



Aussois 2017 : fatigue des structures et des matériaux

Utilisation des méta-modèles pour l'analyse fiabiliste des structures sollicitées en fatigue

Nicolas Gayton, MCF HDR, nicolas.gayton@sigma-clermont.fr

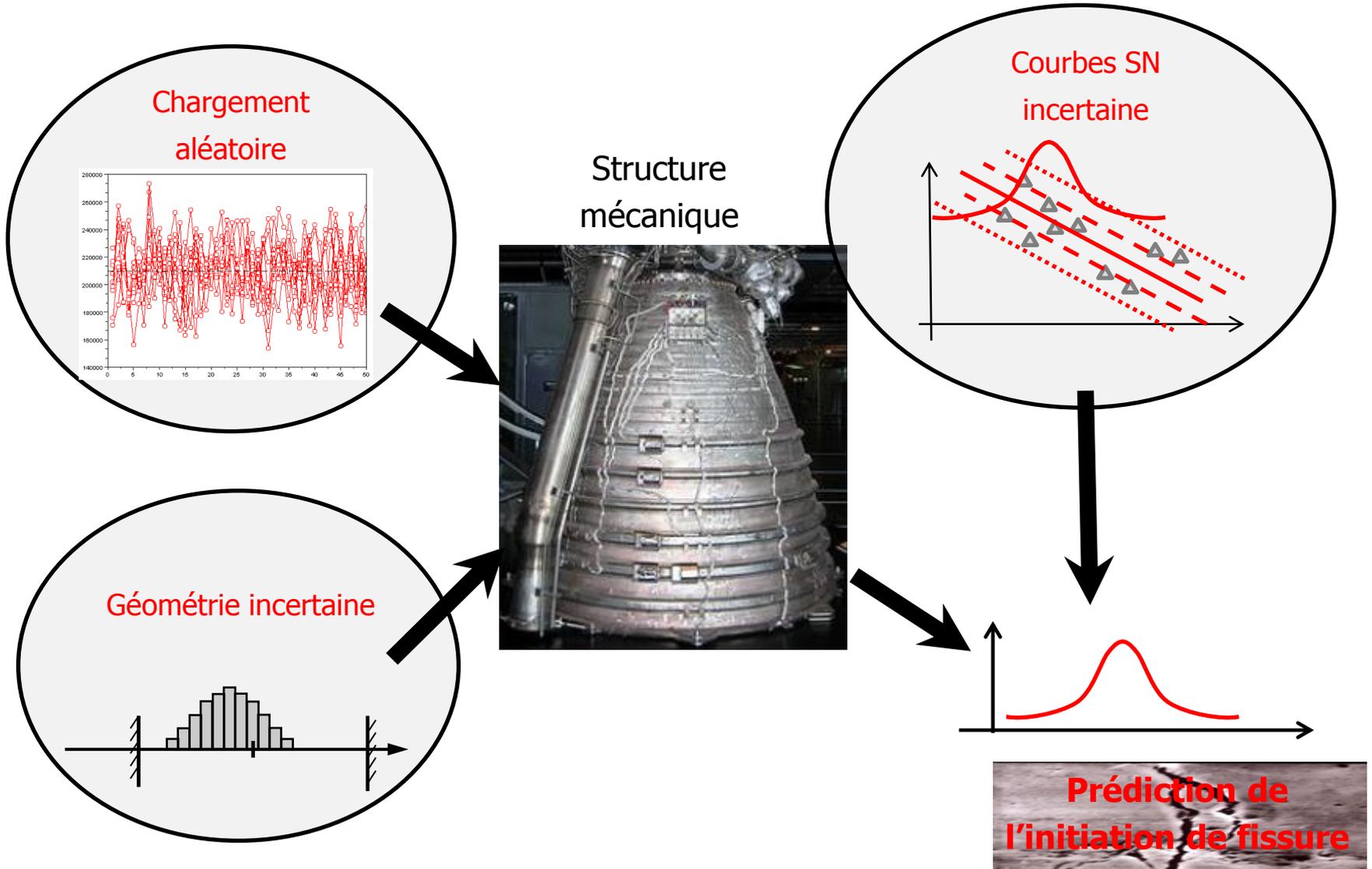
Responsable du GST Mécanique et Incertain de l'AFM

Plan de la présentation

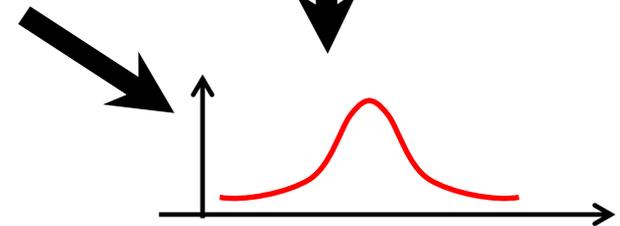
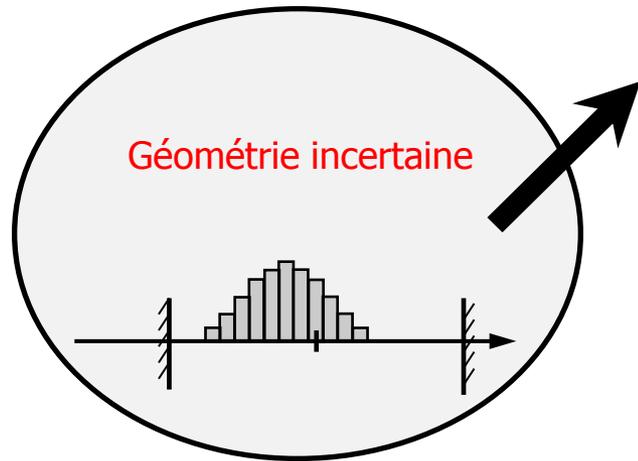
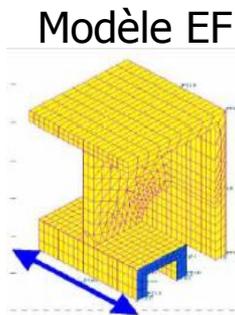
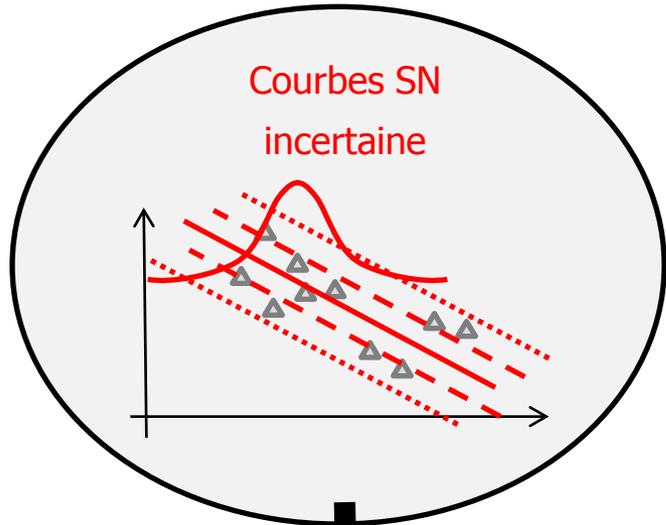
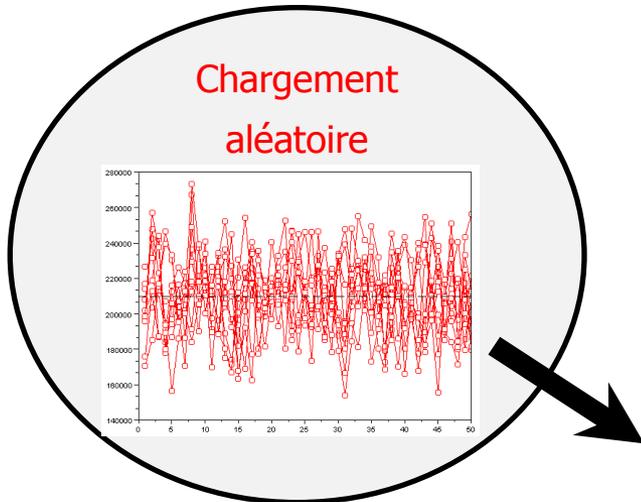
- ✓ **Considérations générales du dimensionnement des structures en fatigue**
- ✓ **Point de vue probabiliste du dimensionnement des structures en fatigue**
- ✓ **Les méthodes AK « Active learning and Kriging-based methods »**
- ✓ **Applications**
- ✓ **Conclusions**

