



HAL
open science

Adonis : Modéliser la Fiabilité des Composants et des Systèmes

Georges Habchi

► **To cite this version:**

Georges Habchi. Adonis : Modéliser la Fiabilité des Composants et des Systèmes. Congrès National de la Recherche des IUT 2018, Jun 2018, Aix-En-Provence, France. hal-01818922

HAL Id: hal-01818922

<https://hal.univ-smb.fr/hal-01818922>

Submitted on 19 Jun 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Adonis : Modéliser la Fiabilité des Composants et des Systèmes

Georges Habchi

georges.habchi@univ-smb.fr

IUT, Annecy, Université Savoie Mont Blanc
SYMME – Laboratoire des Systèmes et Matériaux pour la Mécatronique
5 Chemin de Bellevue – 74940 Annecy-le-Vieux

Thèmes – *Productique – Automatique – Mécanique – Informatique – Sciences pour l'Ingénieur*

Résumé – *« Adonis » est un outil développé par des enseignants chercheurs en poste en IUT suite à la publication de plusieurs travaux de recherche et l'encadrement de thèses de doctorat. Il est dédié à toute personne issue à la fois du monde industriel et du monde académique soucieuse des problèmes qui se rattachent au domaine de la sûreté de fonctionnement et plus particulièrement à ceux de la fiabilité et de la maintenance. Destiné à l'origine à l'enseignement, il est largement utilisé du Bac+2 au Bac+5. « Adonis » permet l'évaluation de la fiabilité des produits et des systèmes pendant les trois principales phases du cycle de vie d'un produit : conception, fabrication, exploitation. Ainsi, dans un premier module dédié à la fiabilité prévisionnelle, il permet de modéliser la fiabilité d'un système à l'aide des diagrammes de fiabilité (DF) en se basant sur la décomposition fonctionnelle du système en composants ou fonctions élémentaires. Dans un second module, il permet d'estimer et de modéliser la fiabilité expérimentale à partir des données d'essais réalisés en entreprise mais aussi d'exploiter les données du retour d'expériences pour évaluer la fiabilité opérationnelle.*

Mots-Clés – *Modélisation, Fiabilité, Maintenance, Distributions aléatoires, Qualité en production.*

1 Introduction

L'enseignement de la « *sûreté de fonctionnement* » avec ses principaux paramètres (F, M, D, S) notamment la *fiabilité* et la *maintenance* nécessite des traitements de données (historiques) parfois très fastidieux à la main ou même avec un outil tel que Excel pour des raisons diverses :

- La modélisation de la fiabilité des systèmes à l'aide des diagrammes de fiabilité reste simple lorsque la structure est simple et la fiabilité des composants est constante. Par contre, pour des systèmes plus complexes ayant des composants caractérisés par des distributions de fiabilité aléatoires, l'utilisation d'un outil devient nécessaire.
- Les données ne sont pas forcément complètes et des données manquantes peuvent exister (données censurées, tronquées, suspendues, ...).
- Les méthodes d'exploitation et de traitement des données sont nombreuses et peuvent même être différentes pour le même type de données. L'apprentissage de ces méthodes n'est pas forcément un objectif en soi.
- Le traitement des données peut être ponctuel ou par classes.
- La recherche de modèles théoriques basés sur des estimations peut être réalisée sur du papier fonctionnel (semi-log, Alan Plait, Henry), mais la méthode reste approchée pour la recherche des paramètres des lois et parfois fastidieuse.
- La recherche des paramètres des distributions est optimale si des méthodes d'optimisation sont utilisées.

Pour toutes ces raisons mais aussi pour des raisons liées à des travaux de recherche, l'outil « *Adonis* » [1] a été développé et mis à disposition de l'enseignement depuis le début des années 2000. La version actuelle disponible en français et en anglais dispose de 2 modules, l'un dédié à la fiabilité prévisionnelle (phase conception) et l'autre dédié à la fiabilité expérimentale (phase fabrication) et opérationnelle (phase utilisation).

2 La fiabilité prévisionnelle

En ce qui concerne la fiabilité prévisionnelle des systèmes à l'aide des diagrammes de fiabilité, tout type de structure peut être pris en considération : série, parallèle, majoritaire (k/n) et quelconque. Les données de fiabilité des composants peuvent être constantes ou temporelles définies selon quatre distributions principales en fiabilité (exponentielle, normale, Weibull à 3 paramètres, log-normale). Un profil de mission peut être associé à chacun des paramètres des distributions, et les paramètres peuvent évoluer en fonction du profil selon différentes

lois : linéaire, exponentielle, Arrhenius, logarithmique, ... Le calcul de fiabilité en fonction de l'unité d'usage (cycle, heure, km, année, ...) fournit l'ensemble des fonctions de fiabilité des composants et du système (fiabilité, défaillance, taux de défaillance, densité de défaillance). Ce module a subi ces dernières années des améliorations notables dans le cadre du projet PROMISE dédié à la fiabilité prévisionnelle des systèmes mécatroniques [3, 4, 5, 6]. Il doit subir dans un avenir proche une nouvelle évolution pour la prise en compte des composants logiciels.

