

Méthode Résistance Contrainte

Application et limites

GT SDF Occitanie
Léa Dumont, 2019

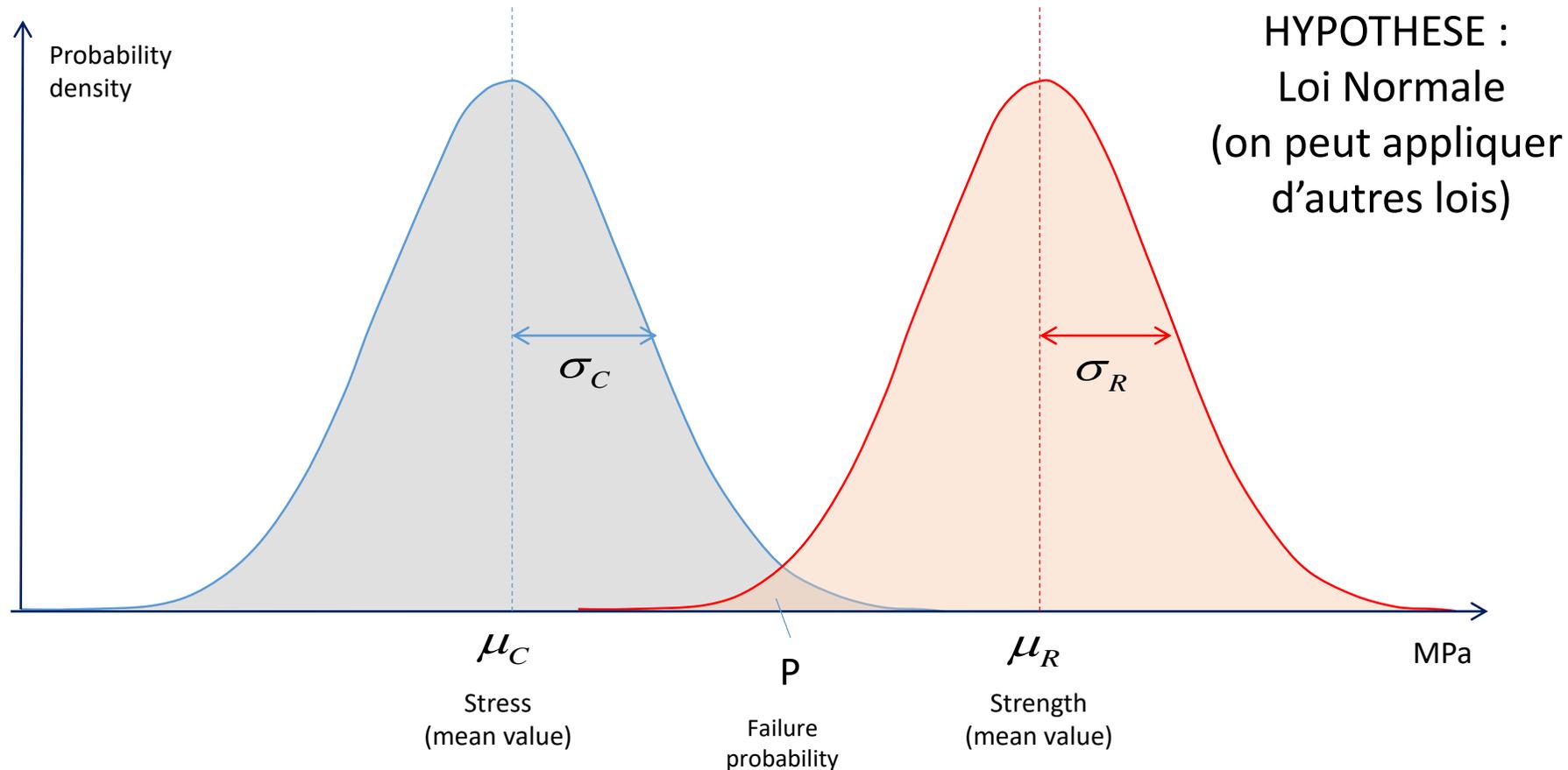


Dimensionnement des structures

- On “dimensionne” une structure mécanique en fonction de :
 - La contrainte qu’on prévoit de lui appliquer
 - La résistance du matériau qui la compose
 - Le rapport entre ces 2 grandeurs donne lieu à un coefficient de sécurité



