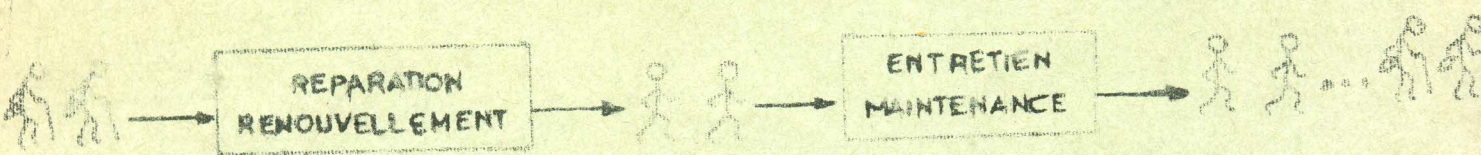


MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
Instituts Nationaux d'Enseignement Supérieur  
BEJAIA

# MODELES DE FIABILITE ET SCIENCES DE L'INGENIEUR

ACTES  
de la Conférence Nationale  
M.F.S.I

Organisée par  
Le Laboratoire de Recherche LAMOS



Amar Aissani et Djamil Aissani  
Editeurs

Béjaia - Mars 1988



# CONFERENCE NATIONALE

## MODELES DE FIABILITE ET SCIENCES DE L'INGENIEUR

# M.F.S.I

### Comité d'Organisation

M.S. Radjef (Recherche Opérationnelle, Président), A. Attouche (Génie Chimique), S. Adjabi (Statistiques Appliquées), R. Alkama (Electronique), M. Belabbas (Mécanique), D. Aissani (Probabilités), B. Tala Ighil (Electrotéchnique), H. Kherbachi (Econométrie), K. Imadalou (Informatique), M. Benouaret (Sciences Economiques)

### Comité Scientifique

A. Aissani	Service Informatique, E.N.I.T.A , Bordj-el-Bahri (Coordonnateur)
A. Ouabdesselem	Dpt Génie Industriel, Ecole Nationale Polytechnique, El Harrach
H. Bessalah	C.D.T.A, Haut Commissariat à la Recherche, Alger
M. Hafid	Dpt Probabilités-Statistiques, U.S.T.H.B Bab Ezzouar
M. Hamchaoui	Direction de l'Engineering, Air Algérie, Dar-el-Beida
L. Benloucif	Institut d'Electronique, Université d'Annaba
A. Boubakeur	Dpt Génie Electrique, Ecole Nationale Polytechnique, El Harrach
D. Aissani	Laboratoire de Modélisation Stochastique, I.N.E.S de Béjaia
M. Damou	Laboratoire Mécanique des Structures, D.R.S, MD.N. Chéraga

# AVANT-PROPOS

La Conférence Nationale *Modèles de Fiabilité et Sciences de l'Ingénieur* est la première manifestation organisée en Algérie sur la fiabilité. Elle est l'aboutissement d'une longue réflexion, suivie au milieu des années quatre-vingt d'une série d'actions ayant conduit notamment à l'introduction de modules de fiabilité dans des formations spécifiques, la rédaction d'un ouvrage de synthèse et la formation en 1987 des premiers ingénieurs fiabilistes, suite à un rapport rédigé à la demande de la Direction de la Recherche Scientifique du Ministère de la Défense Nationale (rapport publié en 1989 dans le N°4 de la revue de la maintenance).

Le comité d'organisation a reçu plus de 200 demandes de participation émanant de 65 institutions scientifiques et organismes du secteur industriel de 25 villes du pays. Le programme élaboré par le comité scientifique reflète l'orientation que nous avons voulu donner à cette manifestation. L'intérêt des différentes contributions, l'étendue des questions traitées, la richesse des commentaires des rapporteurs et de la discussion en général ont été à l'image du foisonnement de la discipline.

L'intérêt de la notion de fiabilité est mis en évidence dans l'article *Qualité et Fiabilité*, publié par la suite dans le N°1 de la revue *es-Siyana* du Ministère de l'industrie lourde.

La partie vulgarisation a été présidée par Mer François Charlot, Maître de Conférences à l'U.S.T.H.B Alger. Programmée à l'intention des ingénieurs du secteur industriel et des cadres du secteur socio-économique, elle a particulièrement clarifié les applications à la mécanique, la sûreté de fonctionnement des systèmes informatiques et l'électronique. L'expérience de l'entreprise Sonatrach a également fait l'objet d'une communication. Les textes des communications posters (A. Aouimer et Z. Haddad, H. Kherbachi, A. et D. Aissani) n'ont pas été intégrés dans ces actes. Cependant une action pour la diffusion de ces contributions a été entreprise. Ainsi, la conférence du Professeur A. Ouabdesselem *Fiabilité et Maintenance* a par la suite fait l'objet d'une publication dans la revue *es-Siyana* (N°2, 1989).

