :	FA	€/jour
1	1	200
2	10	500
3	30	2000

T	Durée essais	Coût essais
170275	2128	44343

Type d'essai :	2	
Nombre de pièces :	8	
Coût global :	84343	€



Feuille de calcul Microsoft Excel

La borne supérieure de l’intervalle de confiance du taux de défaillance est estimée par la loi du χ^2 avec r le nombre de défaillances et T la durée cumulée de fonctionnement.

Le risque de défaillance, et donc d’échec de l’essai, est ici voisin de 40 % (1 - β) si le taux de panne du composant est proche de l’objectif à démontrer.

2 - Composant soumis à usure

Dans le cas d’un composant soumis à usure, l’estimation peut être réalisée de manière conservative, au moyen de la loi binomiale, en testant chacune des pièces pendant toute la durée de la mission, comme l’illustre l’exemple suivant.

Traité par la méthode des moindres carrés, celui-ci donne le nombre de pièces à tester pour démontrer un objectif de fiabilité en fonction du nombre de pannes observées durant les essais.

Le risque d’échec est calculé à partir d’une estimation des paramètres d’une loi de Weibull caractérisant la fiabilité du produit.

Modélisation par une loi binomiale (conservatif)

$$\sum_{k=0}^{m} C_n^k (1-p)^{n-k} \leq \alpha$$

T :	5000
Objectif de fiabilité à T :	0,96
Niveau de confiance de l'estimation :	60%
α :	40%

Jugement d'expert (Weibull)

β :	2,5
σ :	30000
Fiabilité à T :	0,98872383

Nombre pièces nécesaires à l'essai			Risque d'échec
0 panne	22	0,407349443	22%
1 panne	50	0,400481197	11%
2 pannes	77	0,40069714	6%
3 pannes	103	0,406048343	3%

ε^2 : 9,13143E-05

Feuille de calcul Microsoft Excel

3 - Essai de fiabilité à espérance de coût minimale

Une optimisation du dimensionnement peut être également réalisée en couplant un outil d'optimisation à une simulation de Monte-Carlo du processus d'essai, comme l'illustre l'exemple suivant.

Essai de fiabilité

$$\sum_{k=0}^{m} C_n^k (1-p)^{n-k} \leq \alpha$$

Durée de la mission T :	100000	hr
Objectif de fiabilité à T :	0,95	
Niveau de confiance de l'estimation :	60%	
Nombre de pièces n :	13	
Type d'essai :	2	
Coût d'une pièce :	250	€
Coût de l'essai :	6250	€
Coût si le test échoue :	300000	€
Coût global :	309500	€

Type d'essai :	1	2	3
Facteur d'accélération :	1	8	25
Coût horaire (€):	0,2	0,5	3

Fiabilité réelle (Weibull)

β :	2,5
σ :	800000

Nombre de pannes : 1 — Succès de l'essai : FAUX

Pannes :	1er	2ème	3ème	4ème	5ème
t(hr) :	95018	286357	367944	422505	493837
1	868637	868637	868637	868637	868637
2	422505	422505	422505	422505	
3	95018				
4	493837	493837	493837	493837	493837
5	855608	855608	855608	855608	855608
6	855289	855289	855289	855289	855289
7	367944	367944	367944		
8	669103	669103	669103	669103	669103
9	286357	286357			
10	779112	779112	779112	779112	779112
11	861109	861109	861109	861109	861109
12	530701	530701	530701	530701	530701
13	535622	535622	535622	535622	535622
14					
15					
16					

Feuille de calcul Microsoft Excel

Remarque : Ce même dimensionnement pourrait être réalisé de manière plus précise sans employer l'approximation par la loi binomiale. Un troisième niveau de traitement serait alors utilisé pour ajuster une loi de probabilité par la méthode du maximum de vraisemblance après chaque simulation.