

Propagation des fissures par fatigue dans le fil de contact caténaire

Club CAST3M, 29 Novembre 2012

Arnaud Verrier, Si Hai MAI , Mac Lan NGUYEN-TAJAN
SNCF, Innovation et Recherche



Plan

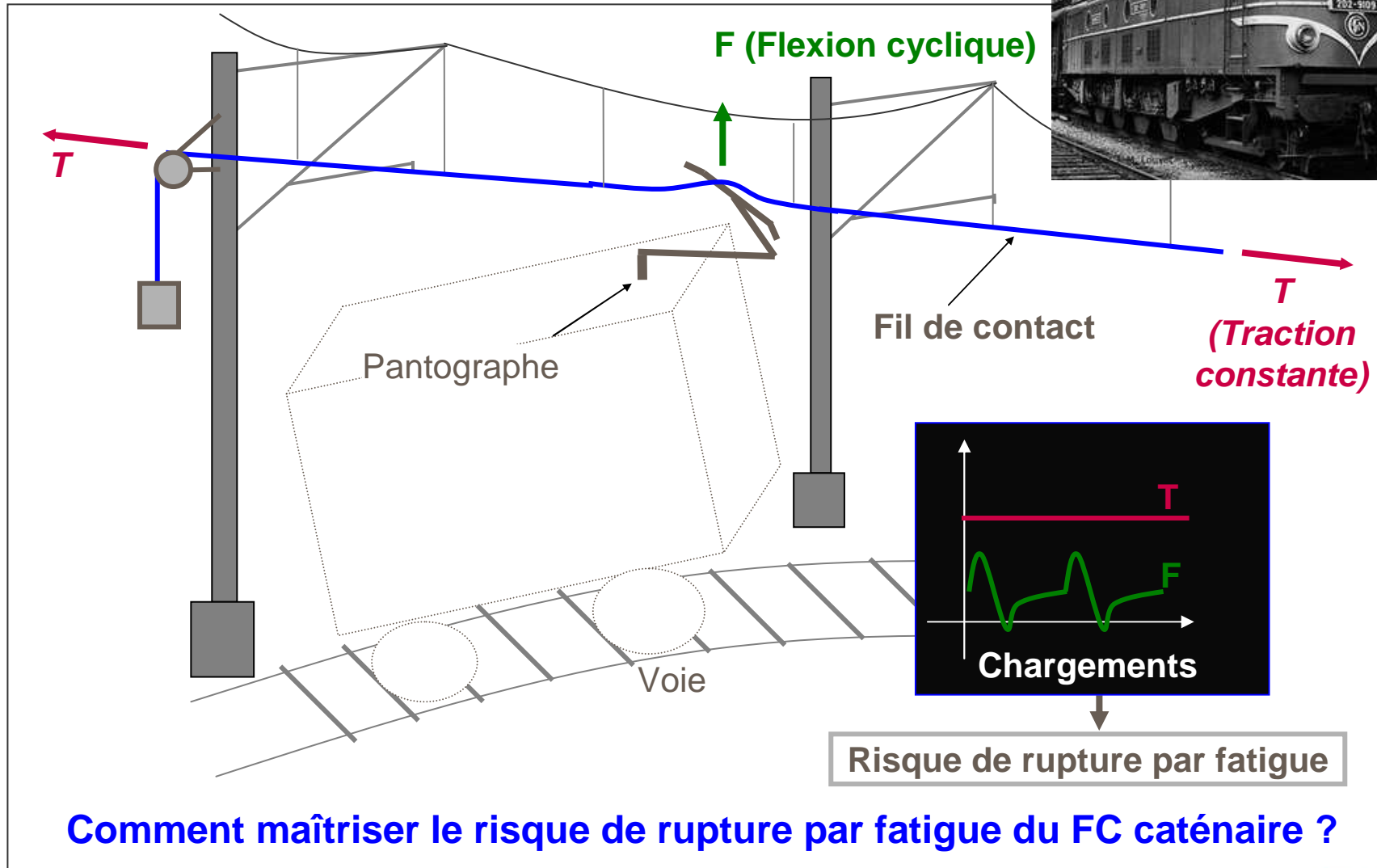
- I. Introduction
- II. Présentation du modèle numérique de l'étude
- III. Etude de sensibilité numérique
- IV. Identification des paramètres matériau
- V. Premiers résultats
- VI. Perspectives

Plan

- I. Introduction
- II. Présentation du modèle numérique de l'étude
- III. Etude de sensibilité numérique
- IV. Identification des paramètres matériau
- V. Premiers résultats
- VI. Perspectives