Le comité scientifique a structuré la partie scientifique en quatre thèmes :

\* *Modèles Stochastiques* (Session présidée par le Professeur A. Ouabdesselem, ancien Directeur de l'Ecole Nationale Polytechnique).

\* *Sûreté de Fonctionnement des Systèmes Informatiques* (Session présidée par le Commandant M. Damou, Directeur de la Recherche Scientifique du Ministère de la Défense Nationale).

\* *Fiabilité Mécanique* (Session présidée par Mer M. Boumahrat, Directeur Général de l'Institut National de Génie Mécanique, Boumerdes).

\* *Fiabilité des Systèmes Electro-Energétiques* (Session présidée par Mer A. Boubekeur, Directeur Adjoint de l'Ecole Nationale Polytechnique, El Harrach).

La table ronde, animée par Mer A. Harrat, Directeur Général de l'Institut National de Maintenance d'Algérie (Hydra), a vu la participation des comités de maintenance de Wilaya, les cadres de l'U.S.E.A et les ingénieurs du secteur industriel : CERHYD (Dar-el-Beida), E.N.P.V.P (Guelma), PMA/CMA (Sidi-Bel-Abbes), SIDER (Annaba), ORLAC (Draa Ben Khedda), SONELGAZ (Derguina), EMAC (Kherrata), ENPEC (Sétif), ERIAD (Kherrata), ENATB (Béjaia), ENMGP,...

L'exposition du livre sur la fiabilité et la maintenance des équipements, organisée par la Bibliothèque des I.N.E.S de Béjaia en collaboration avec les centres de documentations de l'INELEC (Boumerdes), du C.D.T.A - Haut Commissariat à la Recherche (Alger), de l'I.N.MA (Hydra) et de l'I.N.G.M (Boumerdes) a vu défiler plusieurs centaines de visiteurs.

Organisée par le LAMOS (Laboratoire de Modélisation Stochastique), la Conférence Nationale M.F.S.I est la première manifestation scientifique qui se déroule aux I.N.E.S de Béjaia depuis leurs créations en 1983. Bien couverte par les médias (R.T.A, A.P.S, les échos de la Soummam, El Moudjahid), elle a permis aux I.N.E.S de Béjaia de développer des contacts extérieurs avec l'industrie, le secteur socio-économique et les autres établissements d'enseignement supérieur et de recherche. A cet égard, un fichier sur les spécialistes de la fiabilité a été initié. Ce sont donc toutes ces raisons qui nous ont amené à éditer les actes, malgré les nombreuses insuffisances que le lecteur ne manquera pas de relever.

Le comité d'organisation et le comité scientifique remercient toute la communauté universitaire de Béjaia (Enseignants, Administrateurs, Techniciens, Travailleurs et Etudiants) qui, de près ou de loin, nous ont aidé dans notre tâche.



# SOMMAIRE

Avant-Propos .....	01
Qualité et Fiabilité .....	05
D. Aissani	
A - PARTIE SCIENTIFIQUE .....	07
1 - Modèles Stochastiques .....	09
Quelques caractéristiques ergodiques du système non fiable M/G/1/1 avec rappels	11
A. Aissani	
Estimation adaptative de la fiabilité des modèles dynamiques .....	21
G. Khatskievitch et A. Baheddi	
Quelques résultats sur la stabilité d'un modèle de refus (défaillance avec ingérence) .....	29
D. Aissani	
Sensibilité, robustesse, fiabilité des systèmes multi-entrées et multi-sorties .....	33
E. Karslian	
2 - Sureté de Fonctionnement des Systèmes Informatiques .....	39
Modèles markoviens pour le test aléatoire de cartes à microprocesseurs .....	41
Z. Abbazi	
Les codes correcteurs d'erreurs pour l'élévation de la sureté d'un système informatisé. ....	49
A. Dzodzouachvili	
Méthodologie pour la fiabilité fonctionnelle des micro-ordinateurs .....	55
Z. Haddad	
3 - Fiabilité Mécanique .....	63
Approche probabiliste de la rupture sous sollicitation dynamique .....	65
G. Pluinage et A. Bia	

