



# Principe de la sûreté de fonctionnement dans le milieu spatial

Ilham Laraki – Nicolas Daunis – Rémi Bastien



# Sommaire

- **Présentation**
- **Contraintes**
  - **Spatiales**
  - **Satellites**
- **Définition/Objectif de la S.D.F**
  - **Définition**
  - **Composants de le S.D.F**
- **Méthode d'analyses**
  - **AMDEC**
  - **Risques**
  - **Retour d'expériences**
  - **Solution d'améliorations**
  - **Tests**
- **Bilan**



# Présentation

Contexte:

Satellite dans l'espace

Données importantes:

Coût du satellite, respect de la mission

Problématique:

**Comment garantir que le satellite sera opérationnel pendant toute la durée de la mission ?**

Le satellite est soumis à des contraintes

# Contraintes spatiales

Les composants sont utilisés dans l'espace !

## Contraintes :

- ✓ Radiations
  - *Au dessus des couches protectrices de la Terre*
- ✓ Température
  - *Mobilité du satellite*
- ✓ Humidité
  - *Présente au départ*
- ✓ Distance
  - *Impossible de faire de la maintenance*




# Contraintes satellitaires

## Contraintes :

- ✓ Alimentation solaire
- ✓ Taille & poids (conséquence sur le prix)
- ✓ Vibration (particulièrement au lancement)