I. Introduction

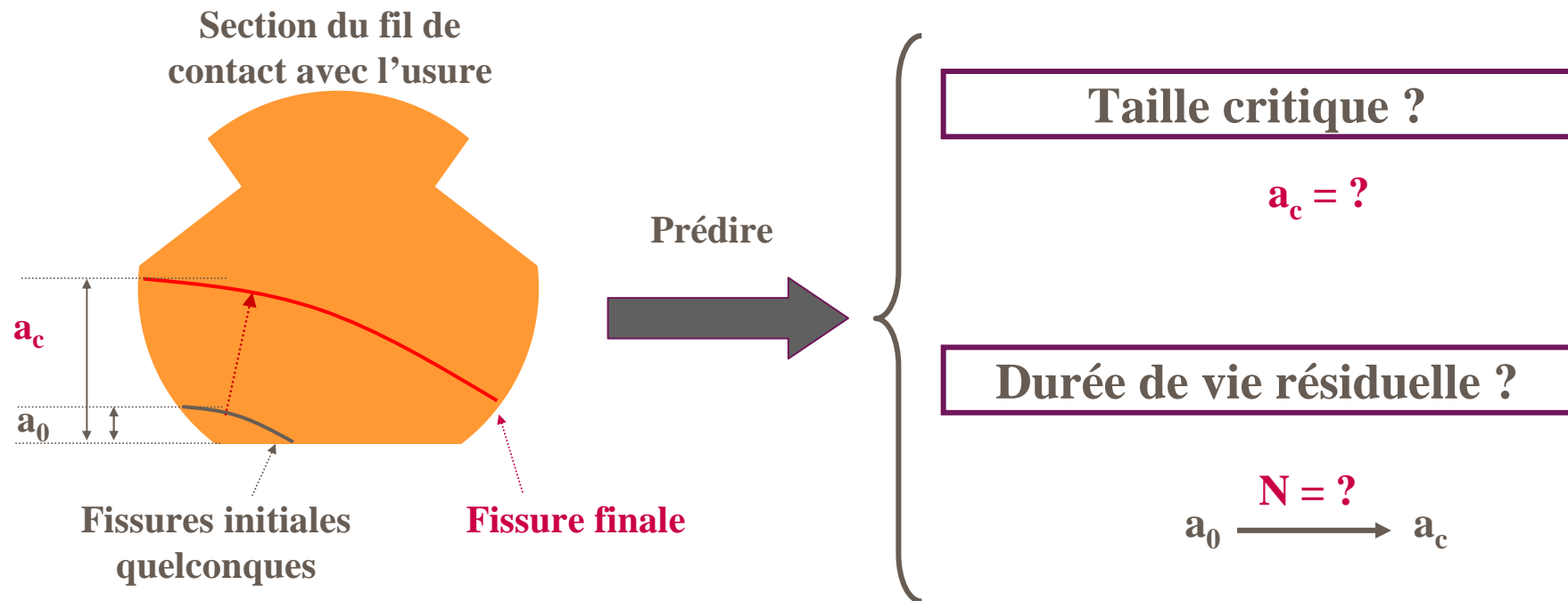
Caténaire ferroviaire



I. Introduction

Objectif de l'étude

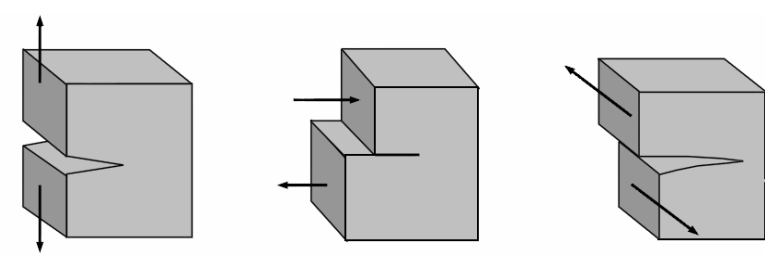
Optimisation de la stratégie de maintenance et du plan de surveillance



I. Introduction

Méthodologie

Mécanique linéaire de la rupture

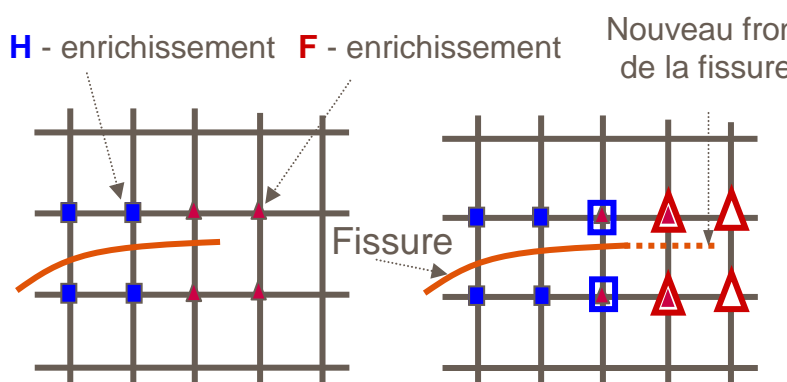


Mode I
Ouverture
Mode II
Cisaillement Plane
Mode III
Cisaillement anti-plane

$$\underline{\underline{\sigma}} = \frac{1}{\sqrt{r}} \left[K_I \underline{\underline{F}}_I(\theta) + K_{II} \underline{\underline{F}}_{II}(\theta) + K_{III} \underline{\underline{F}}_{III}(\theta) \right] + O(1)$$

Singularité des contraintes
 K_i : Facteurs d'intensité de contraintes

Eléments finis étendus - XFEM



H - enrichissement
F - enrichissement
Nouveau front de la fissure

Fissure

$$q_n = \begin{pmatrix} u_{i,n} \\ a_{i,n} \\ b_{ij,n} \end{pmatrix} \qquad q_{n+1} = \begin{pmatrix} q_n \\ a_{i,n+1} \\ b_{ij,n+1} \end{pmatrix}$$

$$u(x) = \sum N_i(x) \{ u_i + H(x_i) a_i + \sum F_j(x_i) b_{ij} \}$$

H – fonction Heaviside, F_j – fonctions circulaires

XFEM = Enrichissement des éléments finis classiques avec la fonction de saut H et les fonctions circulaires F afin de représenter le saut de déplacement des lèvres et la singularité des contraintes au front de la fissure, et utilisation des fonctions de niveau « lever-sets » pour identifier la position de la fissure.



