HAL
open science

Modèle markovien déterministe par morceaux caché pour la propagation de fissure

Florine Greciet, Romain Azaïs, Anne Gegout-Petit, Maeva Biret

To cite this version:

Florine Greciet, Romain Azaïs, Anne Gegout-Petit, Maeva Biret. Modèle markovien déterministe par morceaux caché pour la propagation de fissure. Mathématiques, oxygène du numérique, Oct 2016, Paris, France. hal-01398288

HAL Id: hal-01398288

https://hal.science/hal-01398288

Submitted on 21 Nov 2016

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.

Modèle markovien déterministe par morceaux caché pour la propagation de fissures

F. Greciet, R. Azaïs, A. Gégout Petit, M. Biret

Doctorante CIFRE Safran Aircraft Engines

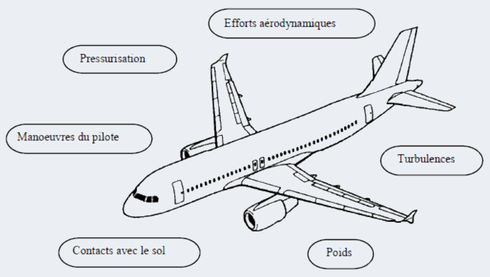
Université de Lorraine

depuis mars 2016

Contexte industriel : la sécurité aérienne

En aéronautique, **les risques de défaillance des structures sont décuplés** par l'environnement extrême dans lequel doivent fonctionner les composants.

Durant son service un avion est soumis à de nombreuses sollicitations.



Chaque sollicitation peut entrainer l'initiation d'une fissure sur une structure. Leur cumul sur plusieurs dizaines de milliers d'heures de vols conduisent à la **propagation de fissures**. Ces fissures peuvent évoluer différemment selon le matériau touché, ou encore la taille et l'emplacement de la fissure.
A terme elles peuvent engendrer la rupture de la pièce, qui peut s'avérer être un événement catastrophique.

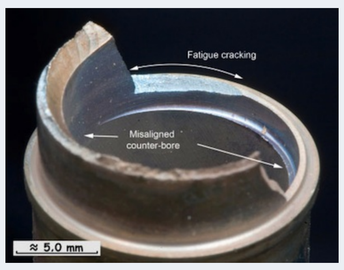
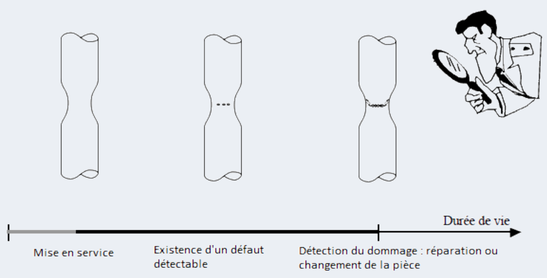


Figure: Fissuration de la turbine du réacteur

Figure: Explosion du réacteur

En matière de dimensionnement (première étape de la conception des pièces du moteur), les pièces sont conçues pour résister, pendant une période définie, aux sollicitations qui leurs sont appliquées. La réglementation s'appuie sur le concept de **la tolérance aux dommages**.

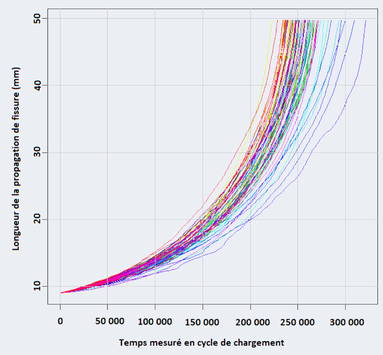


Elle consiste à admettre l'apparition d'une ou plusieurs fissures durant la période d'exploitation, à condition de mettre en oeuvre les moyens de les détecter et de les réparer.

Objectif

Faire avancer les connaissances sur les processus de fissuration et sur la contrainte admissible que la pièce peut supporter ; ceci, afin d'améliorer le dimensionnement des pièces en amont, puis les procédures de maintenance.

La propagation de fissure : un phénomène aléatoire



Données d'essais de propagation de fissures de Virkler :

- 68 essais de propagations de fissures
- Conditions d'essais identiques car très contrôlées

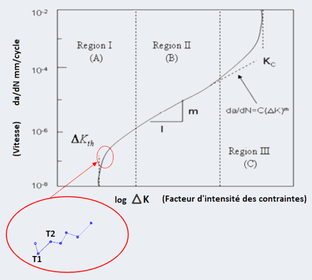
- Les données présentent une forte dispersion (atteinte de la rupture entre $210\ 000$ et $320\ 000$ cycles de chargement).
- En conditions réelles, cet aléa peut être exacerbé par les phénomènes environnementaux (vitesse, température).

Lois déterministes de propagation non adaptées
$\Downarrow$
Développement de modèles stochastiques

De nombreux auteurs ont déjà développé des processus stochastiques pour tenter de modéliser ce phénomène.

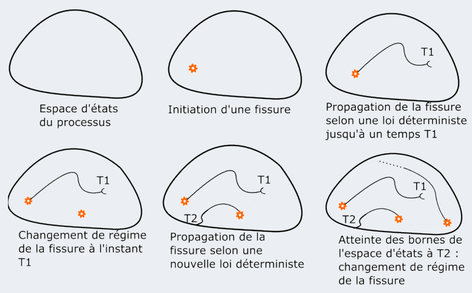
Processus de markov déterministes par morceaux (PDMP)

La modélisation du phénomène de propagation de fissures passe par l'étude de la vitesse de propagation qui évolue suivant trois phases.



- Région I : amorçage de la fissure
- Région II : propagation régulière de la fissure
- Région III : accélération et rupture finale

Les processus de markov déterministes par morceaux sont des **modèles stochastiques**. Ils combinent des trajectoires déterministes à des sauts (perturbations) aléatoires.



Ces processus servent à décrire des systèmes physiques dont la dynamique est perturbée par des événements ponctuels et aléatoires.

Ils sont bien adaptés au phénomène de propagation de fissure car ils permettent de **prendre en compte l'existence de plusieurs régimes** de propagation pour les fissures.

Des modèles de ce type ont été proposés dans la littérature mais ne prennent pas en compte toute la complexité du phénomène [1, 2].

Contributions

Contributions scientifiques	Méthodologie mathématique et statistique
Caractériser les trois phases du processus de propagation	Identifier les lois déterministes spécifiques à chaque phase
Détecter les transitions entre les régimes de propagation	Développer un modèle de PDMP caché
	Détecter les instants de sauts du processus
Déterminer les effets des conditions de vols sur la propagation	Inférer l'effet des covariables (température, chargement) dans le modèle PDMP
Proposer de nouvelles contraintes admissibles	Passer à l'échelle : application aux données réelles
Proposer de nouvelles procédures de maintenance	Proposer une procédure d'arrêt optimal

Références

[1] R. Azaïs, A. Gégout-Petit, M. Touzet, C. Elegbede, "Estimation simulation and prediction of a crack growth model using piecewise deterministic markov processes", *17e congrès de maîtrise des risques et de sûreté de fonctionnement*, La Rochelle, 2010.

[2] J. Chiquet, "Modélisation et estimation des processus de dégradation avec application en fiabilité des structures", Thèse de doctorat en technologies de l'information et des systèmes, sous la direction de N. Limnios, Compiègne, Université de Technologie de Compiègne, 2007.