Considérations générales du dimensionnement des structures en fatigue

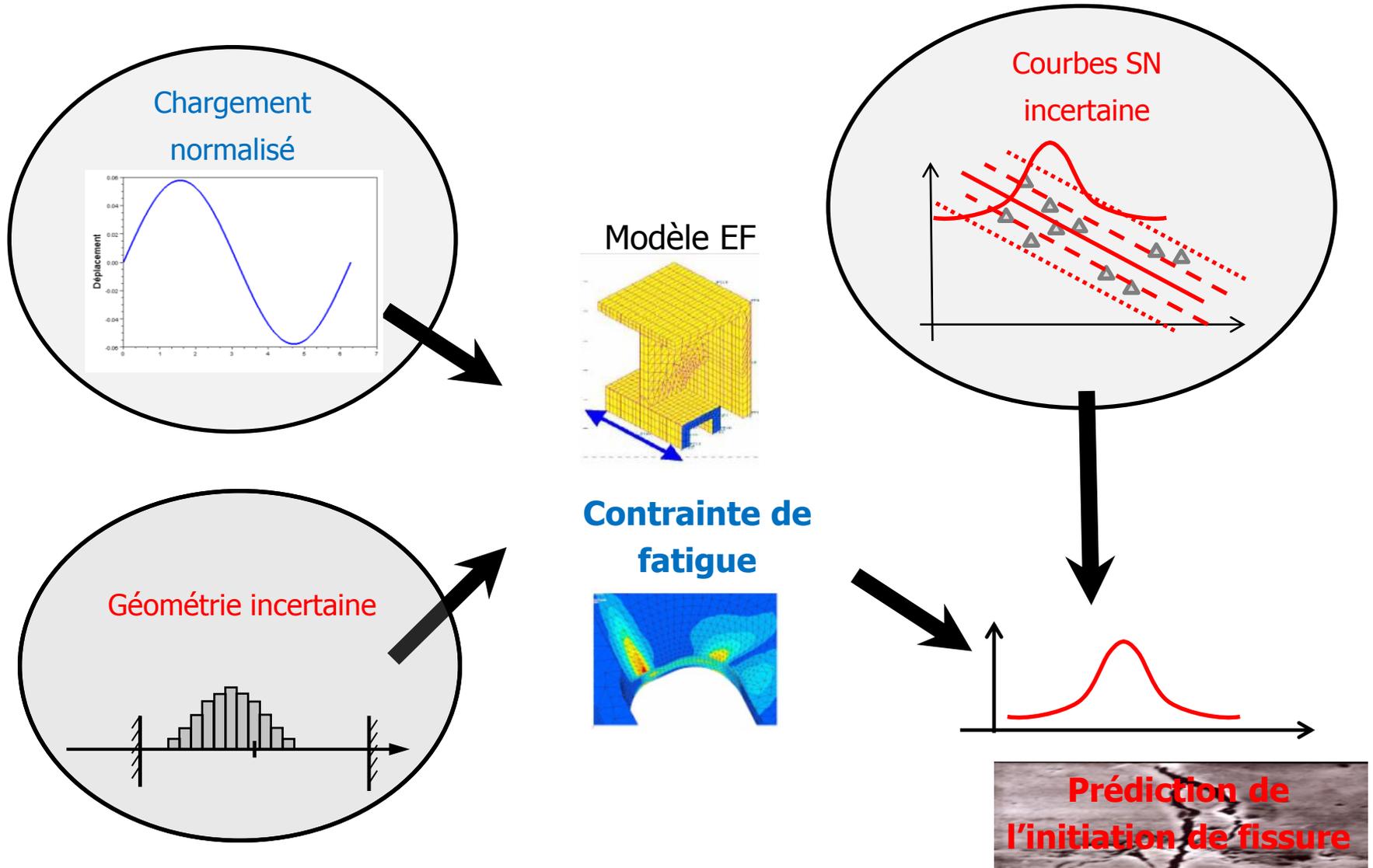
Considérations générales



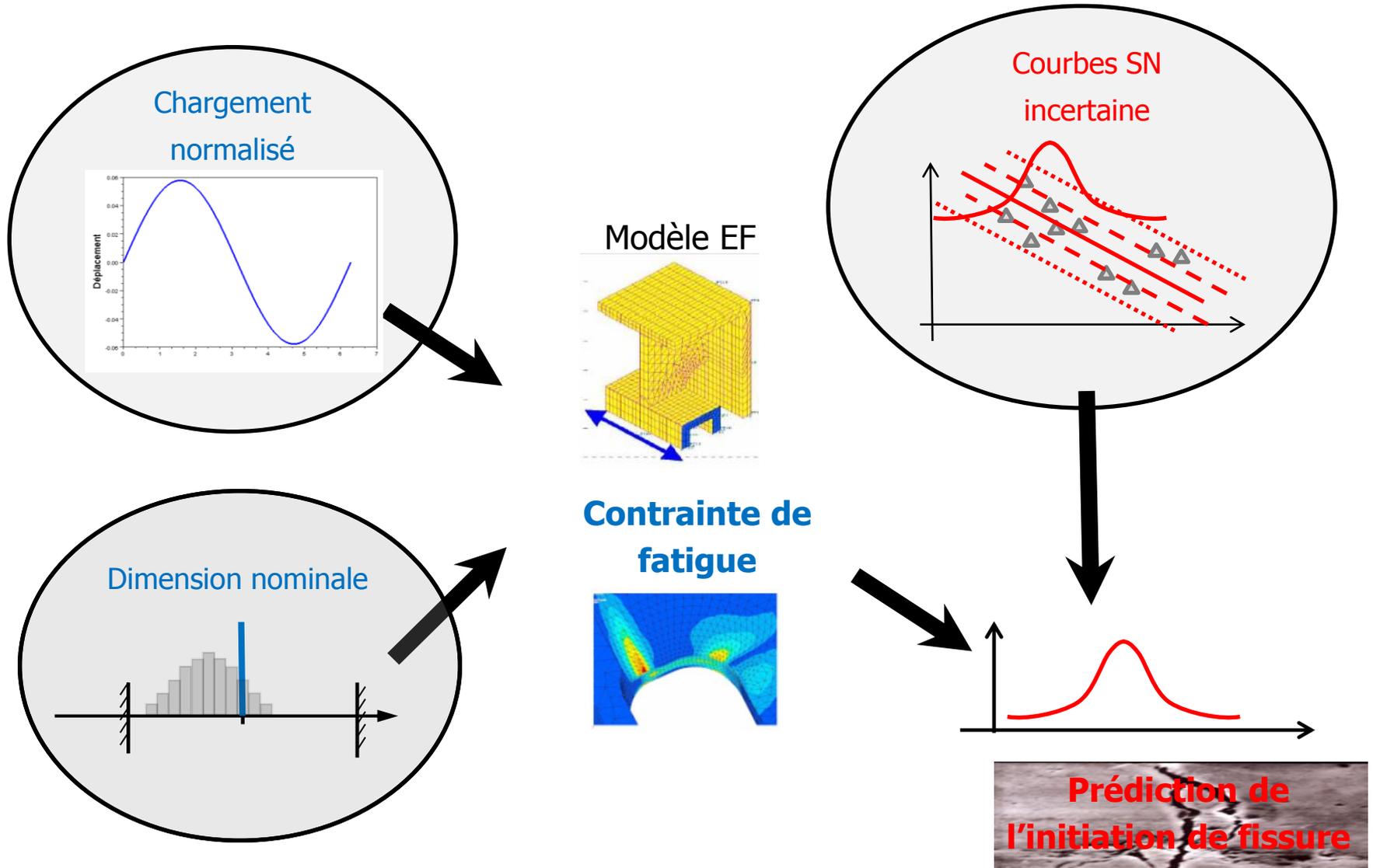
Conception vis-à-vis de la fatigue



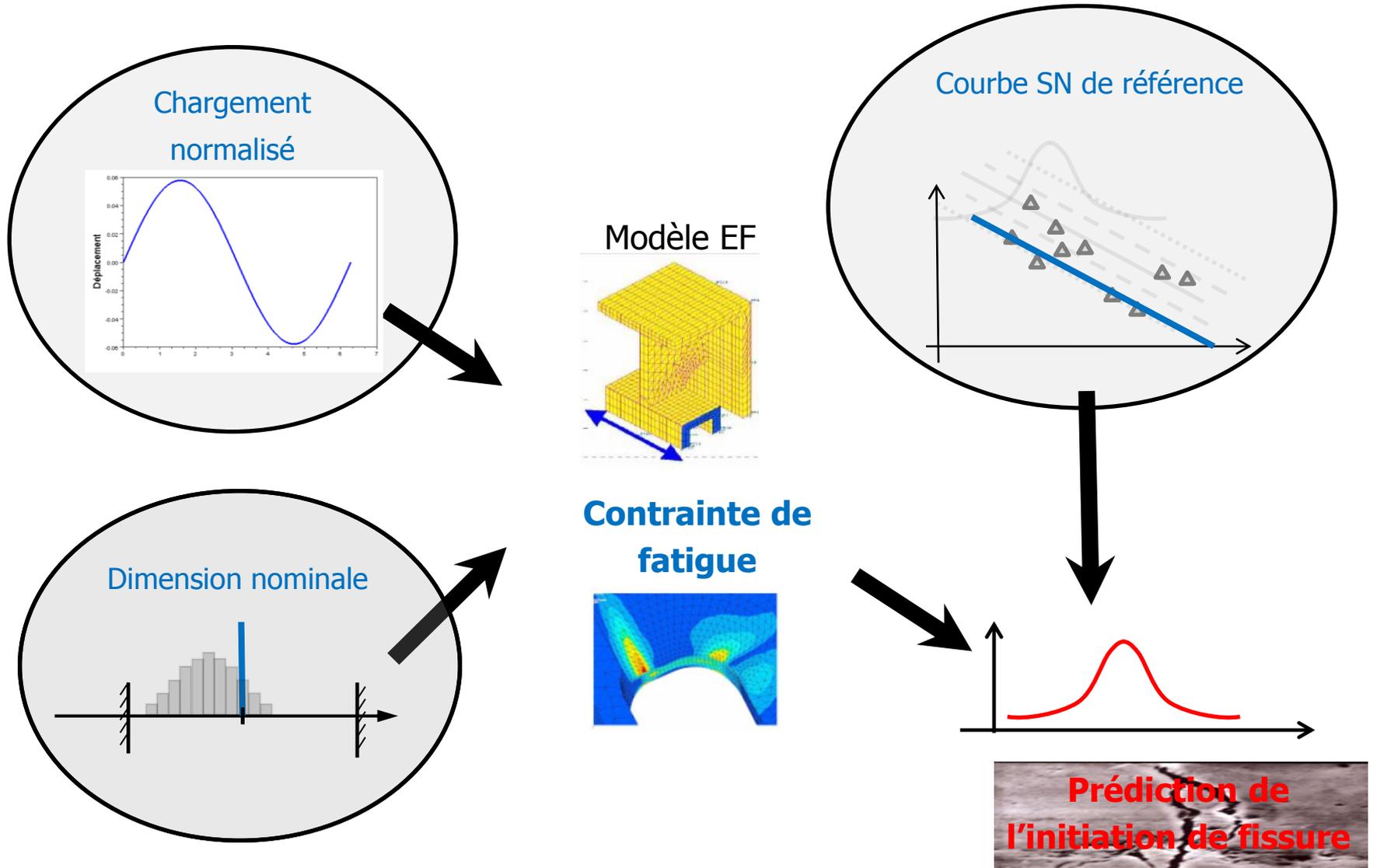
Conception vis-à-vis de la fatigue



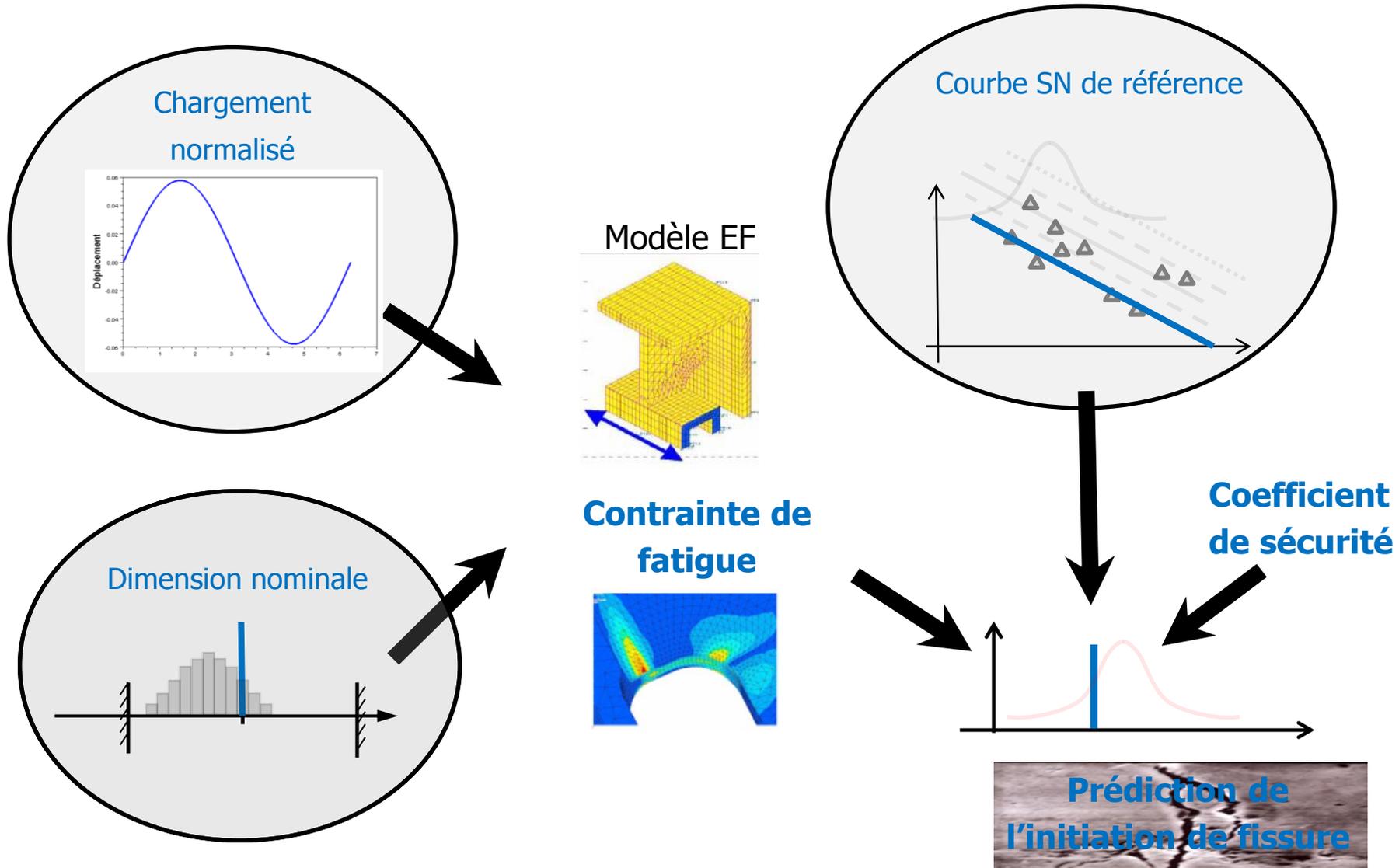
Conception vis-à-vis de la fatigue



Conception vis-à-vis de la fatigue



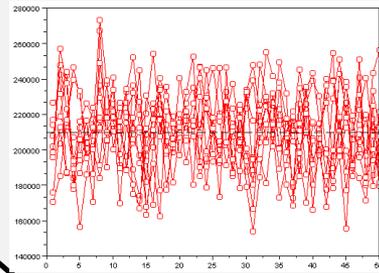
Conception vis-à-vis de la fatigue



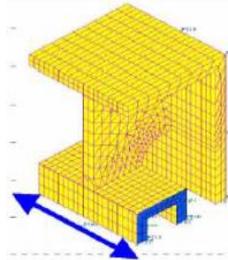
**Point de vue probabiliste du
dimensionnement des structures en fatigue**

Point de vue probabiliste

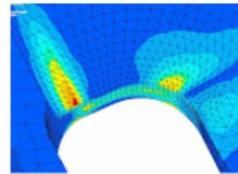
Chargement aléatoire



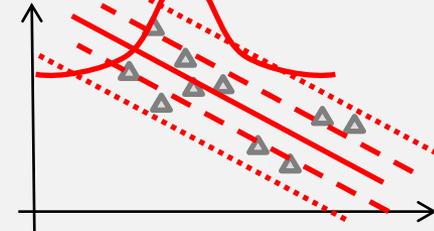
Modèle EF



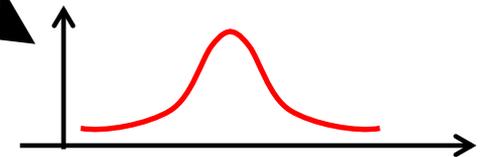
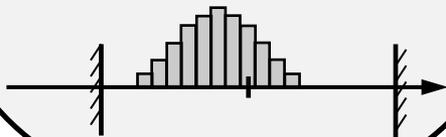
Contrainte de fatigue



Courbes SN incertaine



Géométrie incertaine

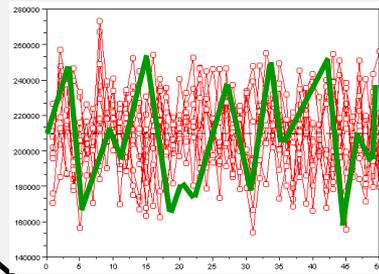


Prédiction de l'initiation de fissure



Point de vue probabiliste

Une réalisation du chargement