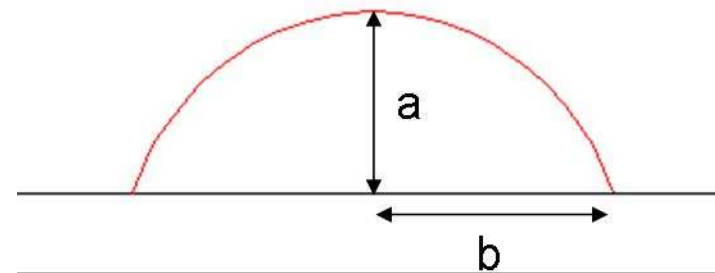
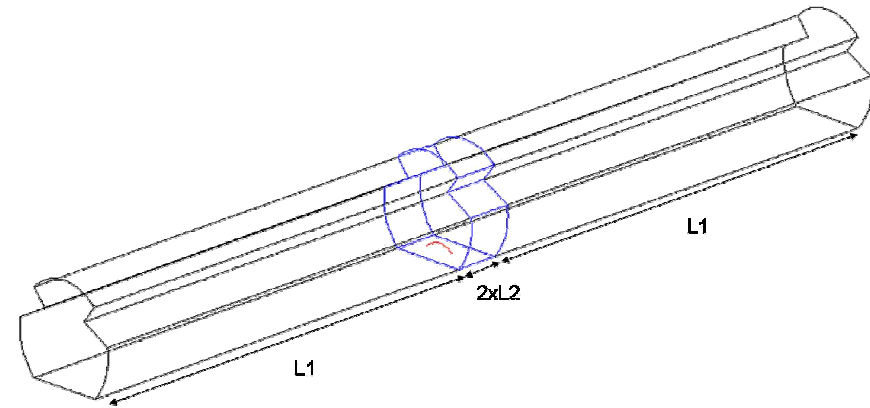
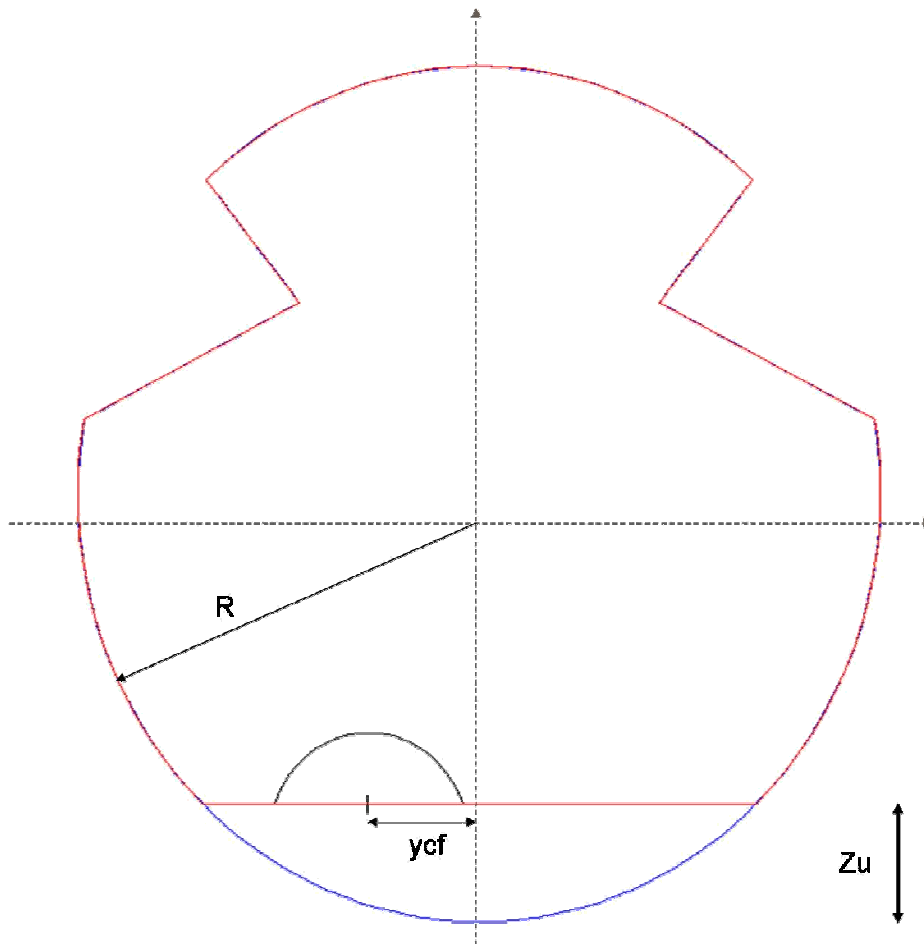
Logiciel : **CAST3M**

Plan

- I. Introduction
- II. Présentation du modèle numérique de l'étude
- III. Etude de sensibilité numérique
- IV. Identification des paramètres matériau
- V. Premiers résultats
- VI. Perspectives

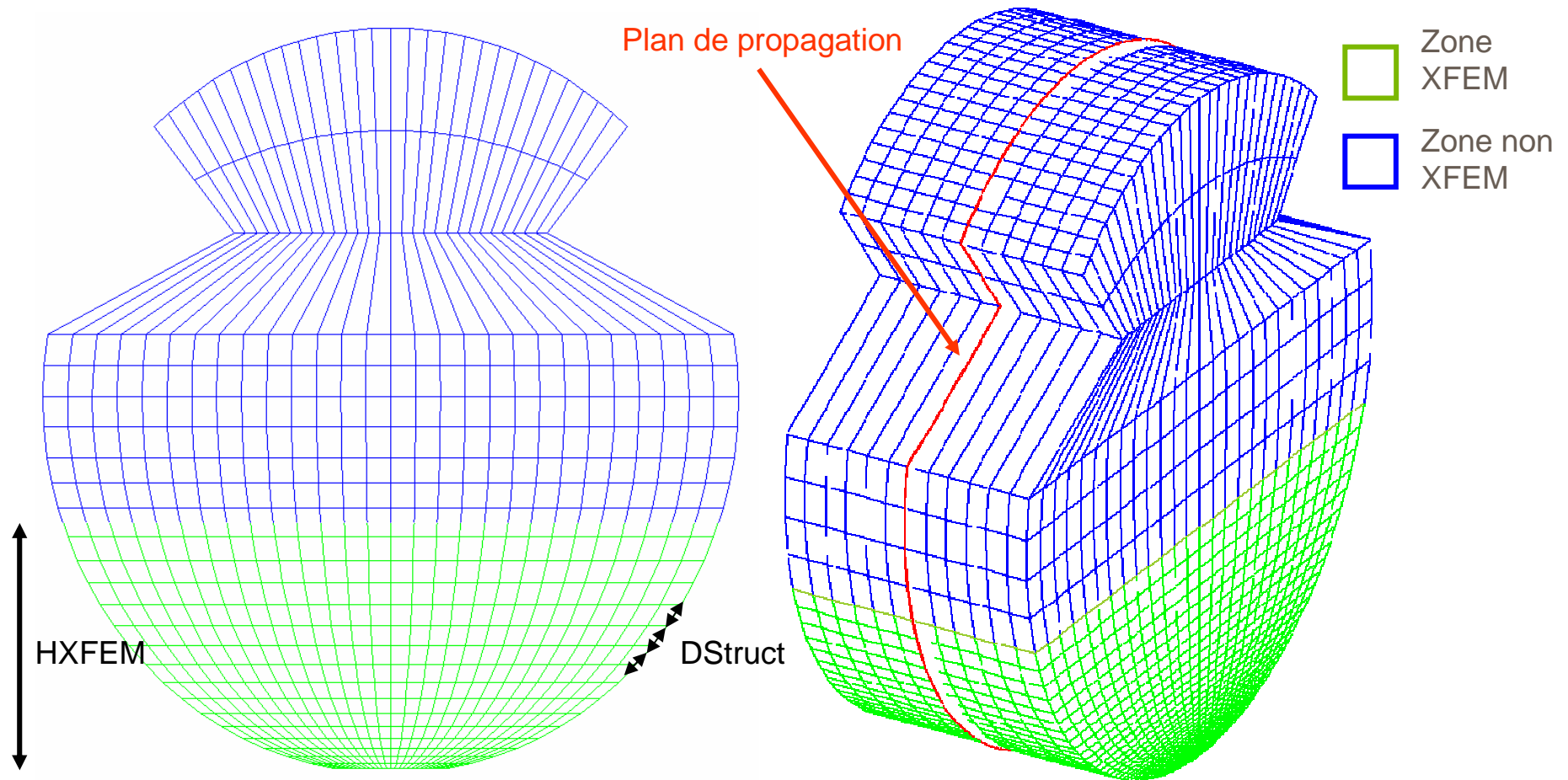
II. Présentation du modèle numérique de l'étude