Principe de la méthode "R-C"



Probabilité de “défaillance”

Si R et C suivent une Loi Normale :

Coefficient de sécurité
(moyen)

$$H = \frac{\mu_R}{\mu_C}$$

Coefficients de variation

$$CVC = \frac{\sigma_C}{\mu_C}$$

$$CVR = \frac{\sigma_R}{\mu_R}$$

Probabilité de défaillance* :

$$P = 1 - N(\beta)$$

(LNCR)

*Si Loi quelconque :

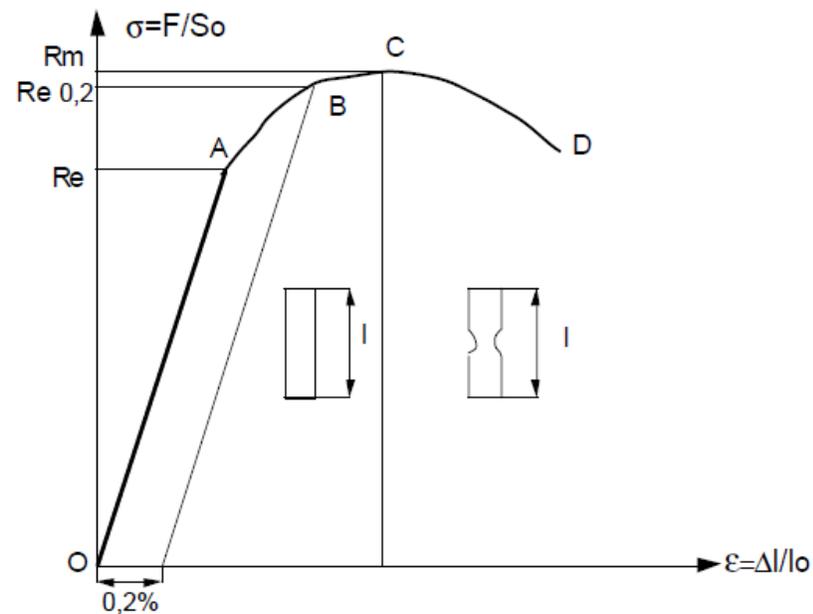
Intégrale :

=> Simulation de Monte Carlo

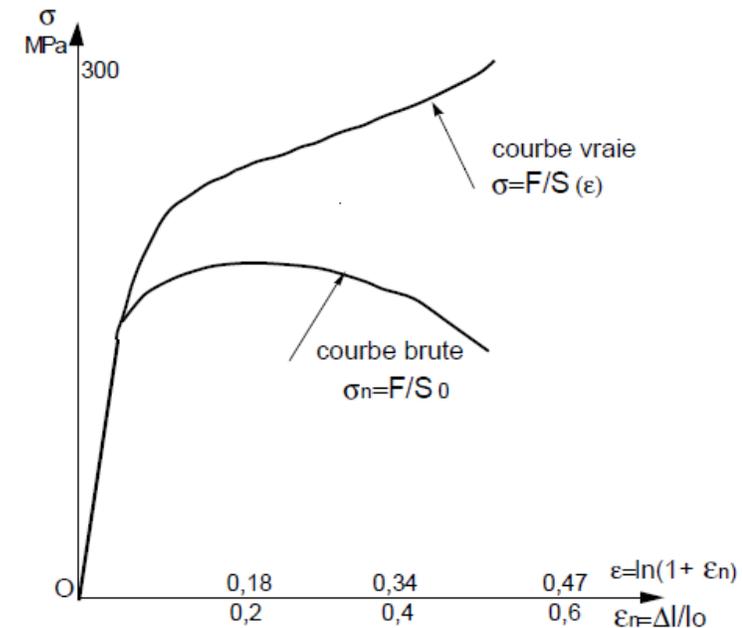
Comportement des matériaux

Exemple des métaux

Courbe expérimentale



Courbe vraie



(Matériau **isotrope** ...)