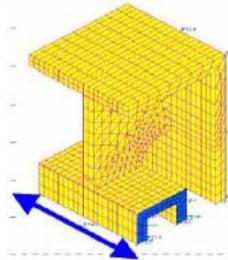


$\omega_l^{(1)}$

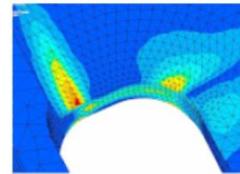
Courbes SN incertaine



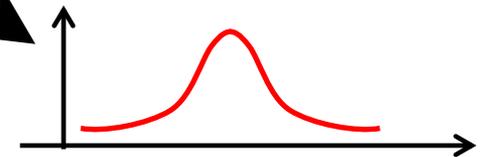
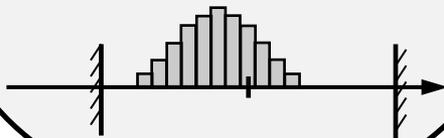
Modèle EF



Contrainte de fatigue

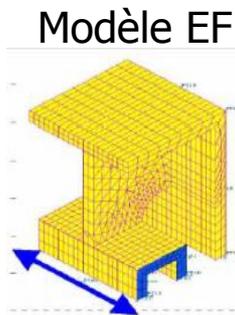
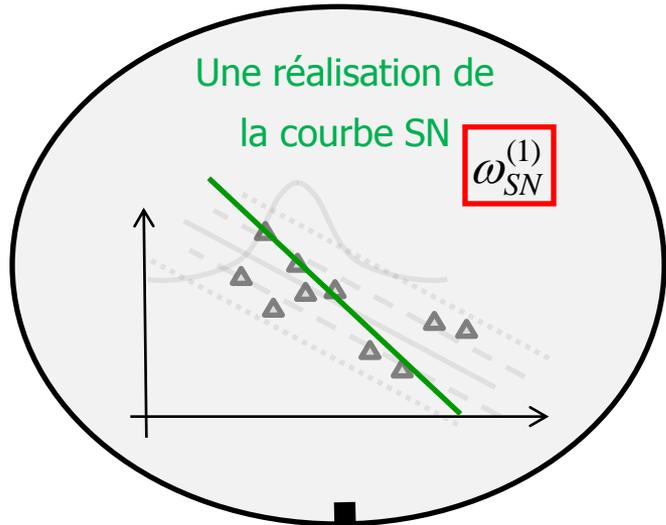
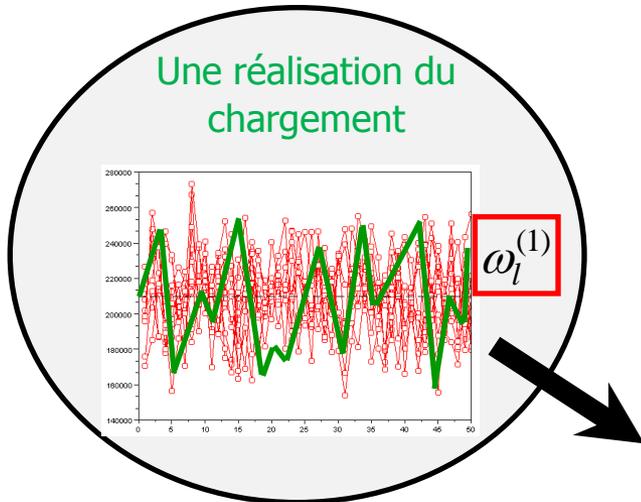


Géométrie incertaine

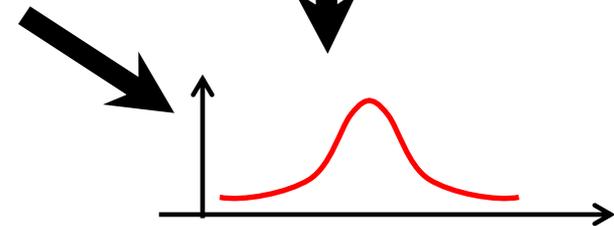
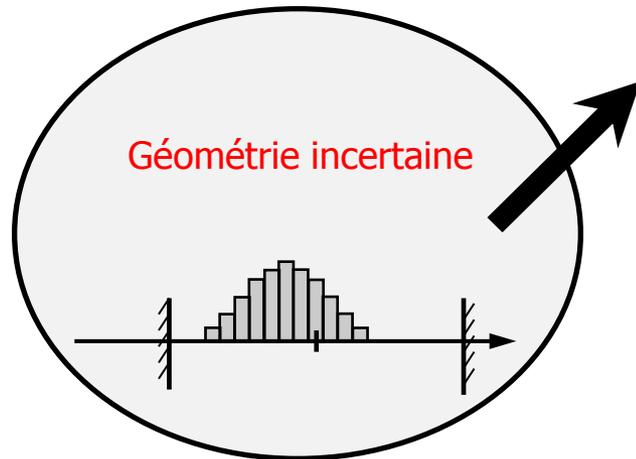
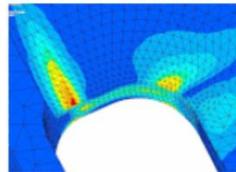


Prédiction de l'initiation de fissure

Point de vue probabiliste



Contrainte de fatigue

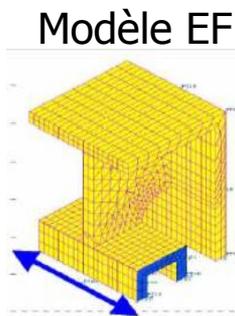
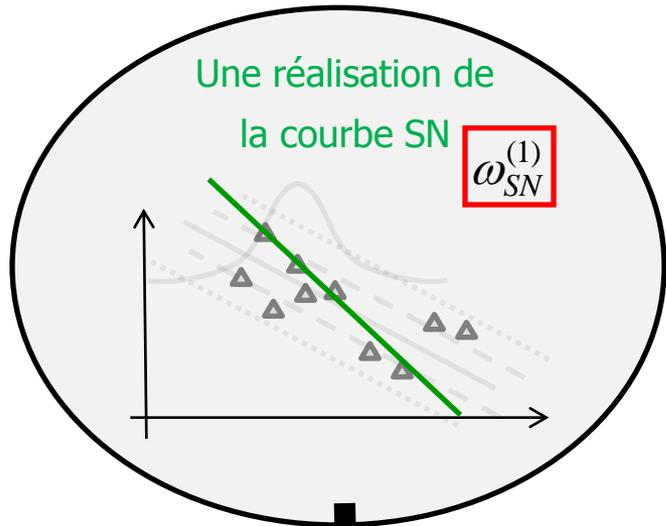
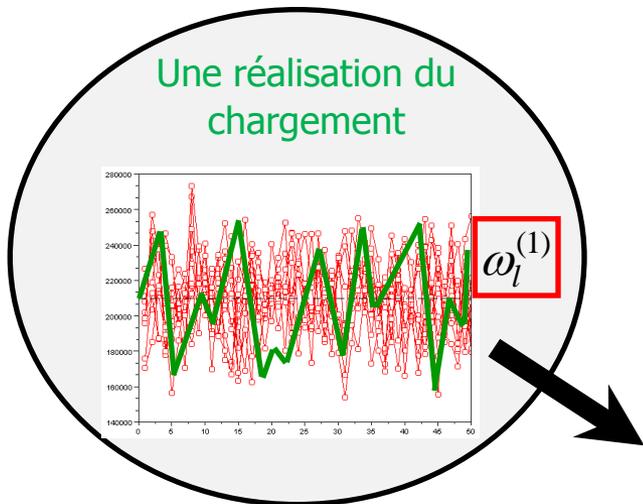


Prédiction de l'initiation de fissure

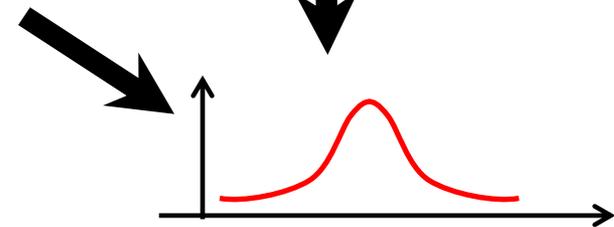
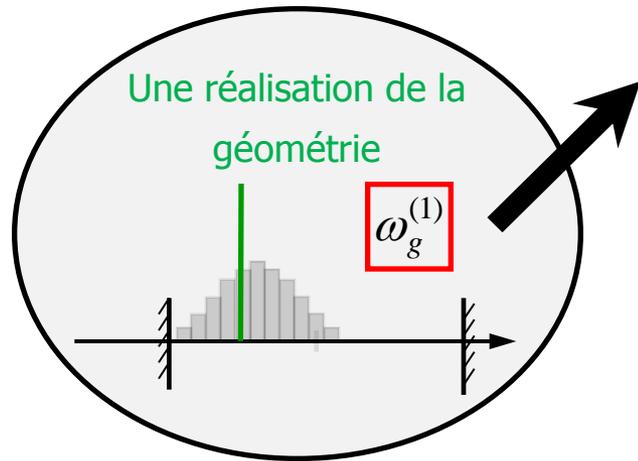
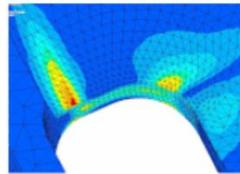


A microscopic image showing a crack initiation site on a metal surface, with the text "Prédiction de l'initiation de fissure" overlaid in red.