Description géométrique



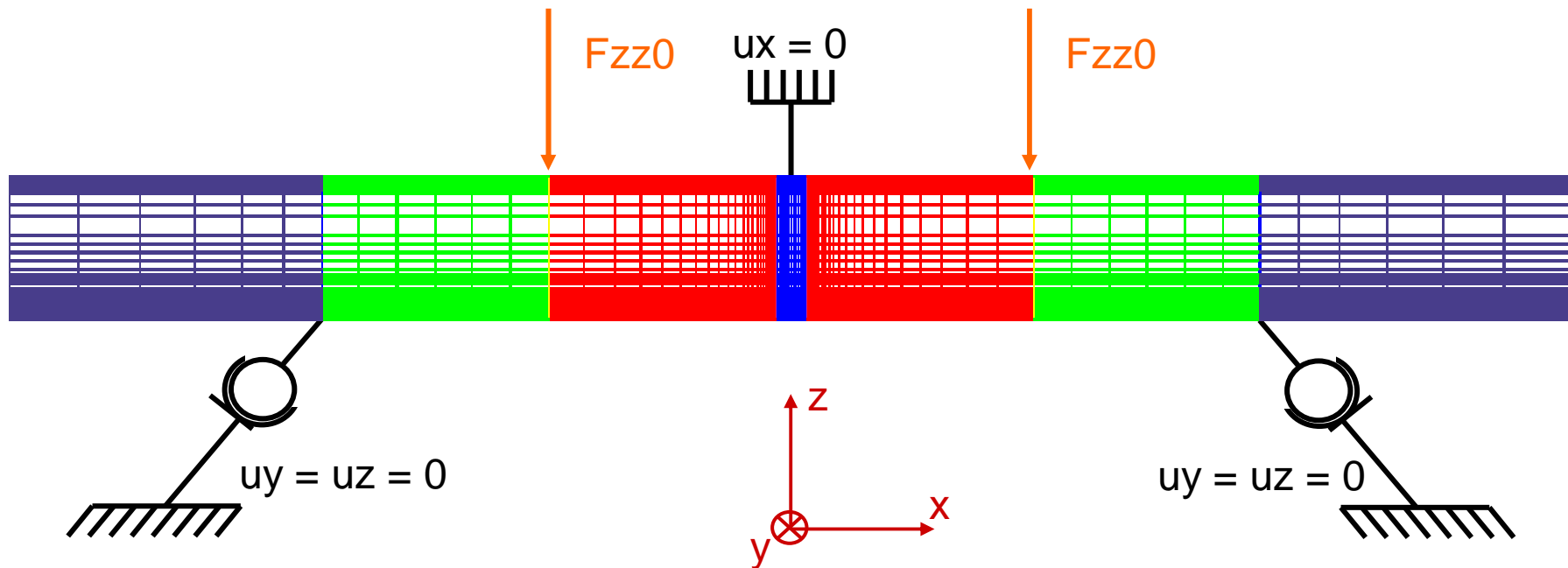
II. Présentation du modèle numérique de l'étude

Description numérique



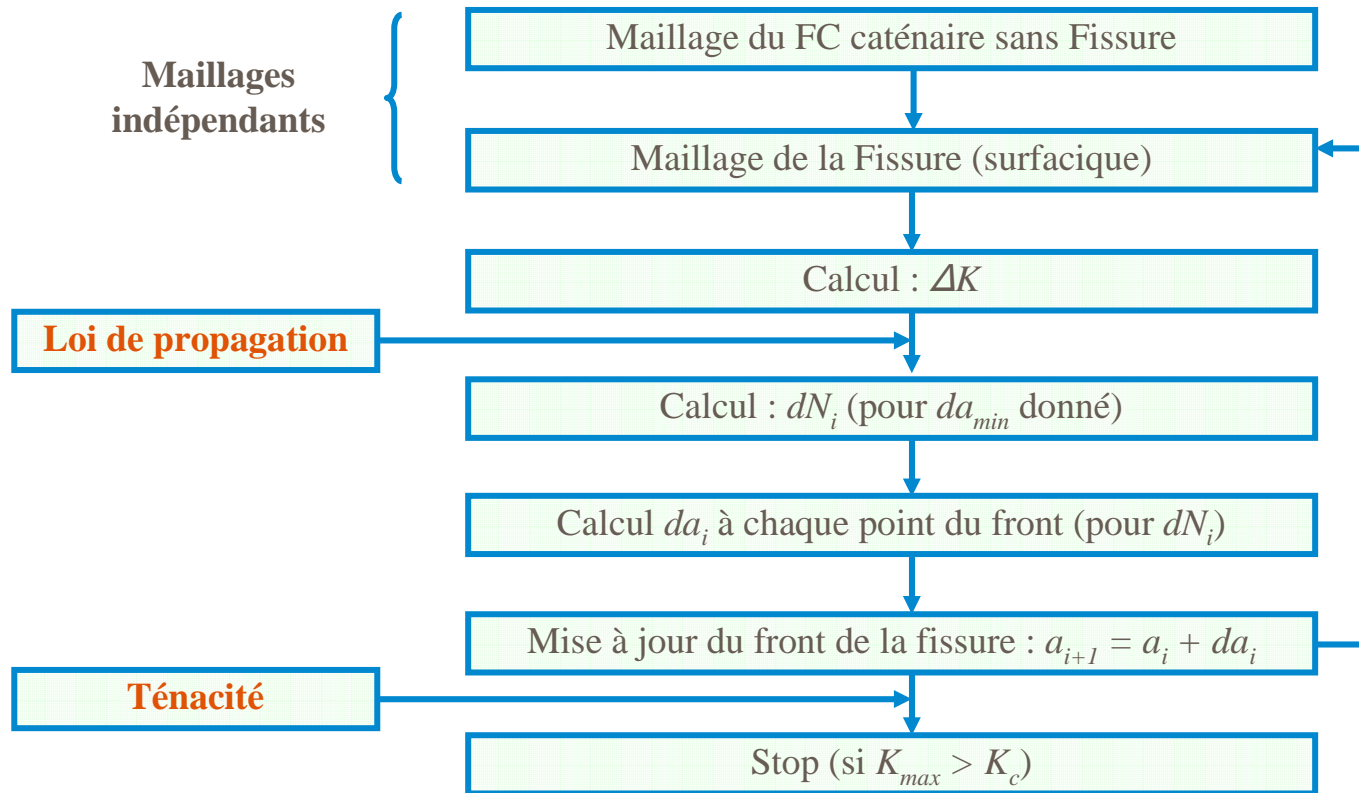
II. Présentation du modèle numérique de l'étude

