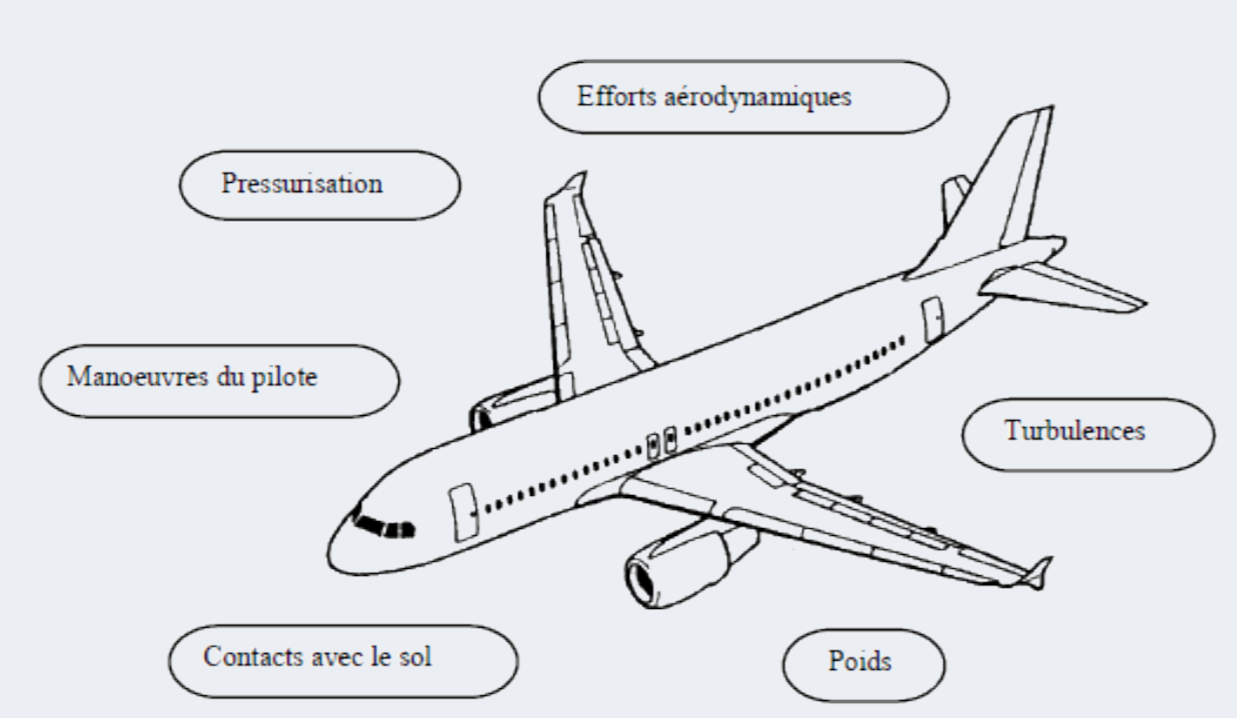


Contexte industriel : la sécurité aérienne

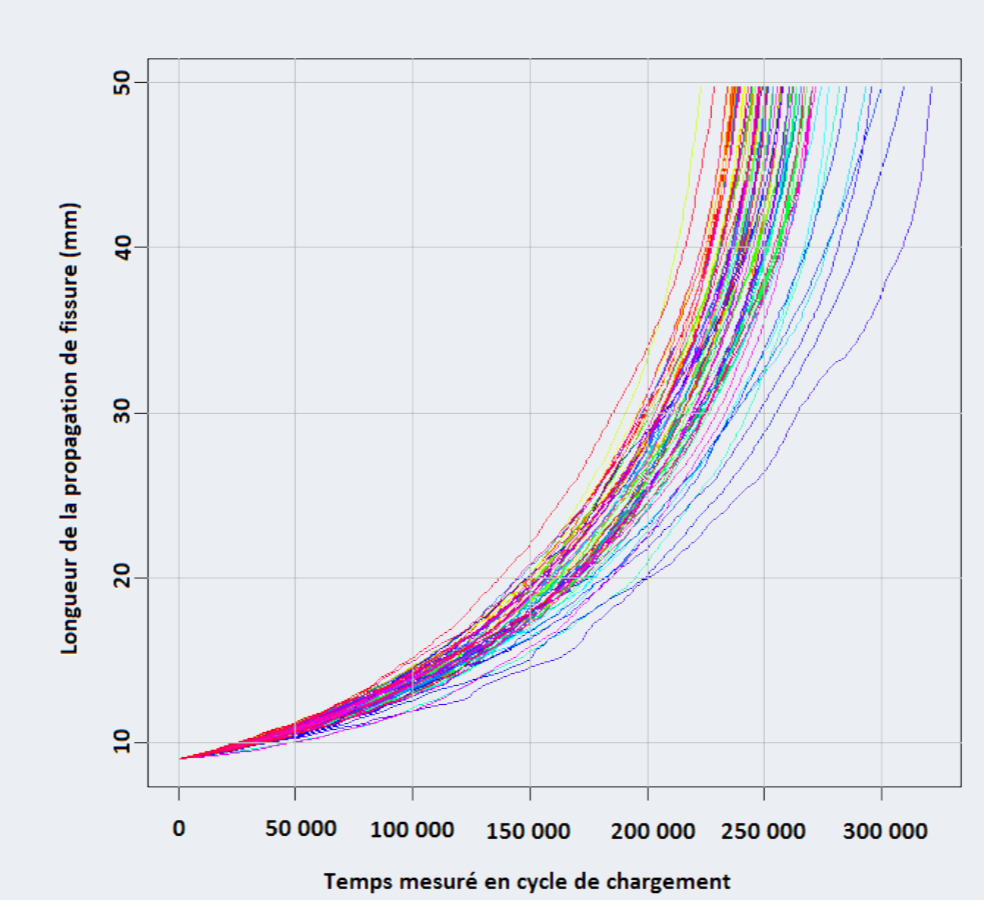
En aéronautique, **les risques de défaillance des structures sont décuplés** par l'environnement extrême dans lequel doivent fonctionner les composants.

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



Chaque sollicitation peut entraîner l'initiation d'une fissure sur une structure. Leur cumul sur plusieurs dizaines de milliers d'heures de vols conduit 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.

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
 ↓
Développement de modèles stochastiques