(source des graphes : IN2P3: caractérisation et choix des matériaux)

Récupération des paramètres R et C

- Lecture de la notes de calcul
 - Cas de charge
 - Conforme aux scénarios étudiés en sécurité ?
 - Hypothèses de choix des matériaux
 - Confirme aux hypothèses SDF ?
 - Modélisation (éléments finis)
 - Critères de Von Mises (calcul tensoriel / matériau isotrope)
 - Hypothèses statique vs dynamique
 - Approche macro : Accélération $X g \Rightarrow$ Facteur X sur le contrainte.
 - Synthèse des résultats
 - Quels Coefficients de Sécurité ?



Types de modes de défaillance



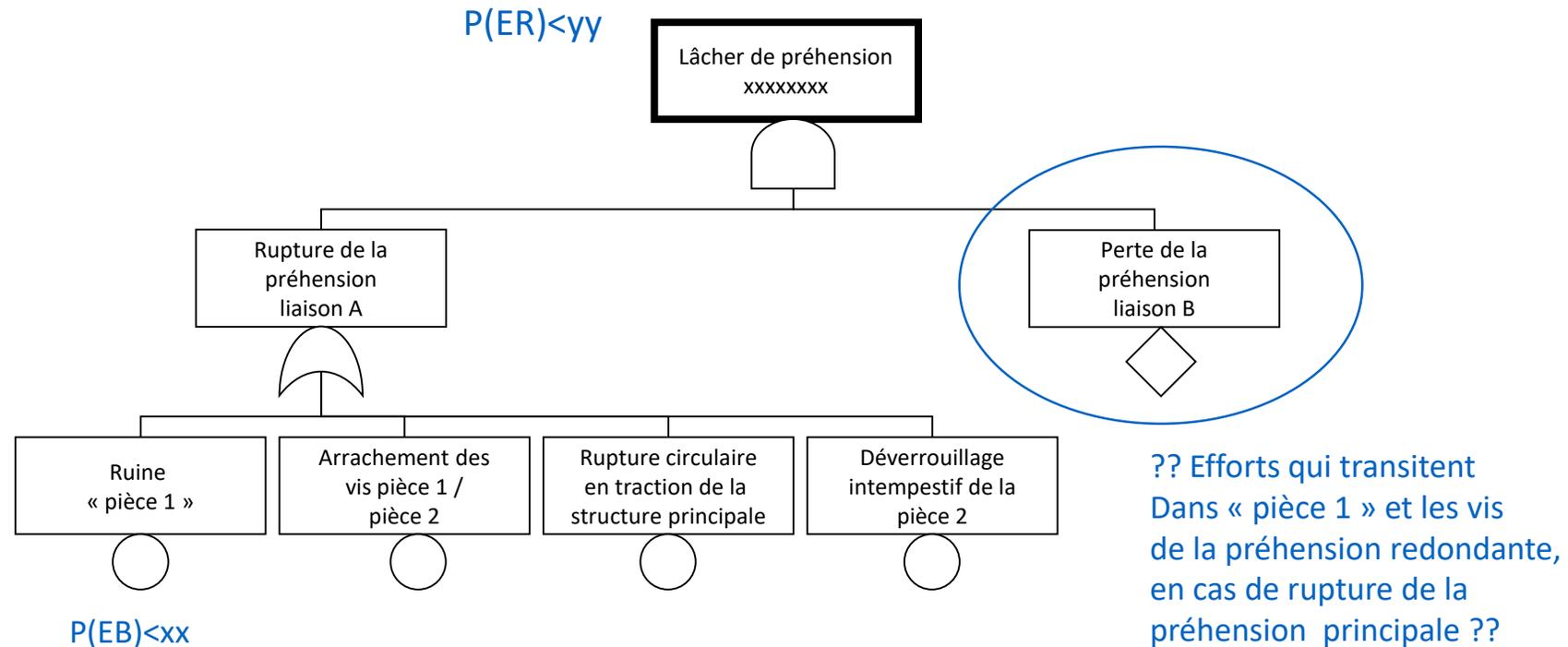
- Déformée excessive $C < R_e$
 - La déformation est elle acceptable ?
- Plastification $C > R_e$
 - (permet également d'analyser les modes type coincement ...)
- Rupture $C > R_r$
- Fatigue
- Aggravation due à un autre paramètre extérieur ?