Description des conditions limites



II. Présentation du modèle numérique de l'étude

Algorithme numérique - XFEM



K (facteurs d'intensité des contraintes), K_c (ténacité), N (nombre de cycles de chargement), a (taille de la fissure)

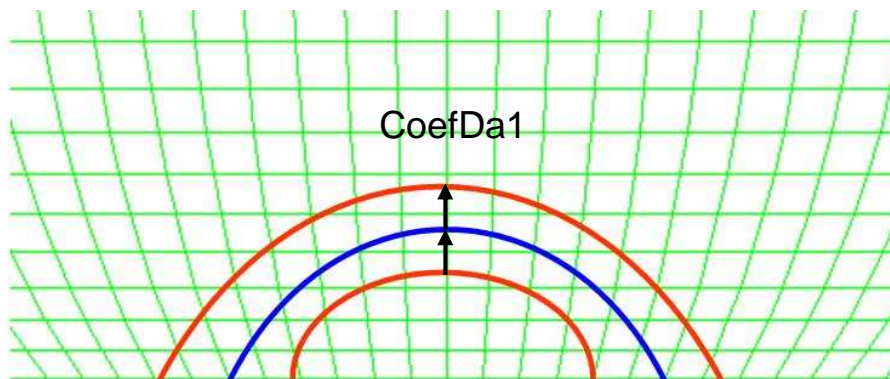
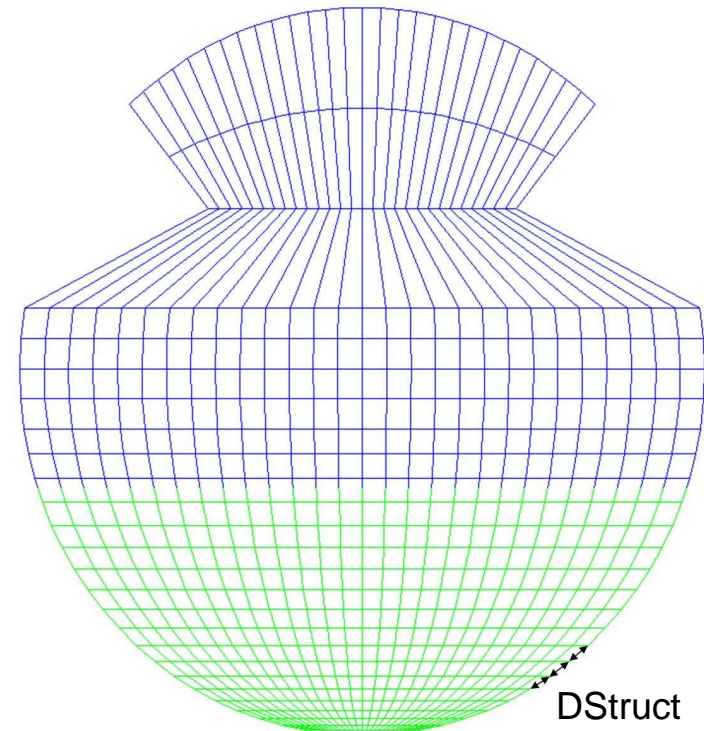
Plan

- I. Introduction
- II. Présentation du modèle numérique de l'étude
- III. Etude de sensibilité numérique
- IV. Identification des paramètres matériau
- V. Premiers résultats
- VI. Perspectives

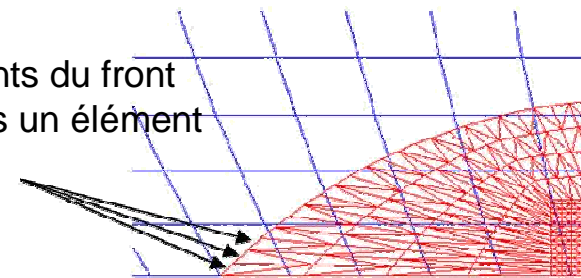
III. Etude de sensibilité, fissure elliptique centrée

Description des paramètres numériques

- Incrément de propagation, **CoefDa1**
- Densité du maillage de la structure, **DStruct**
- Densité du maillage du front de fissure, **Nbno_el**