**NECESSITE D'AVOIR UNE SYSTEME FIABLE**

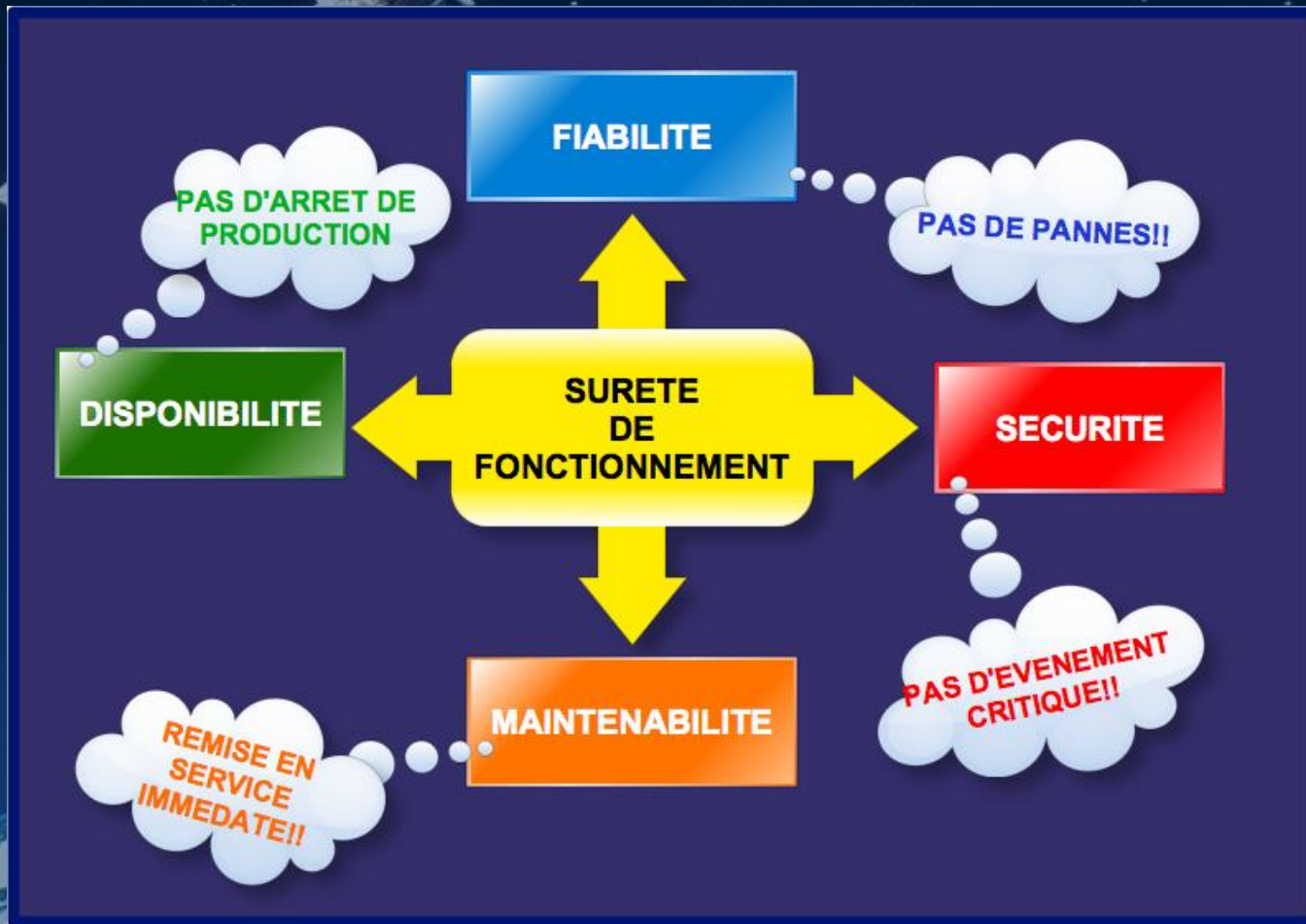
# Définition / Objectif de la S.D.F

- 
- ✓ Recherche du Graal : 0 accident, 0 arrêt, 0 défaut
  - ✓ Solution: tester toutes les utilisations possibles pendant une grande période  
→ non réaliste !!!
  - ✓ But: Evaluer les risques potentiels  
Prévoir l'occurrence des défaillances  
Tenter de minimiser les conséquences



# Définition / Objectif de la S.D.F

## ✓ Composantes de la S.D.F



# Définition / Objectif de la S.D.F

## Composantes de la S.D.F

Fiabilité: Aptitude à accomplir une fonction requise, dans des conditions données, pendant un intervalle de temps donné.

Disponibilité: Aptitude d'accomplir une fonction requise, à un instant donné et dans des conditions données.

Maintenabilité: Aptitude d'un produit à être maintenu ou rétabli, en un temps donné, dans un état de fonctionnement défini.

Sécurité: Aptitude d'un système à ne pas générer, dans les conditions données des événement critiques ou catastrophiques.



# Méthodes d'analyses: AMDEC

Méthode AMDEC: Analyse des Modes de Défaillances , de leurs effets et de leur Criticité

But:

- ✓ Identifier les modes de défaillance et évaluer leurs effets
- ✓ Analyser le fonctionnement dégradé
- ✓ Renseigner la liste des éléments critiques (PPU)
- ✓ Valider l'architecture (Redondances... )
- ✓ Donner des recommandations de réduction des risques  
=> Améliorer la fiabilité

Méthode :

- ✓ Analyse exhaustive du bas niveau vers le haut niveau
- ✓ Peut être pratiquée au niveau fonctionnel / matériel

# Méthodes d'analyses: Risques

## Méthode d'Analyse préliminaire de risques:

### But:

- ✓ Identifications des évènements redoutés
- ✓ Elaboration de l'Arbre de Causes
- ✓ Prise en compte des combinaisons de défaillances/ Multiple failure combination

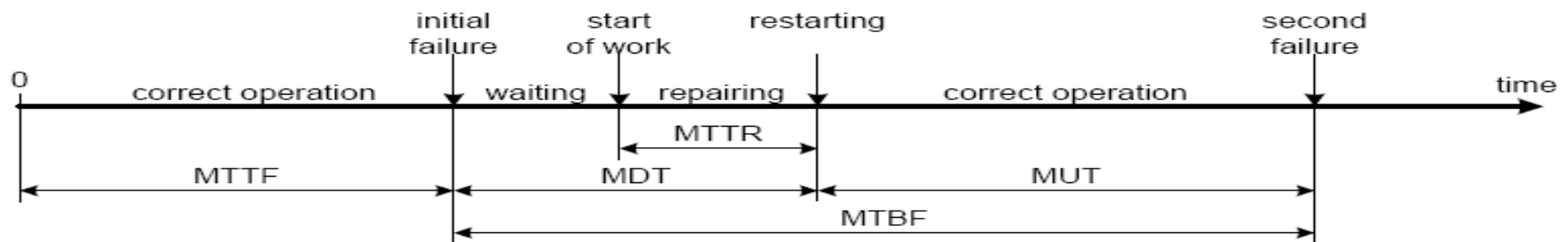
Les méthodes d'analyses évitent les mauvais produits lors de la conception !



# Méthodes d'analyses: Retour d'expériences

## Théorie de la disponibilité:

- ✓ **MTTF**: Durée moyenne de fonctionnement avant défaillance
- ✓ **MTTR**: Durée moyenne de réparation
- ✓ **MTBF**: Durée moyenne entre deux défaillances
- ✓ **MDT**: Durée moyenne d'indisponibilité
- ✓ **MUT**: Durée moyenne de disponibilité



# Méthodes d'analyses: Retour d'expériences

## But:

- ✓ Optimisation des coûts
- ✓ Détection de points faibles
- ✓ De prévoir avant utilisation un vieillissement systématique
- ✓ De planifier des maintenances systématiques
- ✓ De connaître les lois de défaillances du matériel



# Méthodes d'analyses: Retour d'expériences

## Evolution du taux de panne durant le cycle de vie d'un matériel:

« Jeunesse »: Taux important, mais en décroissance, correspondant à l'élimination des défauts de jeunesse.