Utilisation des techniques de fiabilité en mécanique : fatigue des métaux . . . . .	77
A. Bia	
<b>4 - Fiabilité des Systèmes Electro-Energétiques . . . . .</b>	<b>97</b>
Les essais non destructifs comme le fondement de la fiabilité d'éléments et construction . . . . .	99
J. Mazurek et B. Keskes	
Analyse de fiabilité pour la planification et l'exploitation des réseaux électriques .	103
K.D. Haim	
Problèmes de fiabilité des systèmes électro-énergétiques . . . . .	111
A. Kouliev	
Estimation de la fiabilité d'une commande électrique d'un système régulateur de tension . . . . .	113
V. Filitchev	
<b>B - PARTIE VULGARISATION . . . . .</b>	<b>119</b>
Fiabilité et Maintenance . . . . .	121
A. Ouabdesselem	
Evaluation de la sureté de fonctionnement des systèmes informatiques . . . . .	127
A. Aissani	
Analyse de fiabilité dans le transport d'hydrocarbures par canalisation . . . . .	129
M. Bellabas	
Fiabilité des semi-conducteurs . . . . .	143
R. Alkama	
<b>C - TABLE RONDE . . . . .</b>	<b>151</b>
<b>D - EXPOSITION . . . . .</b>	<b>151</b>
Programme de la Conférence . . . . .	153
Fiche de renseignements . . . . .	159
Index des auteurs. . . . .	161



# QUALITE ET FIABILITE

Discours de bienvenue prononcé par M. Aissani à l'occasion de l'ouverture du séminaire sur la qualité et la fiabilité de Béjaia.

A la question : qu'est-ce que la qualité totale (A.A. N° 1164), les cadres de l'ENORI répondent : zéro défaut, zéro panne, zéro stock... Cependant les pannes existent et il est nécessaire de prévoir un stock de sécurité (pièces de rechange) qui soit minimal. On doit, d'autre part, pouvoir déterminer les dates de renouvellement ou de maintenance préventive. Il existe pour cela des méthodes de gestion des stocks ou de maintenance des équipements, basés sur une connaissance de la fiabilité de ces derniers.

En effet, au niveau des systèmes complexes et des grandes unités industrielles, l'expérience et le bon sens des responsables, techniciens et ingénieurs ne suffisent plus. Il est évident que la mise en place de systèmes faiblement fiables ne correspondrait nullement aux objectifs de rendement maximum, propres à tout esprit rationnel. La maintenance des équipements, de par la spécificité des questions abordées et les particularités des méthodes de résolutions utilisées est aujourd'hui, sans aucun doute, un domaine d'application plus ou moins autonome de la recherche opérationnelle.

Qualité et fiabilité : c'est le titre de la première conférence internationale sur la fiabilité (Aix-en-Provence, 1962). Aussi surprenant que cela puisse paraître, un spécialiste algérien y a participé. Il s'agit du professeur A. Ouabdesslam, ancien membre de l'association française du contrôle industriel de la qualité. 26 ans après, le professeur Ouabdesslam est attendu à Béjaia pour participer à la première manifestation sur la fiabilité en Algérie.

La fiabilité est un concept qui intéresse de nombreux domaines de l'activité humaine : économique, scientifique, technique et industrielle... Elle est étroitement liée à des notions de sécurité de fonctionnement, de qualité, d'efficacité ou de performance (1). Il peut paraître étrange de constater que les exigences envers la fiabilité, la sûreté ou la sécurité s'accroissent malgré

les énormes progrès de la science et de la technologie. Cette dialectique s'explique par la nécessité d'automatisation des systèmes opérationnels et aussi par la complexité toujours croissante des systèmes conçus qui exigent des critères rigoureux de sécurité (2). En effet, les concepteurs sont confrontés à des problèmes de réalisation d'architectures complexes, de structures informatiques de plus en plus difficiles à mettre en œuvre, malgré les nouvelles possibilités amenées par le développement des circuits à large échelle d'intégration. Avant de mettre sur orbite un vaisseau spatial habité, les techniciens devront être fortement convaincus de son aptitude à remplir sa mission ; outre les pertes considérables en vies humaines, l'échec de la navette spatiale Challenger a eu pour conséquences une baisse de la crédibilité de la NASA, ainsi qu'une révision des projets à court et à long termes. Rappelons également les conséquences des défaillances (humaines et matérielles) de la centrale nucléaire de Tchernobyl (URSS), l'usine Bhopal (Inde) et la série noire de catastrophes aériennes de ces derniers mois ou celle des D.C 10 d'il y a deux ans.