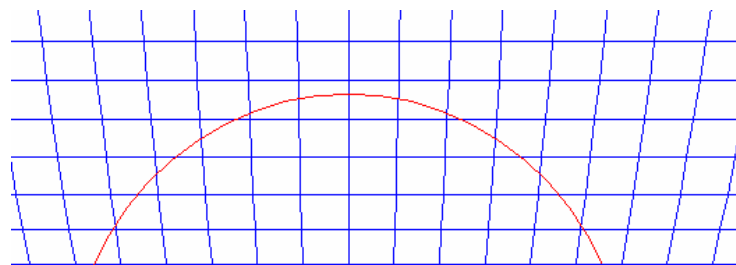
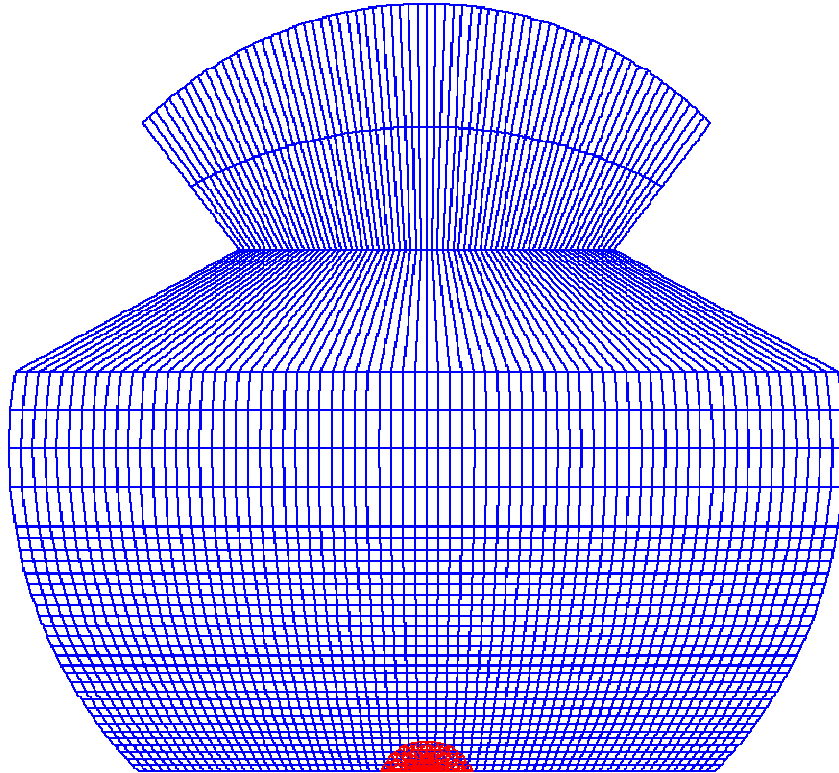


Nombre d'éléments du front de la fissure dans un élément de la structure



III. Etude de sensibilité, fissure elliptique centrée

Présentation du modèle de l'étude

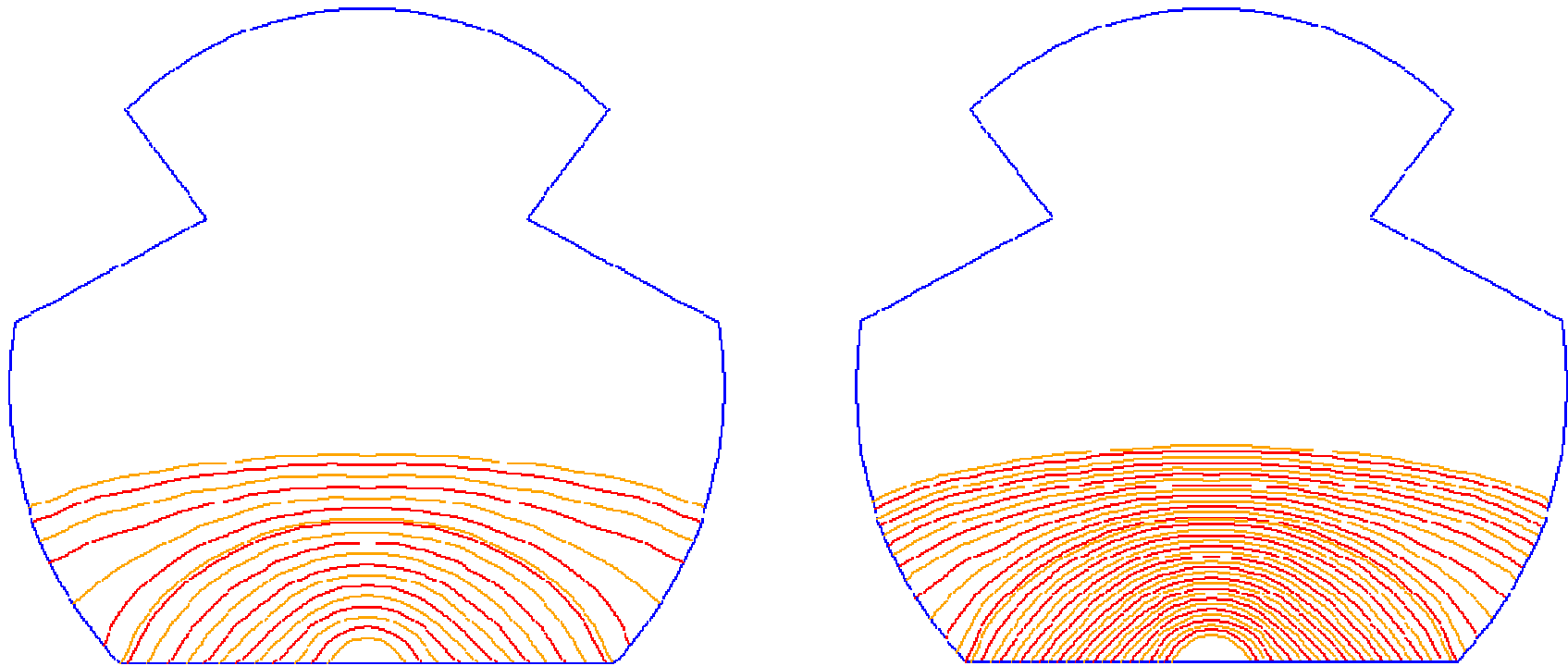


Paramètres			
Structure	Fissure		
Géométriques (mm)			
R	7,25E-03	Centre	0,00E+00
Usure zu	2,00E-03	Profondeur a1	0,50E-03
HXFEM	4.00 ^e -3	Ouverture b0	0,80E-03

- Fissure elliptique centrée (symétrique)
- Conditions limites symétriques
- Tendance des résultats connue