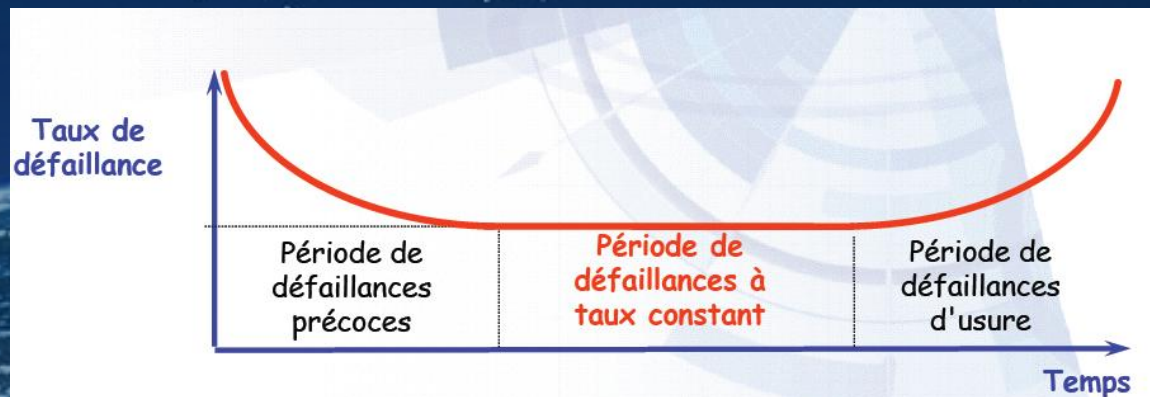
« Vie utile »: Taux de panne faible et constant

=> Preuve de robustesse aux défauts de jeunesse,

=> Phase de maturité

« Viellissement »: Augmentation rapide du taux de panne en fonction du temps

Courbe de la baignoire



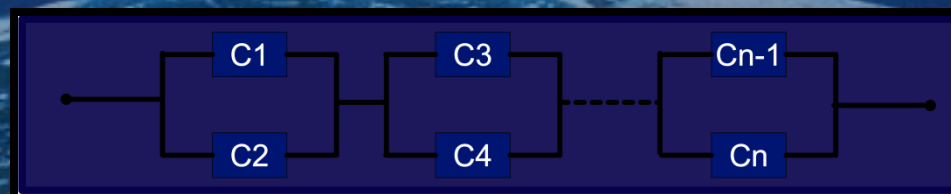
# Solution pour augmenter la fiabilité

## Différentes solutions:

✓ **Diagramme de fidélité:** Représentation de la structure du système (série, redondance, secours...) et calculs de la fiabilité, de la maintenabilité et de la disponibilité du système.



✓ **Redondances:** La redondance consiste à disposer de plusieurs exemplaires d'un même équipement.

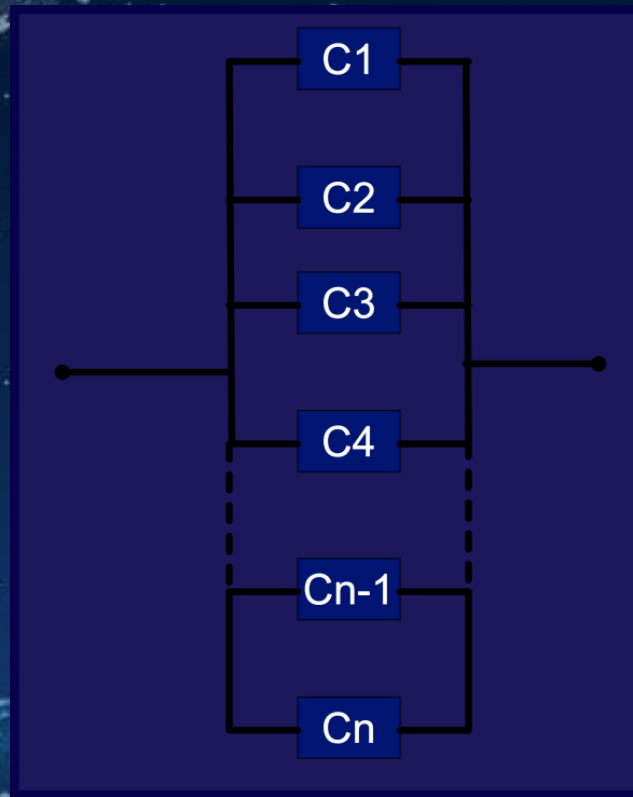




# Solution pour augmenter la fiabilité

## Différentes solutions:

✓ Redondances



✓ Température: La température influe sur la durée de vie des composants lorsqu'on la diminue.