Point de vue probabiliste



Contrainte de fatigue

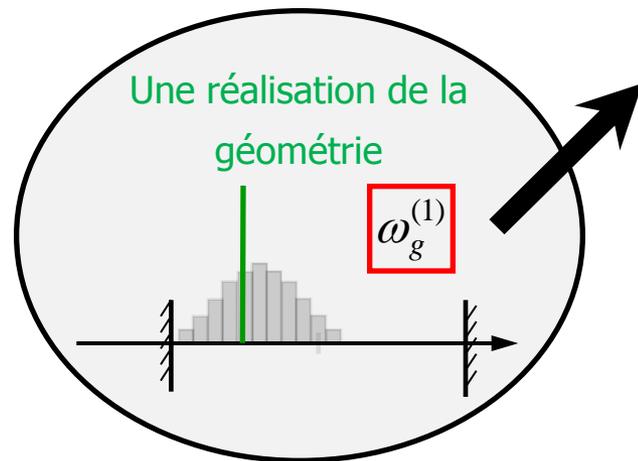
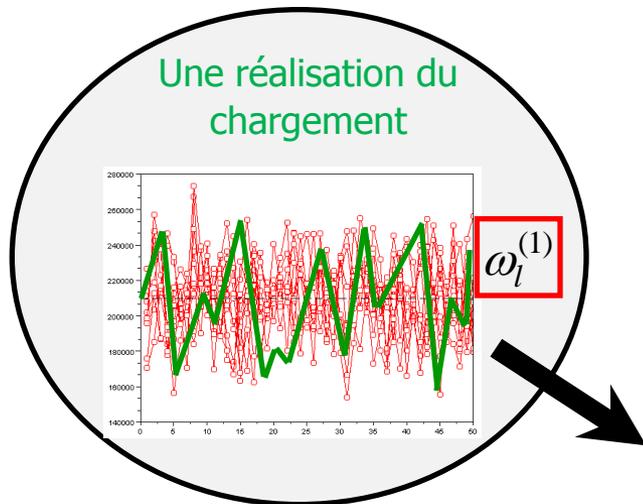


Prédiction de l'initiation de fissure

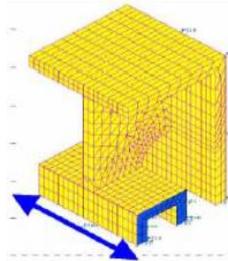


A microscopic image showing a crack initiation site, with the text "Prédiction de l'initiation de fissure" overlaid in red.

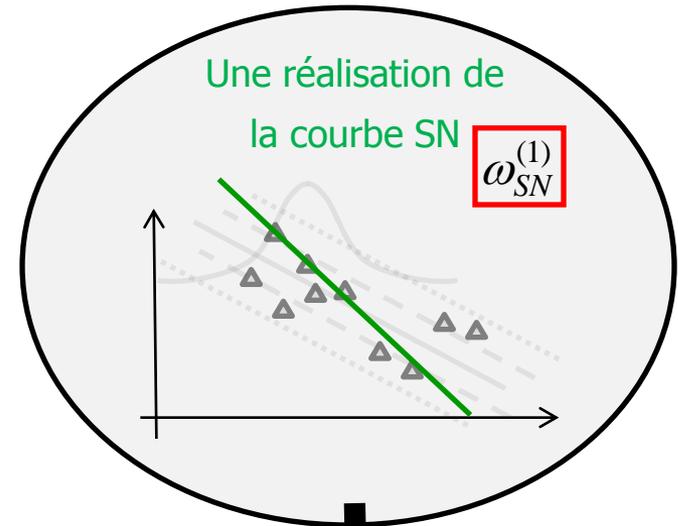
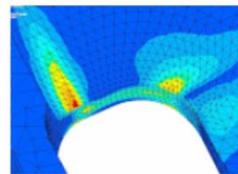
Point de vue probabiliste



Modèle EF



Contrainte de fatigue



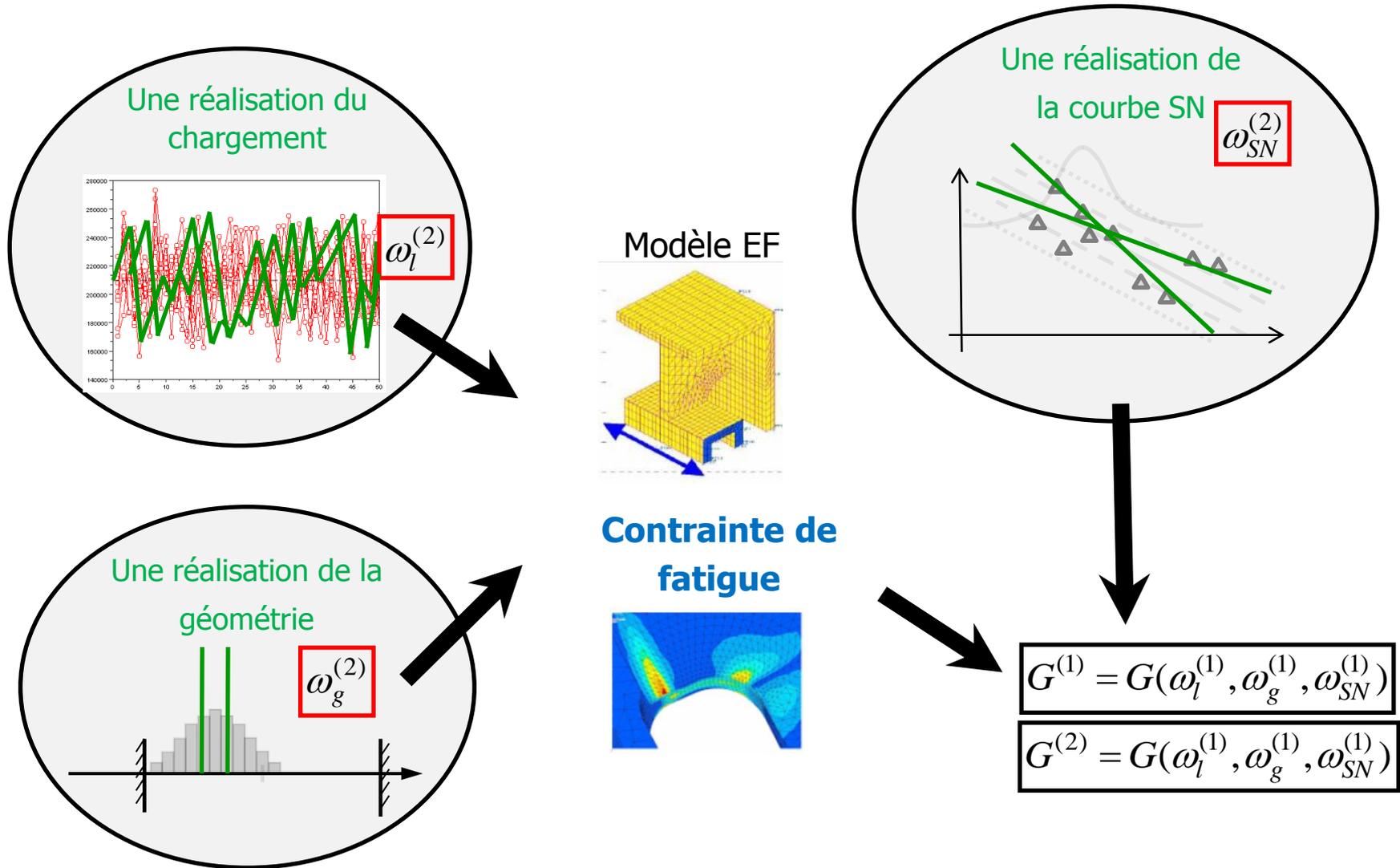
$$G^{(1)} = G(\omega_l^{(1)}, \omega_g^{(1)}, \omega_{SN}^{(1)})$$

Performance function:

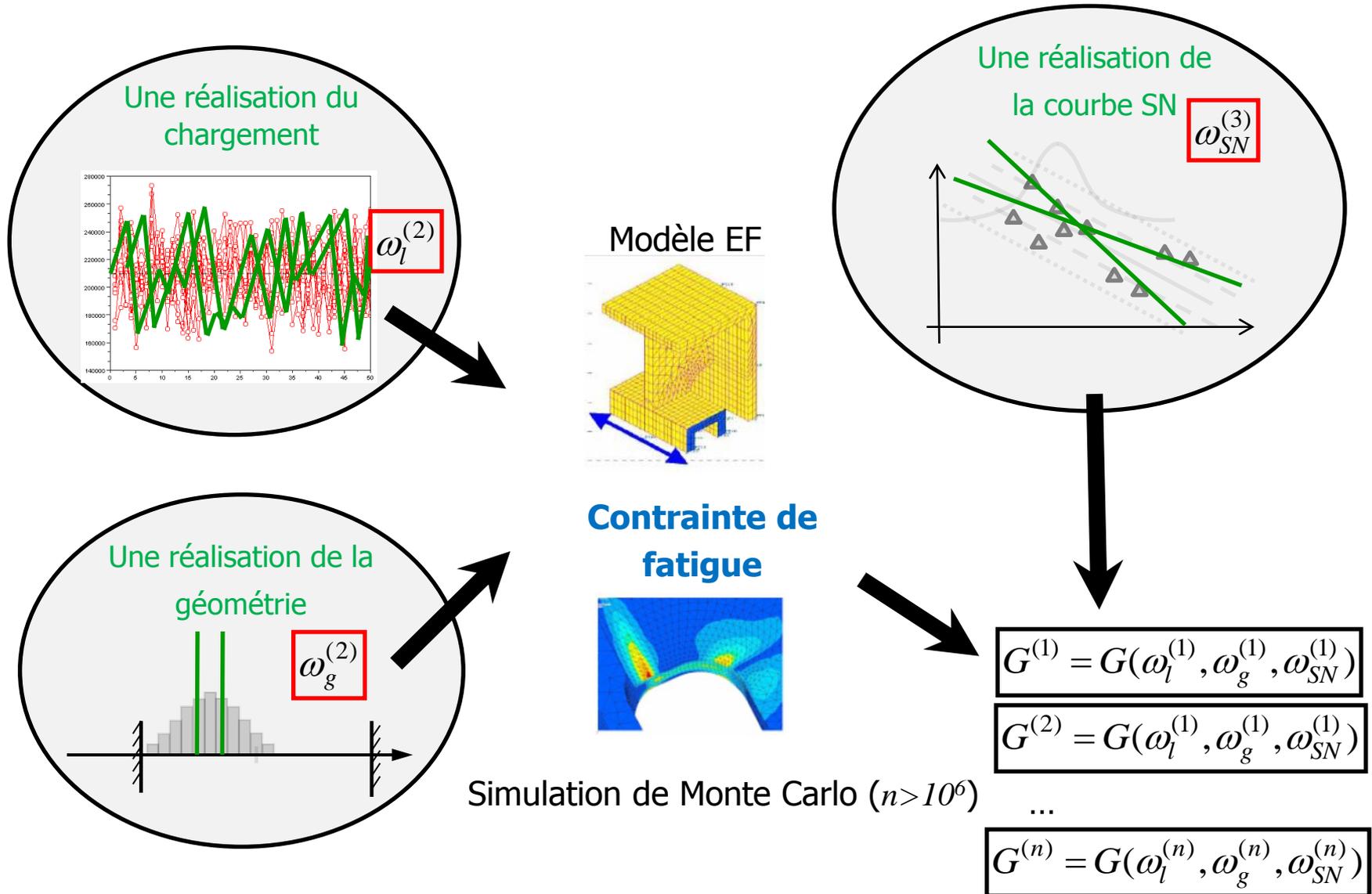
$G > 0$ Safe structure

$G \leq 0$ Failed structure

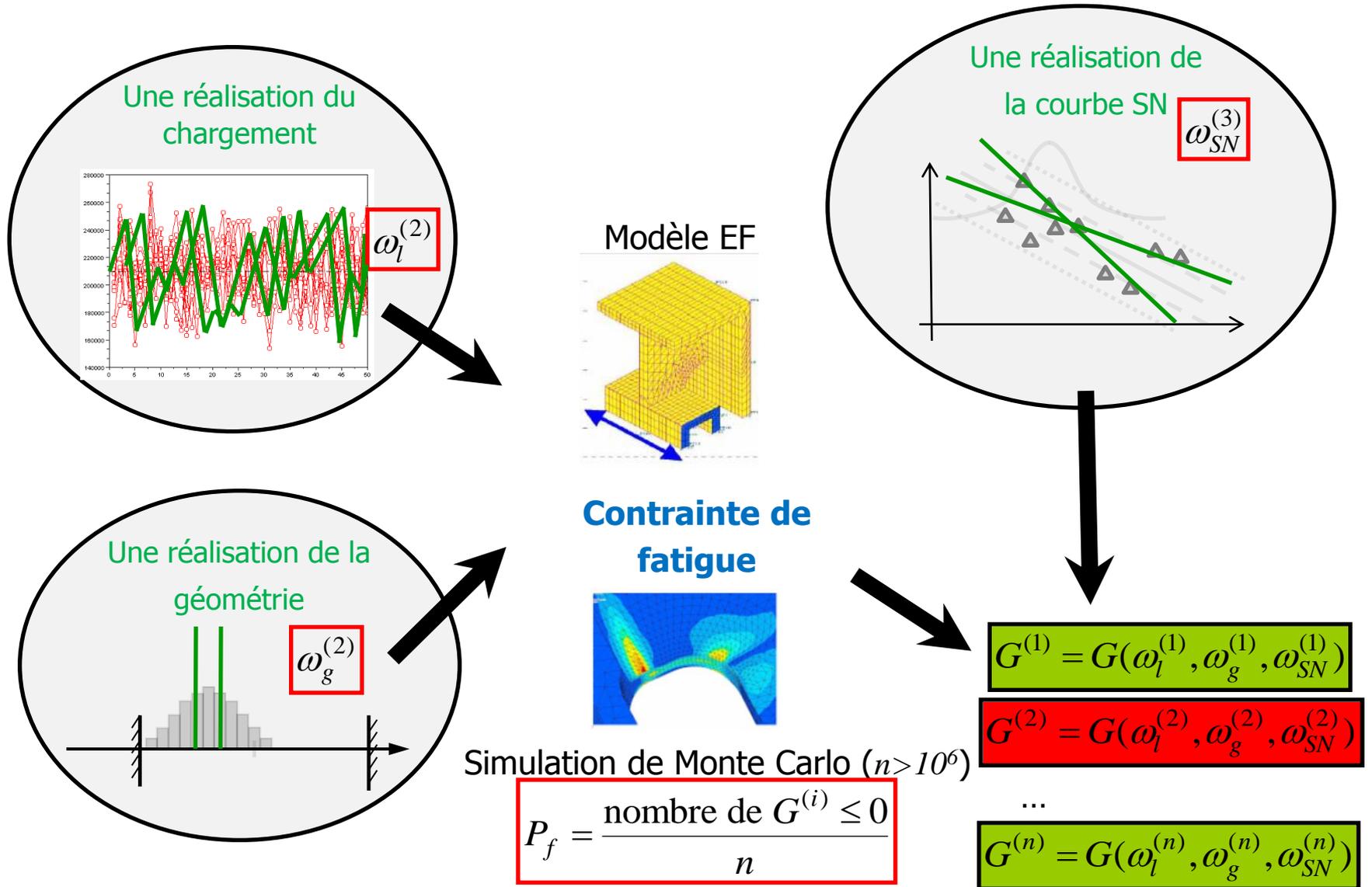
Point de vue probabiliste



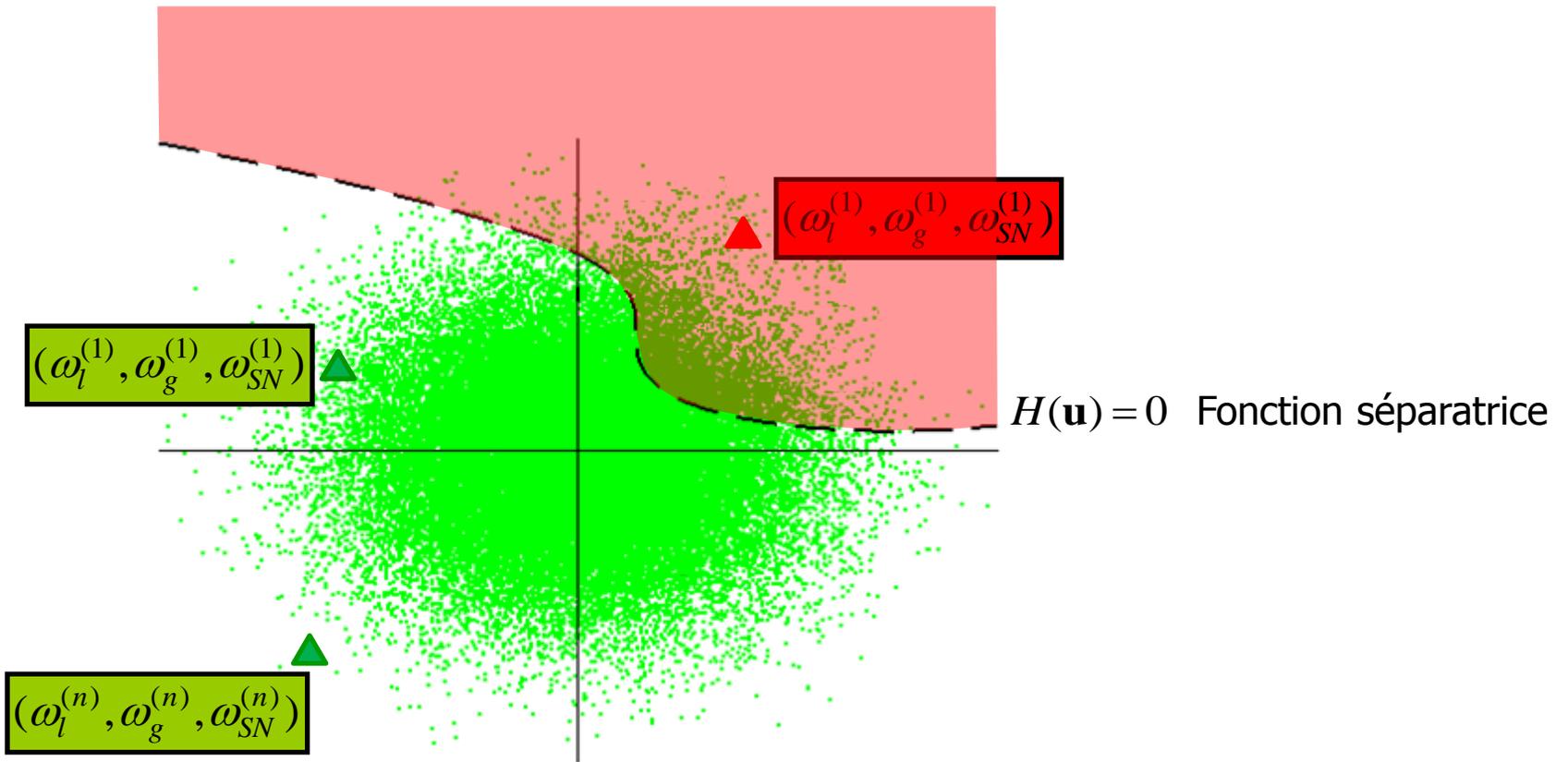
Point de vue probabiliste



Point de vue probabiliste



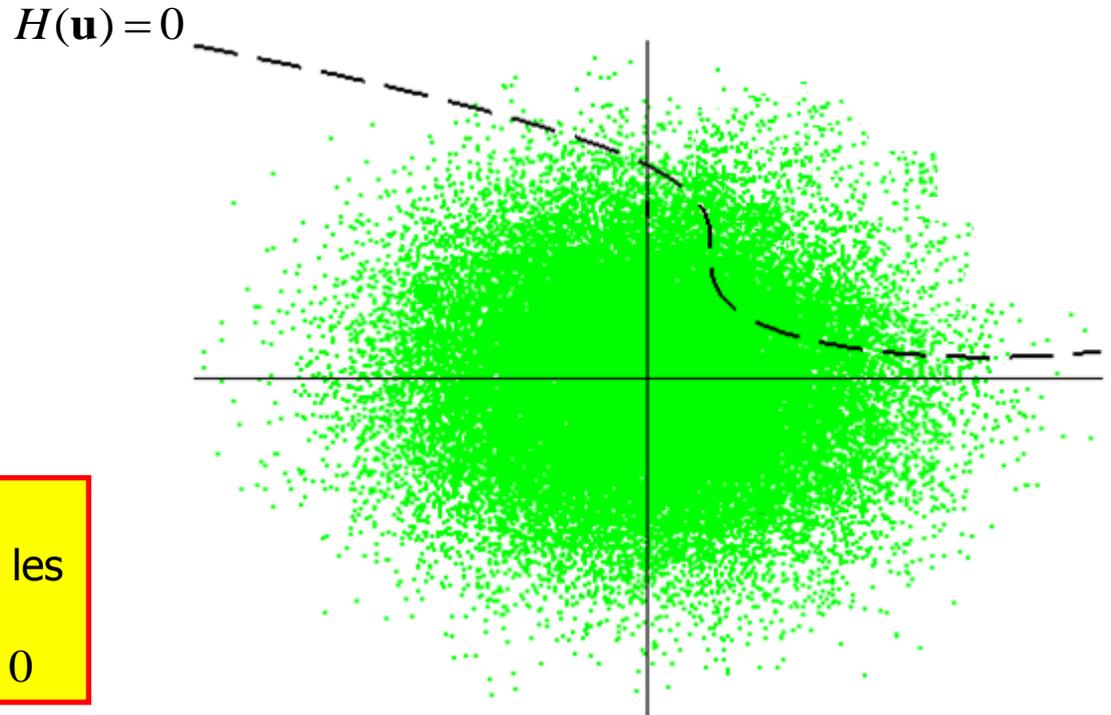
Point de vue probabiliste



Les méthodes AK

« Active learning and Kriging-based methods »