III. Etude de sensibilité, fissure elliptique centrée

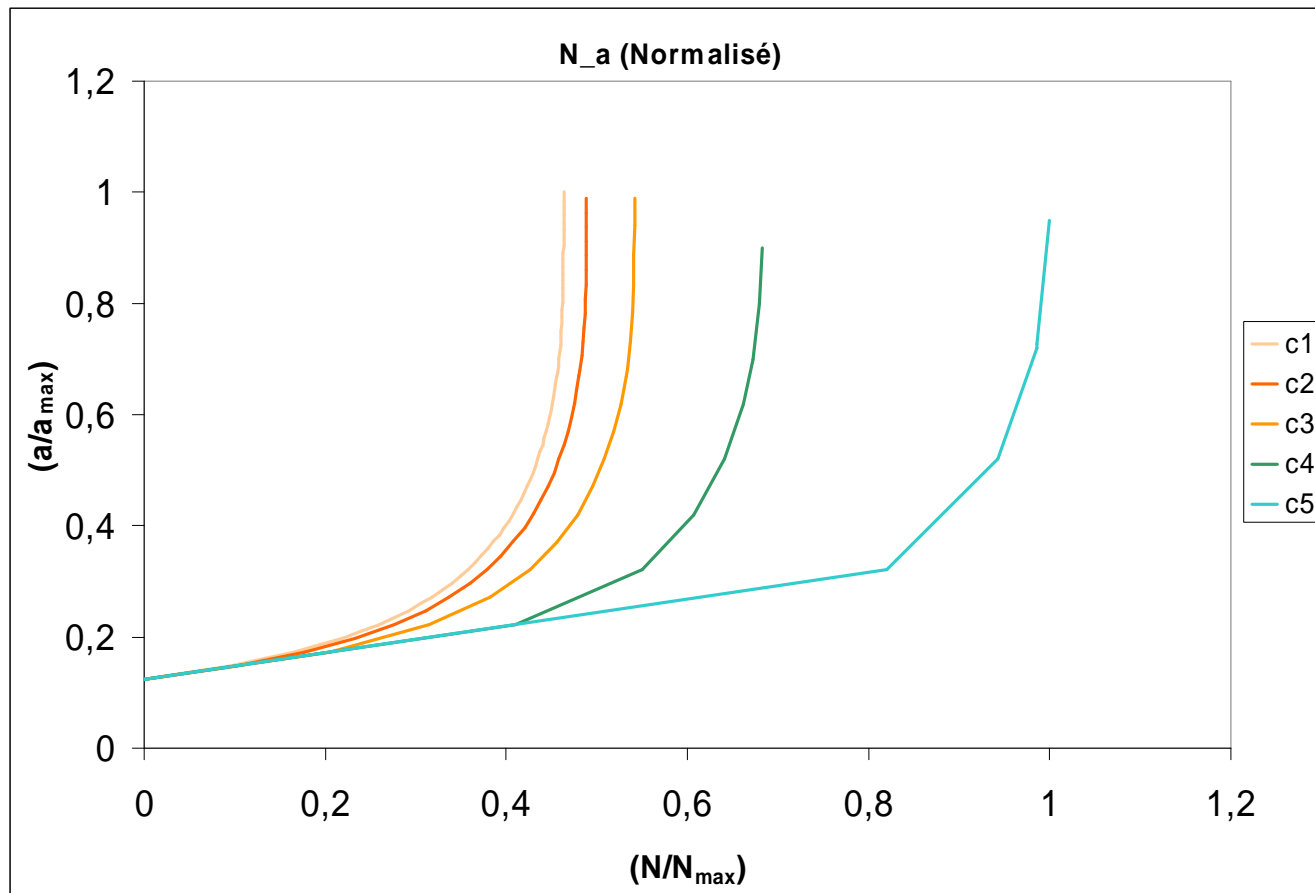
Incrément de propagation, **CoefDa1**



CoefDa1 = [c1,c2,c3,c4,c5]

III. Etude de sensibilité, fissure elliptique centrée

Incrément de propagation, **CoefDa1**



$$c5 = 2 * c4$$

$$c4 = 2 * c3$$

$$c3 = 2 * c2$$

$$c2 = 2 * c1$$

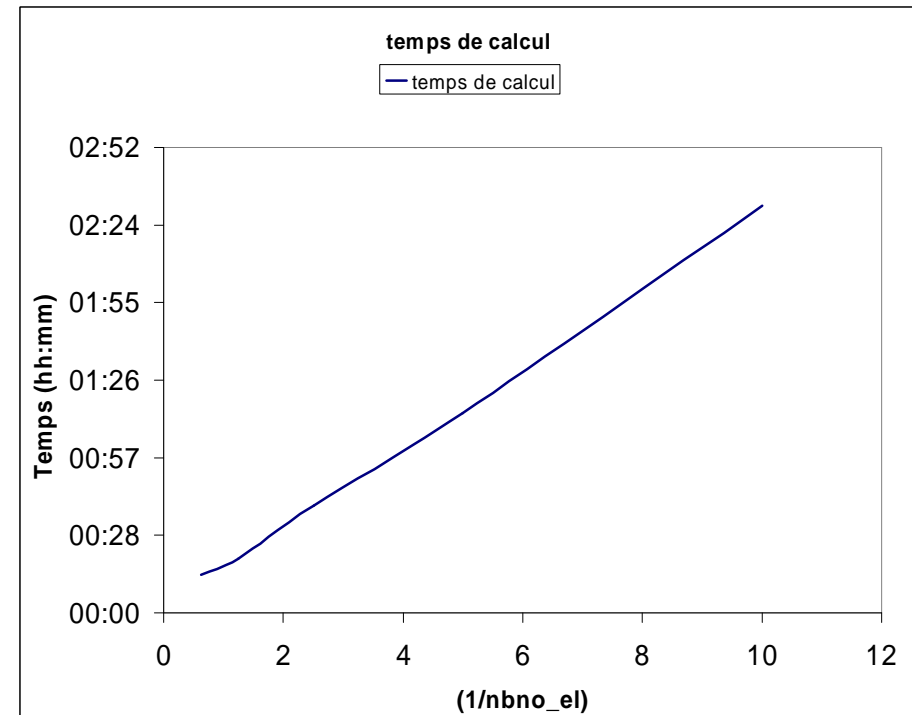
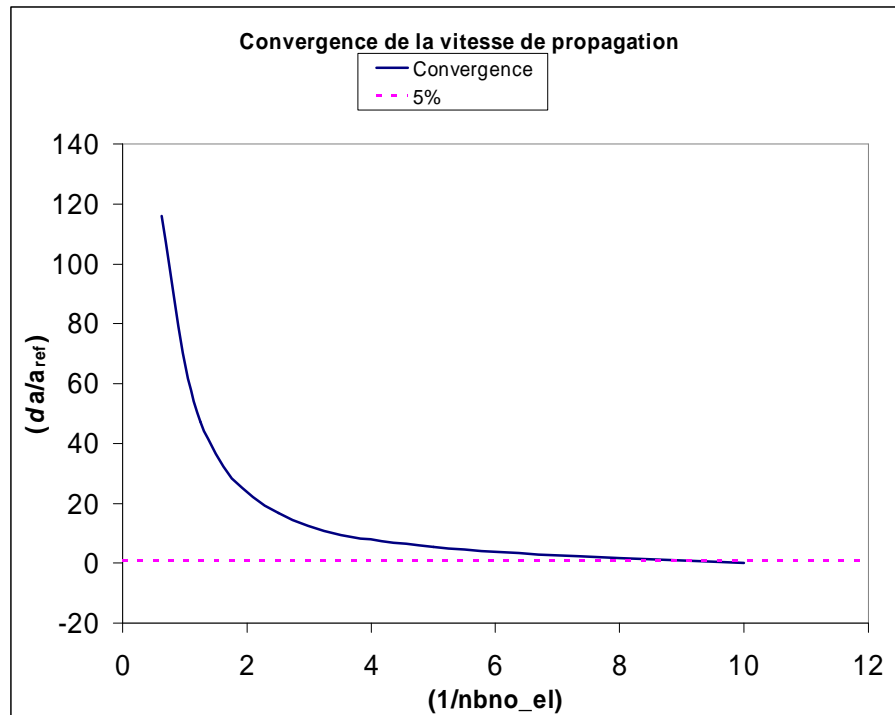
Evolution de la profondeur