# Test

## Pourquoi tester?

- ✓ **Fiabiliser le produit**
- ✓ **Estimer une certaine qualité du produit**
- ✓ **Convaincre le client**
- ✓ **Connaître le comportement d'un produit dans certaines conditions**

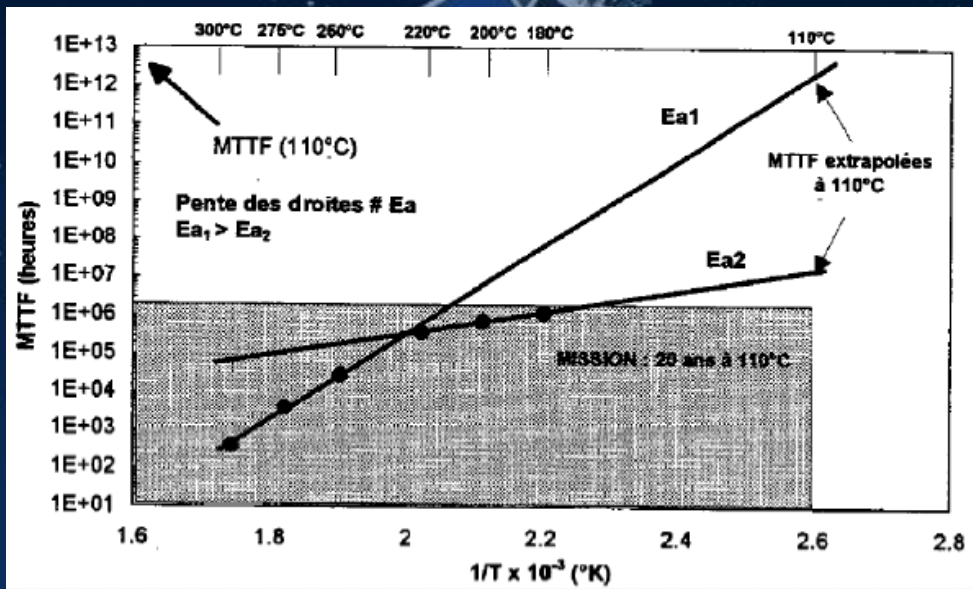
## Quoi tester?

- ✓ **Les composants (dispositifs électroniques: MMIC, ASICS...)**
- ✓ **Les matériaux**



# Test


- ✓ Test des paramètres ambiant:
  - Stress thermique: loi d'Arrhenius



*Traduit l'évolution du taux de défaillance avec la température sous la forme d'une exponentielle pour des composant électroniques.*

Loi d'Arrhenius montre la vitesse de réaction d'un mécanisme lié à la température.

# Test

- 
- ✓ **Stress (mécanique...)**
  - ✓ **Perturbation CEM**
  - ✓ **Test sur les boîtiers: humidité, soudure...**
  - ✓ **Agression radiative: ionisation rayon gamma**
    - **Test ESD: décharge électrique sur le boîtier des composants électroniques afin d'évaluer leur fiabilité future**
  - ✓ **Humidité**



# Bilan

- ✓ Les contraintes imposent de nombreux tests
- ✓ Tests: Fiabilité et Robustesse
- ✓ Limiter les défauts de jeunesse
- ✓ Augmenter la durée du vie

→ La sureté de fonctionnement est Indispensable !



– FIABILITE –  
– MAINTENABILITE –  
– DISPONIBILITE –  
– SECURITE –



# *Merci de votre attention ☺*

**Professeur:**

**Guy Gregoris**

**Email:**

[guy.gregoris@thalesaleniaspace.com](mailto:guy.gregoris@thalesaleniaspace.com)

**Université Paul Sabatier**

**IUP STRI**

**Master 2**

**2009/2010**

**Daunis Nicolas**

**Email :**

[Nicolas.daunis@gmail.com](mailto:Nicolas.daunis@gmail.com)

**Laraki Ilham**

**Email :**

[Ilham.laraki@gmail.com](mailto:Ilham.laraki@gmail.com)

**Rémi Bastien**

**Email :**

[Remi.bastien@gmail.com](mailto:Remi.bastien@gmail.com)