Utilisation des probabilités ...

- Passer d'une probabilité (par sollicitation) à un taux de défaillance (par heures) ?
 - => connaissance du profil temporel de sollicitation
- Limite de crédibilité des probabilités :
 - $P < 10^{-15}$?? => appliquer une probabilité plancher ...
- Problématique des redondances :
 - Redondances à N chemins d'effort :
 - En cas de défaillance sur un chemin d'effort, les N-1 structure sont elles aptes à reprendre la contrainte augmentée ? (voir planche suivante)

Analyse ADD des redondances de chemins d'efforts

=> Détermination nécessaire du nouveau cas de charge (flux de contrainte)



Choix des CVC et CVR

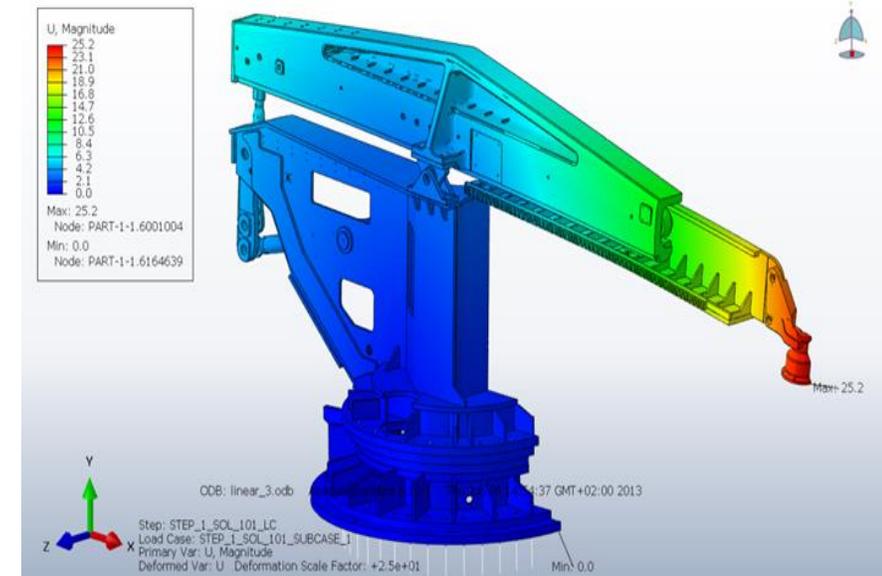
- Un vrai sujet, car le choix influence sensiblement le résultat ...
 - ... autant que le coefficient de sécurité !
- CVR :
 - dépend de la qualité du matériau, et plus particulièrement de la qualité de la fabrication.
- CVC :
 - dépend des conditions d'utilisation (variations sur les cas de charge).