Est-ce trop tôt en Algérie pour s'intéresser à ce type de problèmes ? Nous en doutons, le transfert de technologie ayant permis l'acquisition d'un ensemble d'unités industrielles (Skikda, El Hadjar, Arzew...), ainsi qu'une flotte aérienne conséquente.

La fiabilité est l'aptitude, d'un système (équipement...) à accomplir une fonction (ou mission) donnée durant une période déterminée dans des conditions spécifiées d'exploitation.

D'autre part, la qualité d'un système est l'ensemble des propriétés qui déterminent son niveau d'utilité pour son utilisation selon la destination. On peut alors donner une nouvelle définition de la fiabilité : c'est l'aptitude à conserver la quali-

Par M. Djamil Aissani, docteur d'Etat, maître de conférences à l'université de Béjaia

té dans des conditions données d'exploitations, pendant une période donnée.

La sûreté de fonctionnement est l'aptitude d'un système ou de son environnement à minimiser la fréquence d'apparition des défaillances et à minimiser leurs effets. Cette notion est caractérisée par :

- la *fiabilité*, qui est la faculté du bon fonctionnement continu durant une année.

- la *disponibilité*, qui est la faculté du système à accomplir correctement ses tâches lorsqu'il est sollicité ;

- la *maintenabilité*, qui est l'aptitude à localiser, à réparer les éléments défaillants et corriger les erreurs.

- la *longévité* qui est l'aptitude du système à une longue durée d'exploitation ;

- la *sécurité* qui est la faculté d'éviter les événements catastrophiques pour la mission à accomplir ;

Les notions définies ci-dessus sont en relation étroite avec l'*efficacité* ou la *performance* du système qui est un critère de *qualité*

Ainsi, nous dirons que la théorie de fiabilité est le domaine de l'ingénieur orienté vers l'application des méthodes mathématiques utilisées lors de la conception, l'élaboration, la réception, le transport, le stockage et/ou l'exploitation du système pour garantir une efficacité maximale.

- elle étudie la loi d'apparition des défaillances et les méthodes de leur prévision ;

- elle établit et étudie les critères de sûreté de fonctionnement ;

- elle élabore les méthodes de contrôle de la fiabilité et les procédures d'essais de fiabilité ;

- elle étudie les méthodes d'évaluation de la fiabilité à l'étape de la conception ;

- elle établit les méthodes de maintenance préventive.

Le but des calculs mathématiques

est de permettre aux responsables (d'entreprises, d'ateliers...) de prendre une décision, c'est-à-dire réaliser une analyse critique de situation et en fin de compte, choisir entre les différentes variantes.

Remarquons ici, que la prise de décision dépasse le cadre de la recherche opérationnelle. Elle concerne la compétence d'une certaine personne (la plupart des temps, d'un groupe de personnes à qui incombe la tâche du choix définitif, et par là même, la responsabilité de ce choix. En prenant sa décision, ce groupe de personnes peut étudier (en plus des recommandations qui découlent des calculs mathématiques) une série de critères n'ayant pas été étudiés dans les calculs.

Tout ceci nous permet d'affirmer que les études de fiabilité font intervenir divers facteurs dont les plus importants sont l'expérience de l'opérateur qui est en contact quotidien avec l'équipement ; les physiciens qui peuvent évaluer les contraintes mécaniques ou autres ; les économistes qui doivent estimer les divers coûts et surtout la psychologie de l'ingénieur qui permet d'effectuer une synthèse de ces résultats.

La conférence de Béjaia se propose d'évaluer la solution habituelle de facilité (« la fiabilité n'est pas pour aujourd'hui en Algérie ») et d'essayer de réunir les personnes qui font des problèmes de fiabilité et de maintenance, leur domaine d'intérêt. Il ne s'agira pas là de faire venir des spécialistes étrangers pour nous exposer ce que leurs « boîtes » peuvent nous « faire », mais précisément d'une rencontre de spécialistes algériens (universitaires, industriels, économistes), qui viendront nous parler de leur expérience, nous apporter leur témoignage et prendre en considération tous les aspects du problème.

Aux participants à la conférence nationale « Modèles de fiabilité et science de l'ingénieur », nous disons : soyez les bienvenus !

## BIBLIOGRAPHIE

- (1) Randell B, Lee P.A, Treleven P. Reliability issues in computing system designs, ACM computing survey, V 10, N° 2 1978.
- (2) Hecht H. Fault tolerant software for real time application, computing survey, V.8 N° 4 1976.
- (3) Aissani D. quelques questions de maintenance des équipements ? U.E.R Mécanique, janvier 1987.
- (4) Aissani A. Théorie de fiabilité, U.E.R Math-Info, décembre 1987.