Points à classer par rapport au
signe de la fonction $H(\mathbf{u})$



Objectif : définir un métamodèle
séparateur $\tilde{H}(\mathbf{u}) = 0$ qui classerait les
points de la même manière que le
ferait la « vraie » fonction $H(\mathbf{u}) = 0$

Stratégie de classification / apprentissage des méthodes AK

1) Premier plan d'expériences

Exp. choisies pseudo aléatoirement parmi les points à classer.

$$H(\mathbf{u}) = 0$$

Classement relativement au signe de $\tilde{H}(\mathbf{u}) = 0$

2) Construction méta-modèle de krigeage

3) En chaque point non observé calcul de :

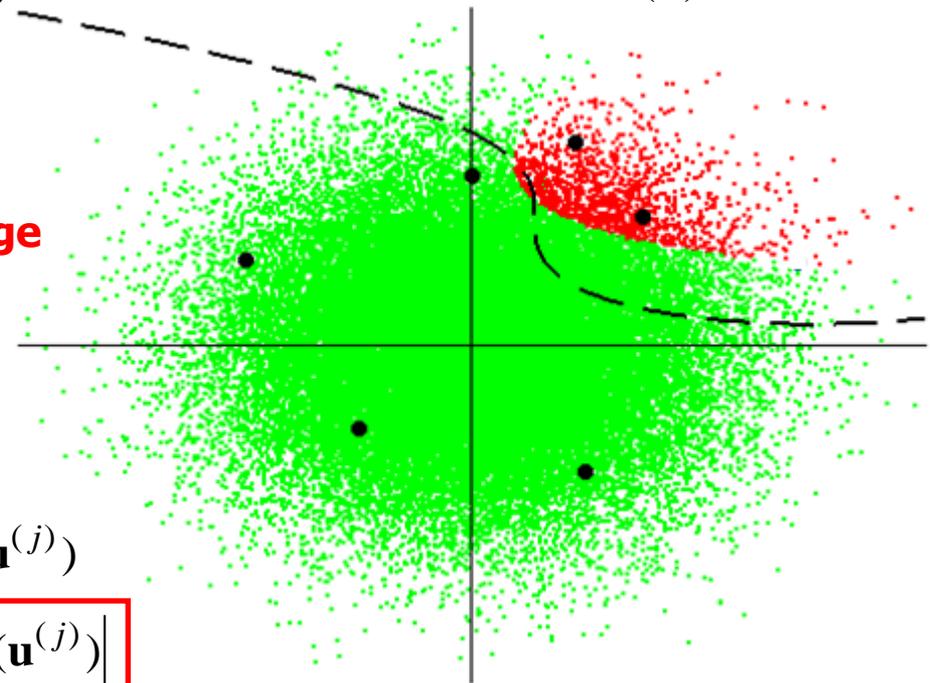
Prédiction de krigeage : $\tilde{H}(\mathbf{u}^{(j)})$

Variance d'estimation de krigeage : $\sigma_H^2(\mathbf{u}^{(j)})$

Critère d'enrichissement :

$$U(\mathbf{u}^{(j)}) = \frac{|\tilde{H}(\mathbf{u}^{(j)})|}{\sigma_H(\mathbf{u}^{(j)})}$$

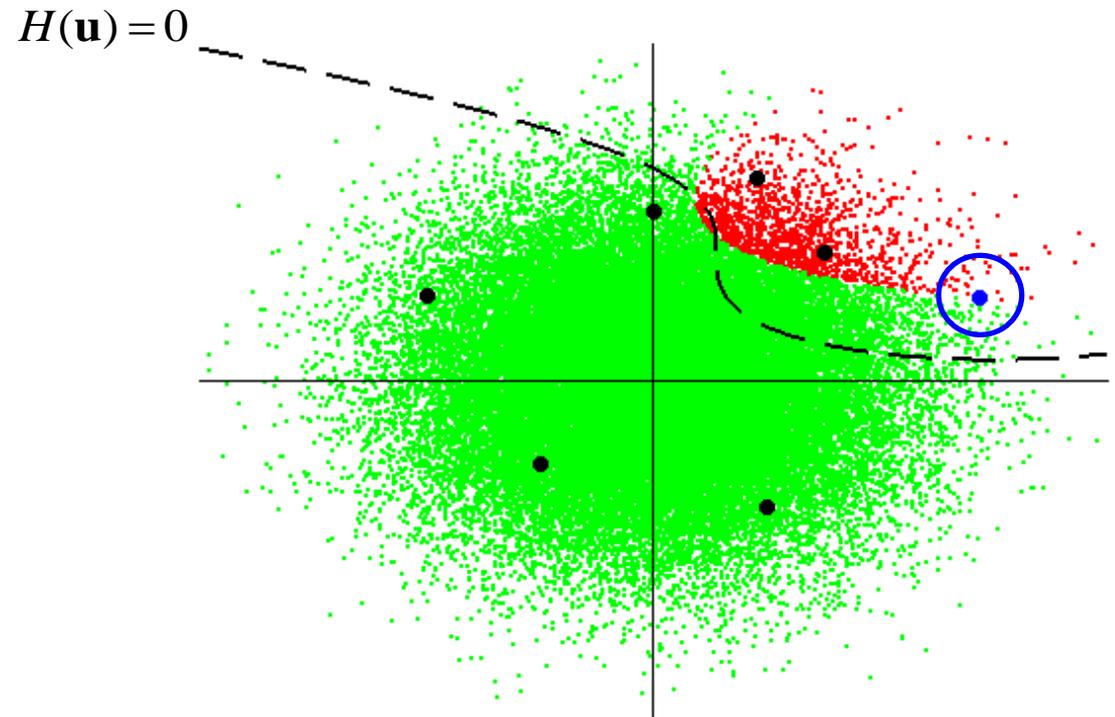
Probabilité que le point soit mal classée : $1 - \Phi(U(\mathbf{u}^{(j)}))$



Krigeage ordinaire, anisotrope, fonction d'auto-covariance gaussienne

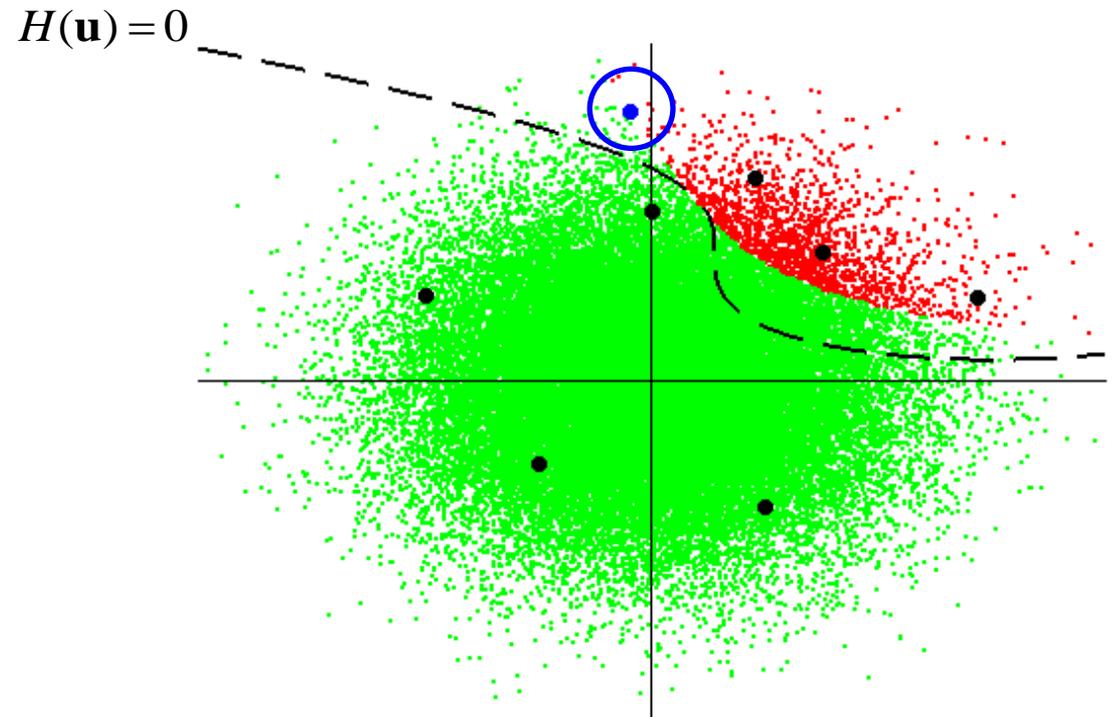
4) Enrichissement adaptatif

Ajout de l'expérience qui présente la valeur la plus faible de U .



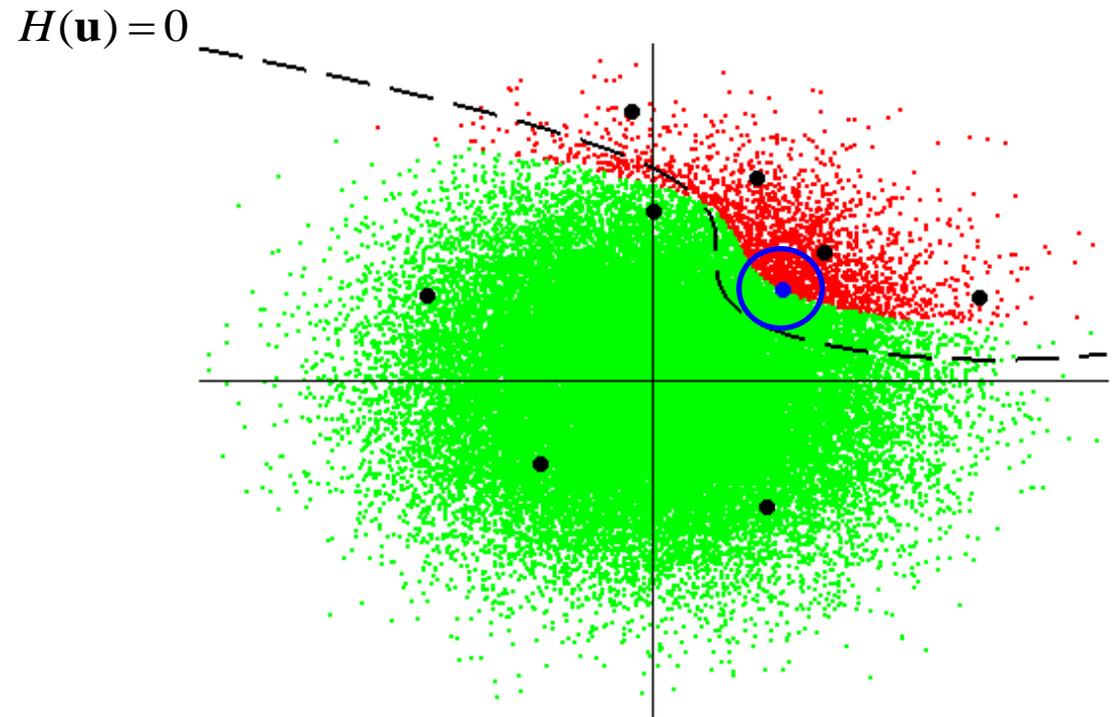
4) Enrichissement adaptatif

Ajout de l'expérience qui présente la valeur la plus faible de U .