En terme de modélisation, seuls 5 éléments principaux sont utilisés pour réaliser un modèle de diagramme de fiabilité :

- Le bloc origine (un seul est nécessaire par DF),
- Le bloc destination (un seul est nécessaire par DF),
- Le bloc composant (représente un composant ou un sous-ensemble du système),
- Le bloc nœud (nécessaire pour représenter le début de plusieurs branches en parallèle ainsi que la fin),
- Le lien (nécessaire pour lier les différents blocs entre eux).

La figure 1 montre le diagramme de fiabilité sous *Adonis* d'un système assez complexe alors que la figure 2 montre les courbes de fiabilité des composants et du système.

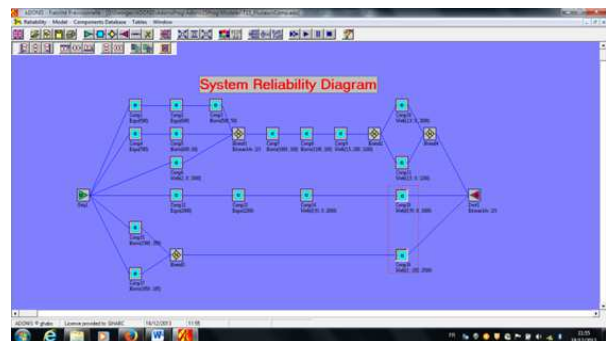


Figure 1 – Aperçu d'un modèle en DF sous *Adonis*

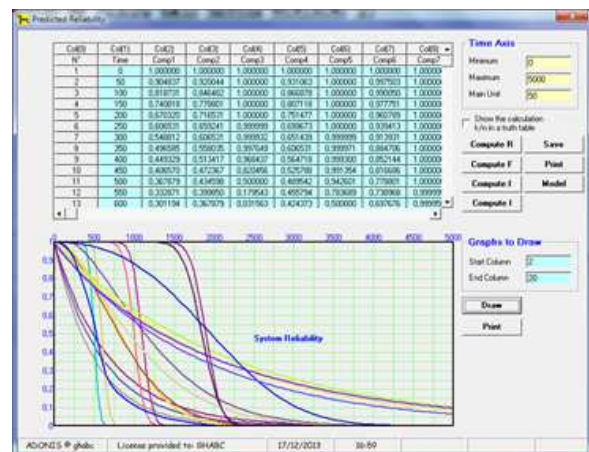


Figure 2 – Courbes de fiabilité sous *Adonis*

3 La fiabilité expérimentale et opérationnelle

Le second module d'Adonis est dédié à la fiabilité expérimentale et opérationnelle. La première est estimée suite au traitement et analyse des données recueillies d'essais réalisés en entreprise. La seconde est obtenue par traitement et analyse des historiques de retour d'expériences. Les données peuvent être organisées en plusieurs séries soit ponctuelles soit par classes. Elles peuvent être complètes, censurées, tronquées, suspendues, ou fractionnées. Plusieurs méthodes sont disponibles pour traiter les données : actuariat, Kaplan-Meier, Wayne-Nelson, Johnson, méthode de la médiane, loi du min, etc. Dans certains cas, l'estimation de la défaillance est réalisée en utilisant les rangs médians, les rangs moyens, les fréquences cumulées et les fréquences cumulées symétriques. Deux nouvelles méthodes de traitement des données suspendues ont été développées en recherche et intégrées au logiciel [2, 7]. Elles ont montré de meilleurs résultats en comparaison avec les méthodes existantes. Quatre lois de distribution sont disponibles afin de modéliser les défaillances estimées : loi exponentielle, loi normale, loi de Weibull à 3 paramètres, loi log-normale. En cas de traitement de plusieurs séries simultanément, Adonis permet de réaliser des modèles de Weibull mixés ou composés. La recherche de modèle théorique des distributions peut être réalisée selon différents modèles d'optimisation :

- La régression $x=f(y)$, $y=f(x)$ et orthogonale,
- MLE (Maximum Likelihood Estimation) selon Nelder,
- MLE selon Newton/Raphson,
- WeiBayes (cas sans ou avec 1 défaillance),
- Théorème de succès (cas sans défaillance).