Effets dynamiques

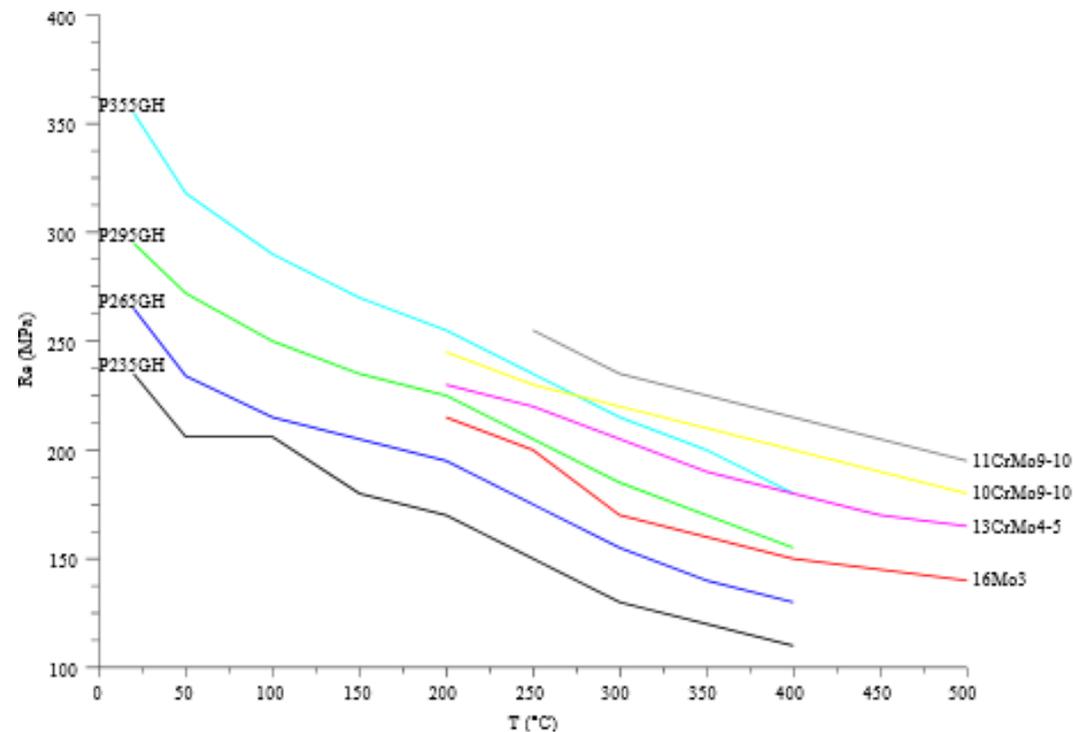
- $F = m.Y$
 - => La note de calcul dynamique met en évidence les accélérations subies par les structures (en fonction des différents cas de charges dynamiques)
 - => Dialogue avec l'ingénieur calcul pour identifier les efforts induits.
- Exemple : une structure soumise à un séisme :
 - $1\text{ g} \times 1\text{ hz}$ => efforts subits en fonction de la masse.
 - peut-être ramené à un cas statique équivalent ?
- Les « petits » effets dynamiques : à prendre dans le CVC ?