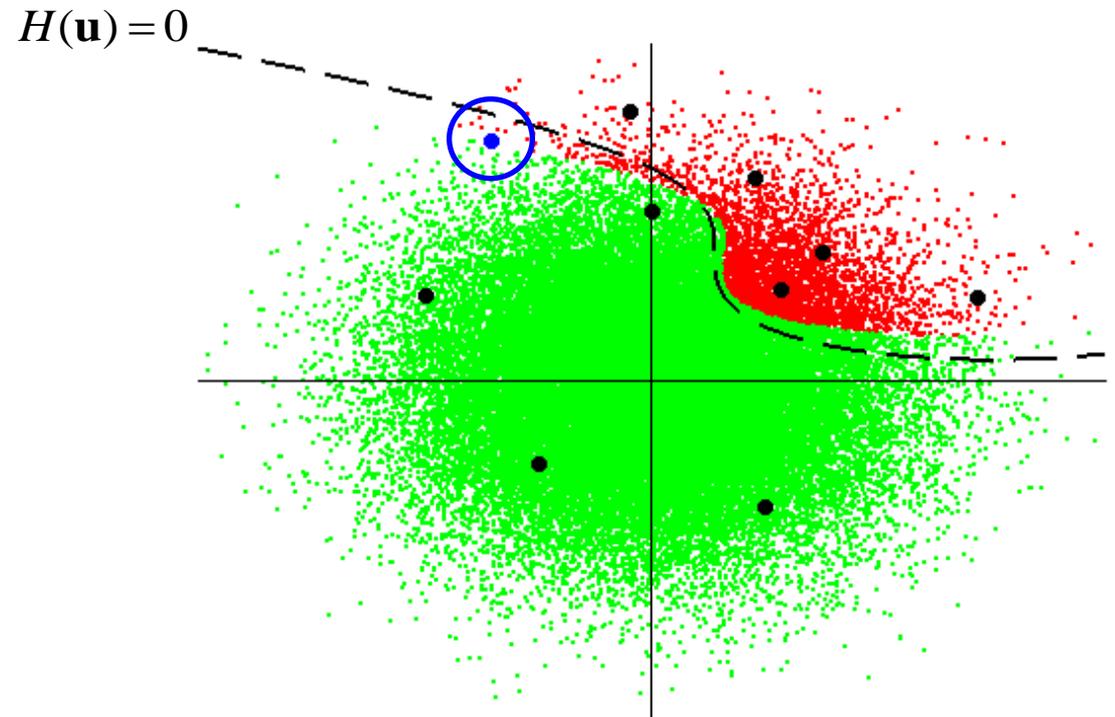
4) Enrichissement adaptatif

Ajout de l'expérience qui présente la valeur la plus faible de U .



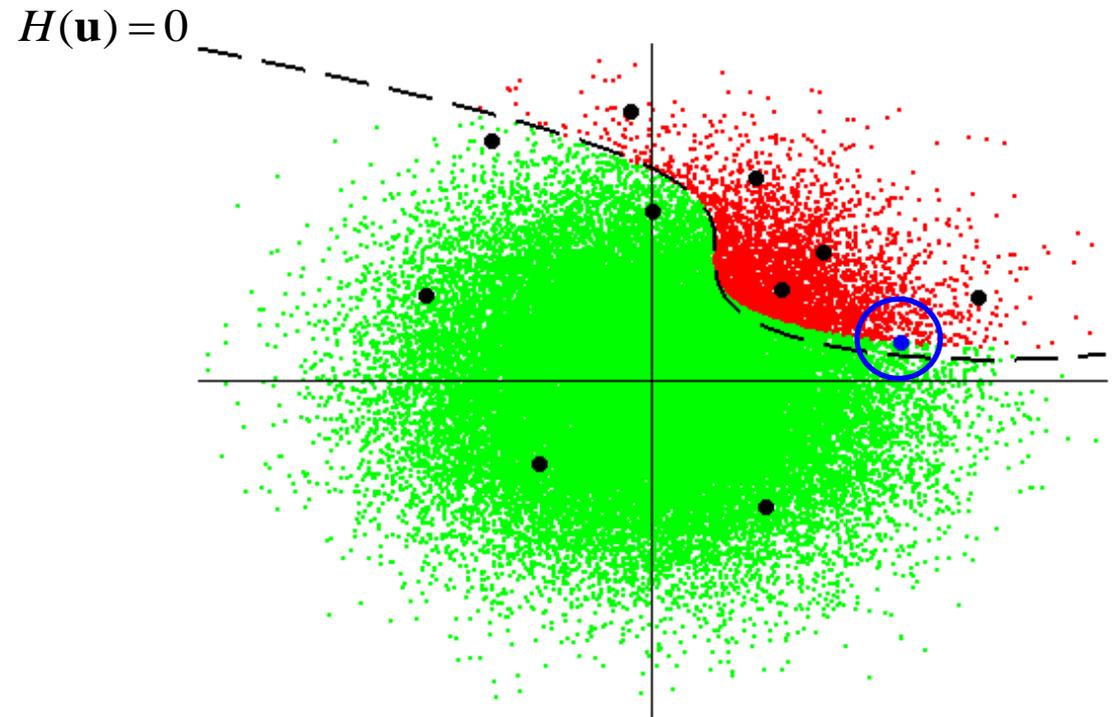
4) Enrichissement adaptatif

Ajout de l'expérience qui présente la valeur la plus faible de U .



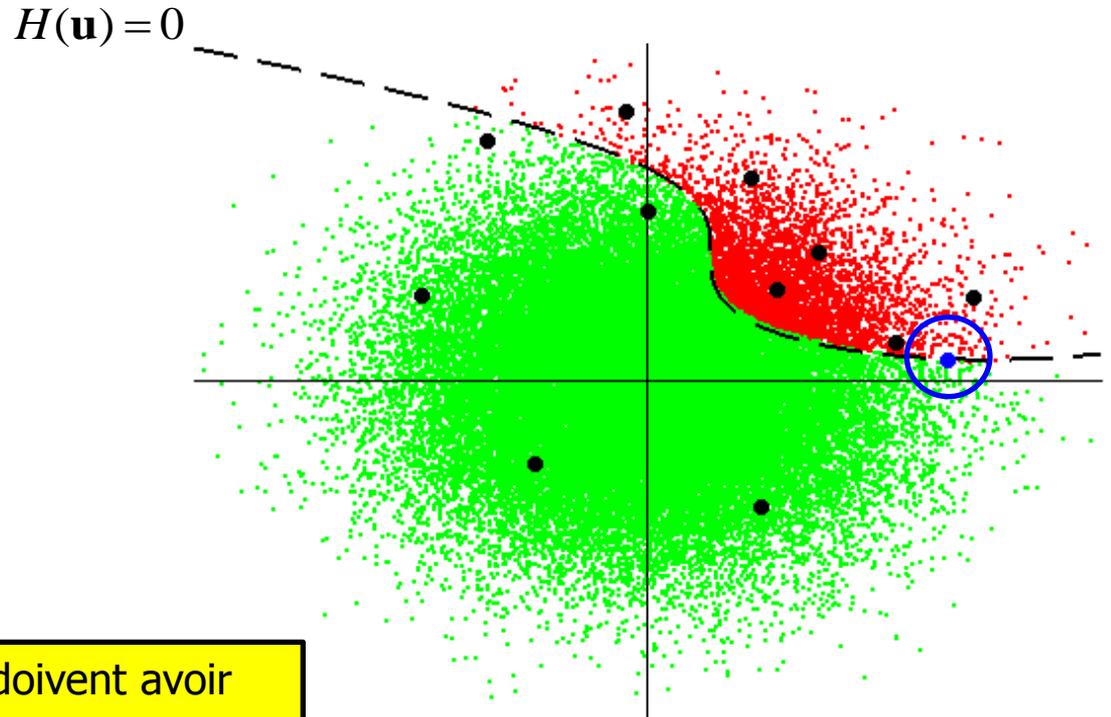
4) Enrichissement adaptatif

Ajout de l'expérience qui présente la valeur la plus faible de U .



4) Enrichissement adaptatif

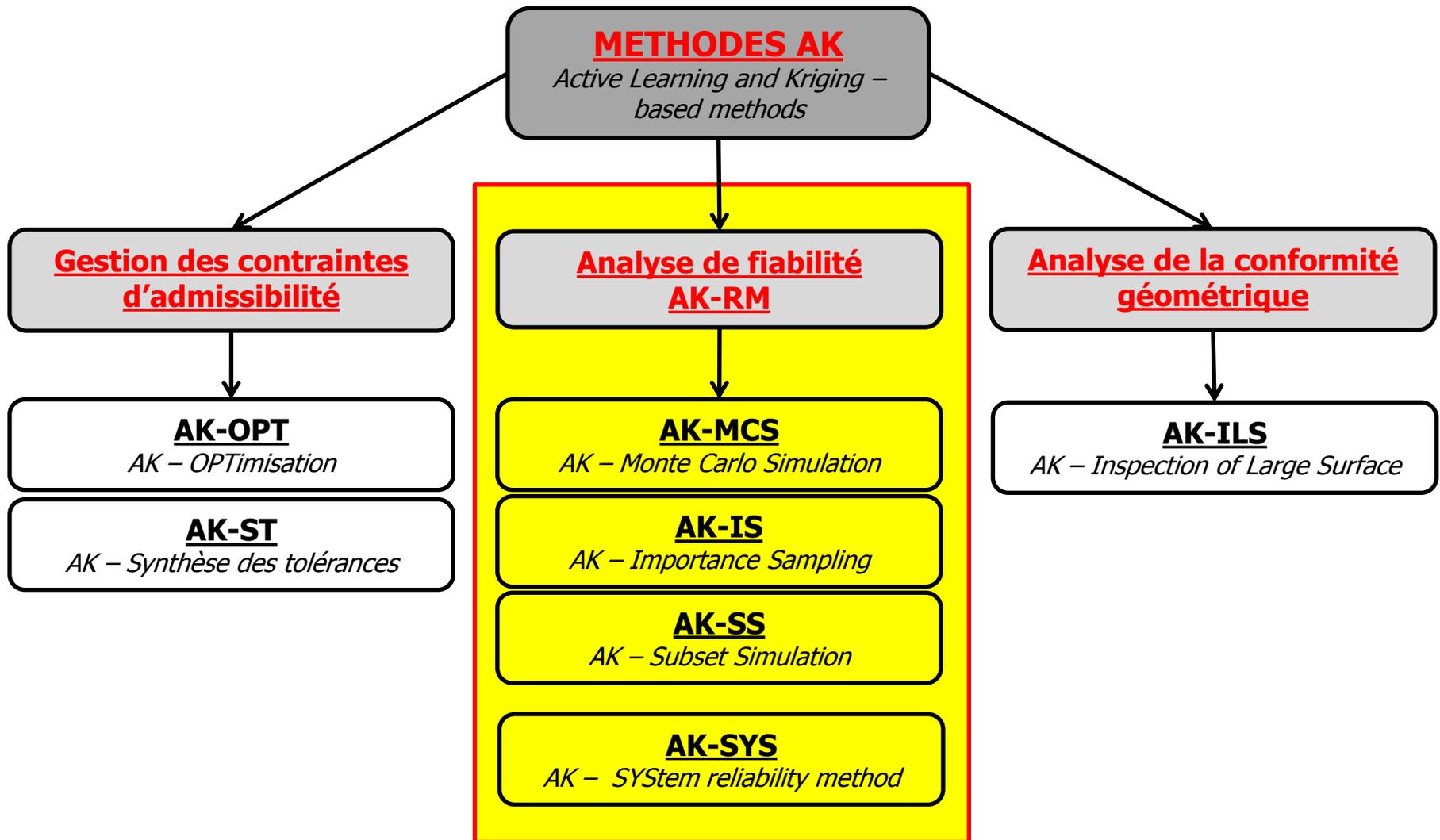
Ajout de l'expérience qui présente la valeur la plus faible de U .