Des limites de confiance bilatérales ou unilatérales peuvent être tracées selon plusieurs méthodes : Fisher, loi binomiale, et la norme CEI 61649-F.

La figure 3 montre les modèles de 3 séries de données à l'aide d'une optimisation MLE selon Nelder avec des limites de confiance selon Fisher à 90%.

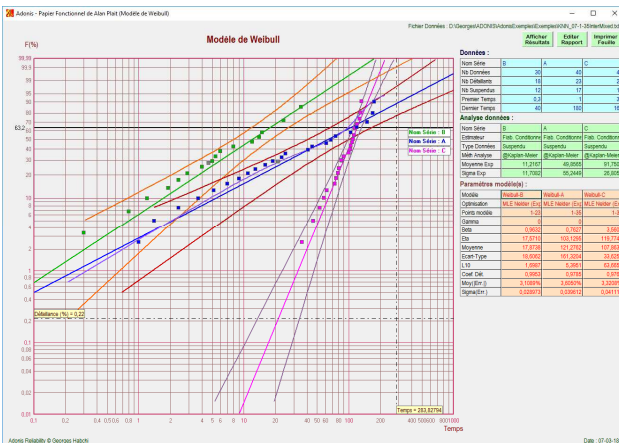


Figure 3– Modèles de Weibull de 3 séries de données

La figure 4 montre les modèles des 3 séries de données précédentes sur une échelle linéaire.

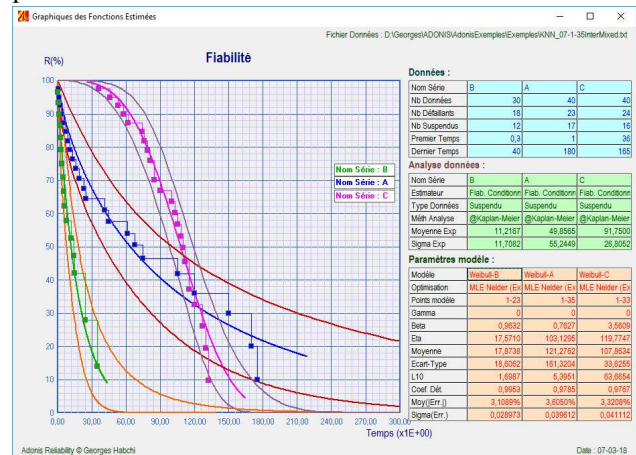


Figure 4– Modèles de Weibull des 3 séries précédentes sur une échelle linéaire

4 Conclusions

En plus de l'enseignement du Bac+2 au Bac+5, « Adonis » est largement utilisé en entreprise pour modéliser la fiabilité des composants et de systèmes réels et en recherche pour valider des méthodes nouvelles.

Références

- [1] <http://qlio-annecey-transfert.com/>
- [2] Habchi G., An Improved Method of Reliability Assessment for Suspended Tests, *International Journal of Quality and Reliability Management (IJQRM)*, 2002, Vol. 19, N°4, p. 454-470
- [3] Habchi G., Barthod C., An overall methodology for predictive reliability evaluation of mechatronic systems with industrial application, *Journal of Reliability Engineering & System Safety (RESS)*, 2016, Vol. 155, p. 236-254
- [4] Hammouda N., Habchi G., Barthod C., Duverger O. Lottin J., *Implementation of a methodology evaluating the reliability of mechatronic systems*, 10th France – Japan Congress, 8th Europe – Asia Congress on Mechatronics. November 27-30, 2014, Tokyo, Japan
- [5] Hammouda N., Habchi G., Barthod C., Duverger O. *Mise en œuvre d'une méthodologie d'évaluation de la fiabilité pour les systèmes mécatroniques*, 21ème Congrès Français de Mécanique (CFM), Bordeaux, France, 26-30 août 2013, 6 pages
- [6] Hammouda N., Habchi G., Barthod C., Duverger O. *Fiabilité des systèmes mécatroniques en utilisant la Modélisation et la simulation*, 10ème Conférence Francophone de Modélisation, Optimisation et Simulation (MOSIM'14), 5-7 novembre 2014, Nancy, France
- [7] Habchi G., *Modélisation de la Fiabilité dans le Cas d'un Essai Suspendu – Proposition d'une Nouvelle Méthode Probabiliste*, 4ème Congrès Int. Pluridisciplinaire Qualité et Sécurité de Fonctionnement (QUALITA'01), Annecy, France, mars 2001, p. 425-432