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

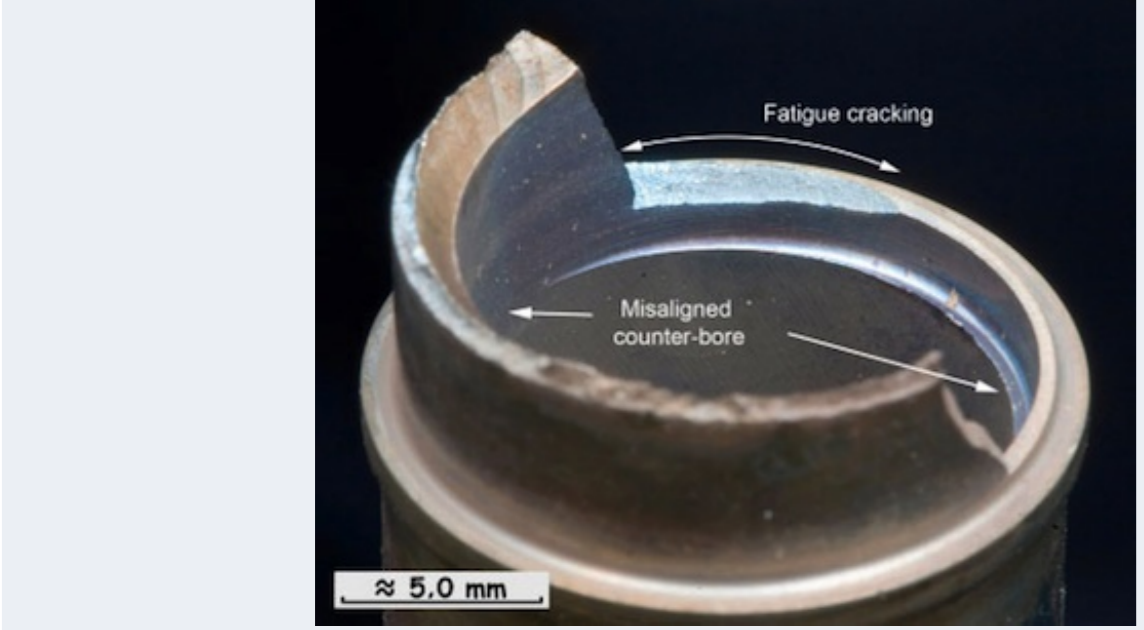
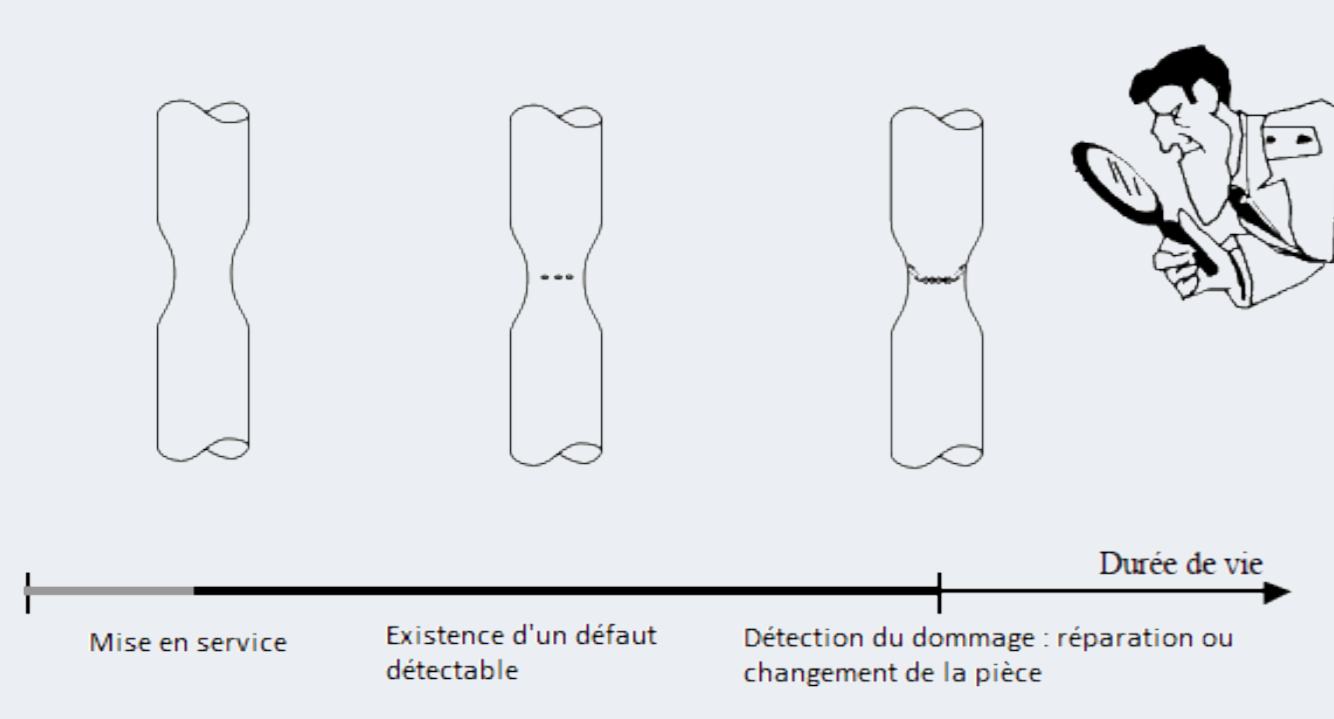


Figure: Fissuration de la turbine du réacteur



Figure: Explosion du réacteur

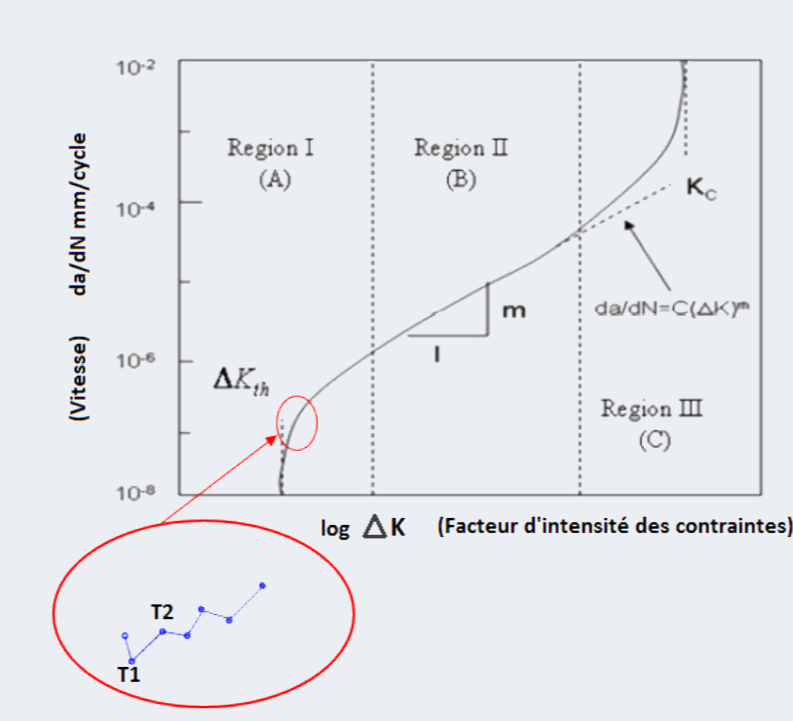
En matière de dimensionnement (première étape de la conception des pièces du moteur), les pièces sont conçues pour résister, pendant une période définie, aux sollicitations qui leurs sont appliquées. La réglementation s'appuie sur le concept de **la tolérance aux dommages**.