image : phimeca.com



Analyse thermo-mécaniques

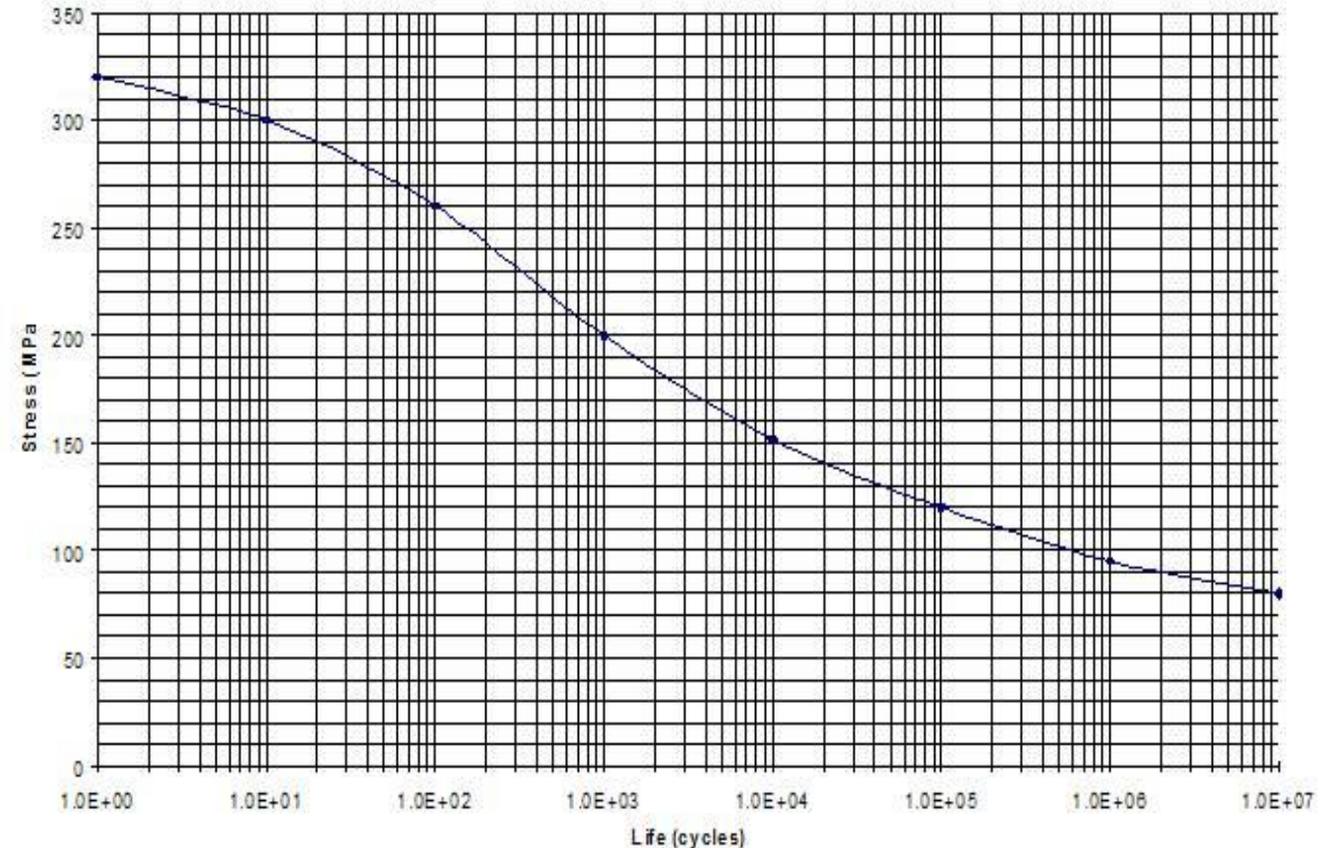
- Abaissement de $R_e \Rightarrow$ Applications :
 - Situation accidentelles types incendie
 - Ambiance à température nominale élevée



Prise en compte de la fatigue

- Une fragilisation se met en place lorsque le matériau est soumis à des cycles d'efforts.
- Possibilité d'intégrer les courbes de Wölher
 - CS décroît => le taux de défaillance augmente avec t ?
 - Le modèle λ constant n'est plus valable
 - (observable par Weibull)

S-N CURVE FOR BRITTLE ALUMINUM WITH A UTS OF 320 MPA



Autres facteurs environnementaux :

- Corrosion :
 - => fragilisation locales (voir ci-dessous).
 - => jusqu'à une réduction des sections efficaces.
 - Modification du matériau (exemple : fragilisation hydrogène)
 - Les limites R_e et R_r sont affectées.
-
- => Inspection périodique des structures, lorsqu'elles sont en ambiance sévères.



Extension de l'approche RC au domaine non mécanique



- Dès lors que l'on parle de dimensionnement et de coefficient de sécurité, et qu'on admet une répartition aléatoire autour :
 - D'une résistance moyenne de l'élément analysé
 - D'une contrainte moyenne appliquée
- Exemple : en thermique :
 - Le matériau résiste à une température $N(m_{Tr}, \sigma_{Tr})$
 - L'environnement appliqué est une température $N(m_{Tc}, \sigma_{Tc})$
 - La défaillance se définit par ... (point éclair, point de fusion ...)

Conclusions

- Méthode puissante mais ...
 - Nécessite une bonne lecture des notes de calcul vs modes de défaillances.
 - Que dire des matériaux anisotropes ?
 - Estimation du CVC ?
 - Loi Normale sur CVR ?
 - Facteurs environnementaux.
 - Limite de crédibilité des probabilités.
 - Suivre les erreurs en fabrication.
 - Raisonner en taux de défaillance par sollicitation sans considérer les régimes transitoires ?

Merci. Questions ?