5) Critère d'arrêt

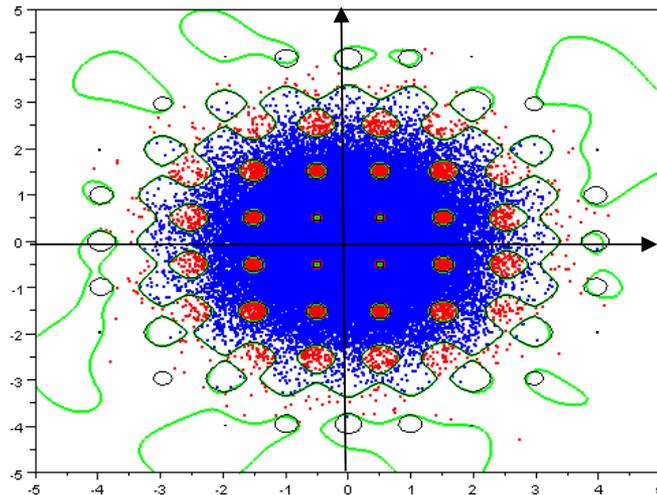
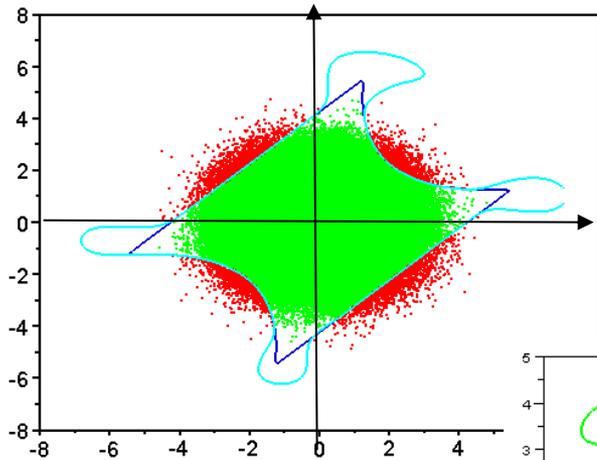
Tous les points à classer doivent avoir une valeur de $U > 2$

Famille des méthodes AK

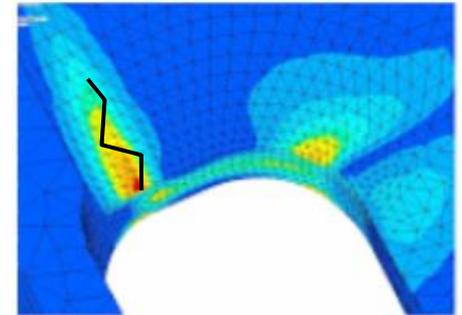
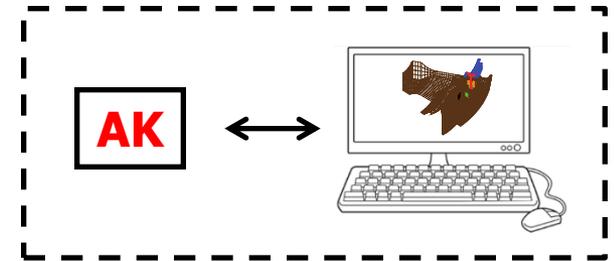


Applications

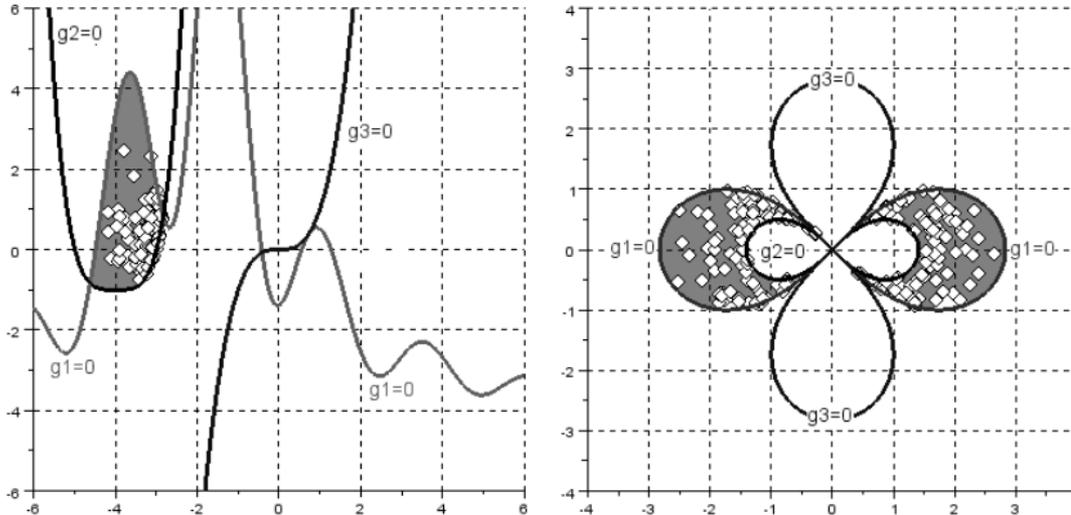
Applications à l'analyse de fiabilité



Fiabilité composant



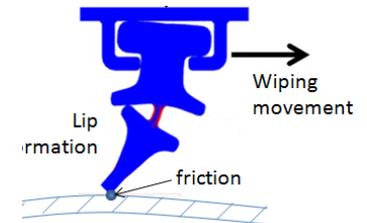
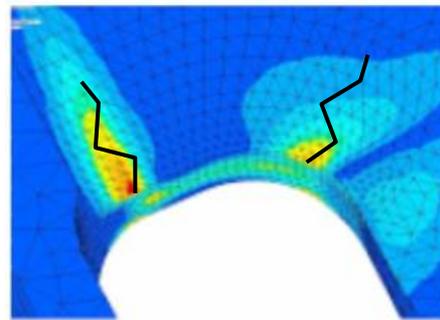
Applications à l'analyse de fiabilité



Fiabilité système



Gestion du max sur l'espace ou le temps :
Prise en compte de possibilités
d'amorçage en différentes zones fonction
de la géométrie

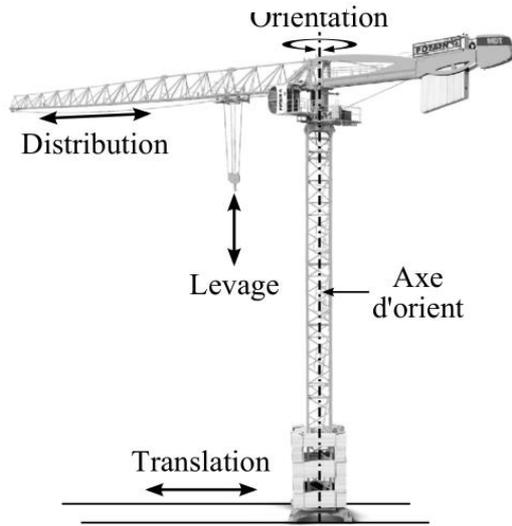


Conclusions

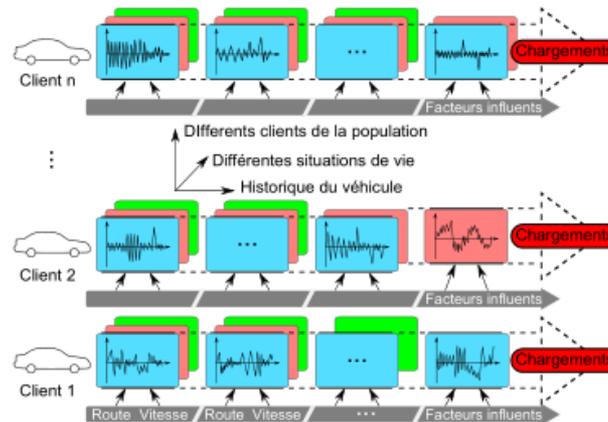
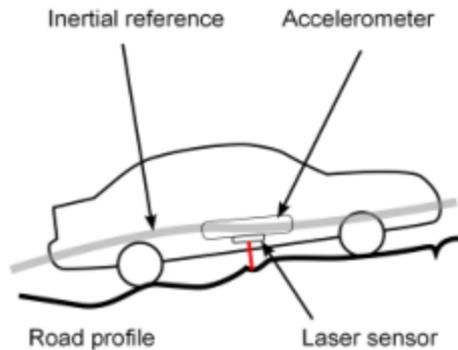
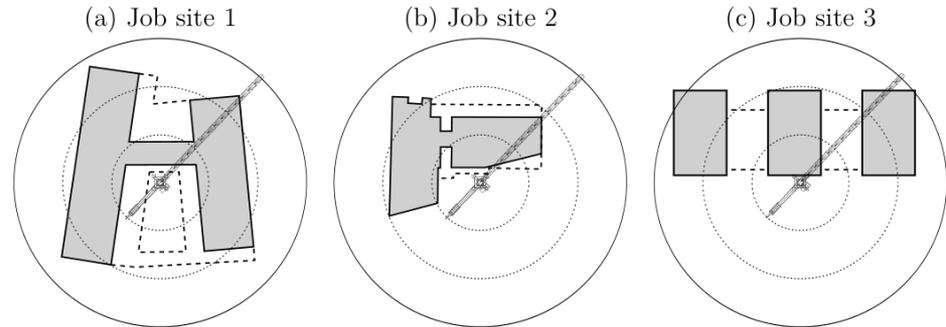
Conclusion

- ✓ **Phénomène de fatigue incertain → estimation des marges de sécurité par les approches probabilistes**
- ✓ **Des méthodes existes (méthode contrainte / résistance, ...)**
- ✓ **Plusieurs verrous :**
 - ✓ **problème de temps de calcul**
 - ✓ **modélisation probabiliste du chargement**
 - ✓ **modélisation probabiliste des courbes SN**

Conclusion



Thèse Simon BUCAS 2015 : « Evaluation de la fiabilité des éléments de charpente de grues à tour ». CIFRE MANITOWOC



Thèse William FAURIAT 2016 : « Modélisation stochastique des sollicitations provenant de la route pour l'estimation de la fiabilité du châssis et des composants du véhicule par la simulation ». CIFRE RENAULT.