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.

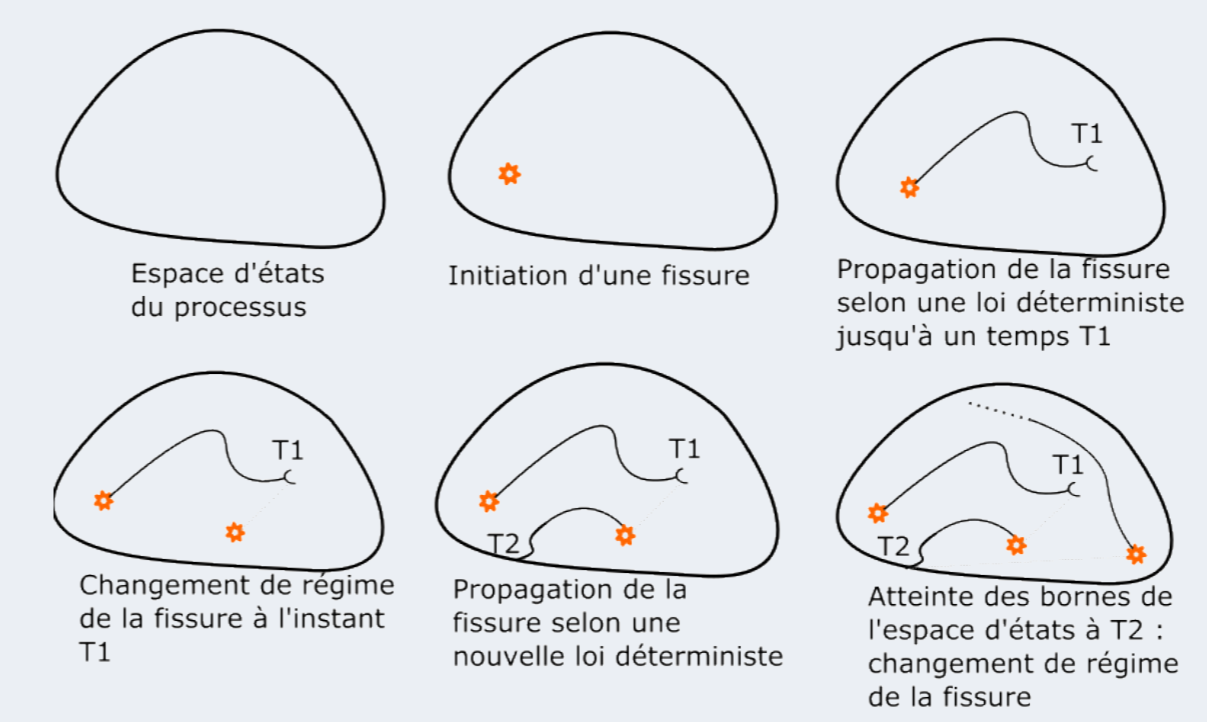
Processus de markov déterministes par morceaux (PDMP)

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].

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.

Contributions

- ### Contributions scientifiques
- Caractériser les trois phases du processus de propagation
 - Détecter les transitions entre les régimes de propagation
 - Déterminer les effets des conditions de vols sur la propagation
 - Proposer de nouvelles contraintes admissibles
 - Proposer de nouvelles procédures de maintenance

- ### Méthodologie mathématique et statistique
- Identifier les lois déterministes spécifiques à chaque phase
 - Développer un modèle de PDMP caché
 - Détecter les instants de sauts du processus
 - Inférer l'effet des covariables (température, chargement) dans le modèle PDMP
 - Passer à l'échelle : application aux données réelles
 - Proposer une procédure d'arrêt optimal

Références

[1] R. Azais, A. Gégout-Petit, M. Touzet, C. Eglebede, "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.