- Convergence

- Si $N_{bno_el} \downarrow$, Vitesse \uparrow

III. Etude de sensibilité, fissure elliptique centrée

Incrément de propagation, CoefDa1



Conclusion

- Critère de sélection : convergence de la de la vitesse de propagation.
- Choix de sélection : Ecart relatif et temps de calcul.

III. Etude de sensibilité numérique

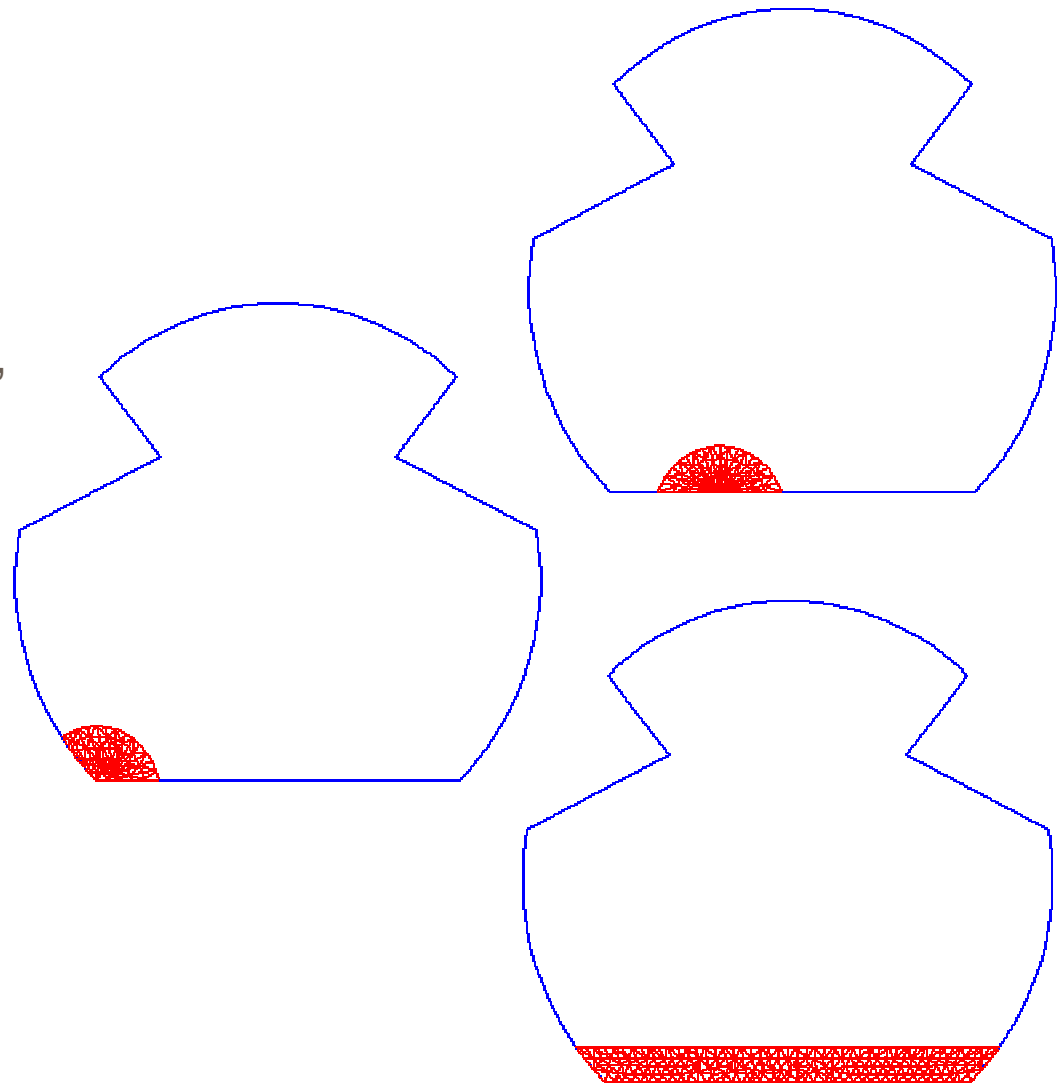
Conclusion

Résultats étude numériques :

- convergence des résultats,
- optimisation du coût de calcul,
- stabilisation du modèle.

Autres cas d'étude :

- fissure excentrée,
- fissure droite,
- fissure « à cheval ».

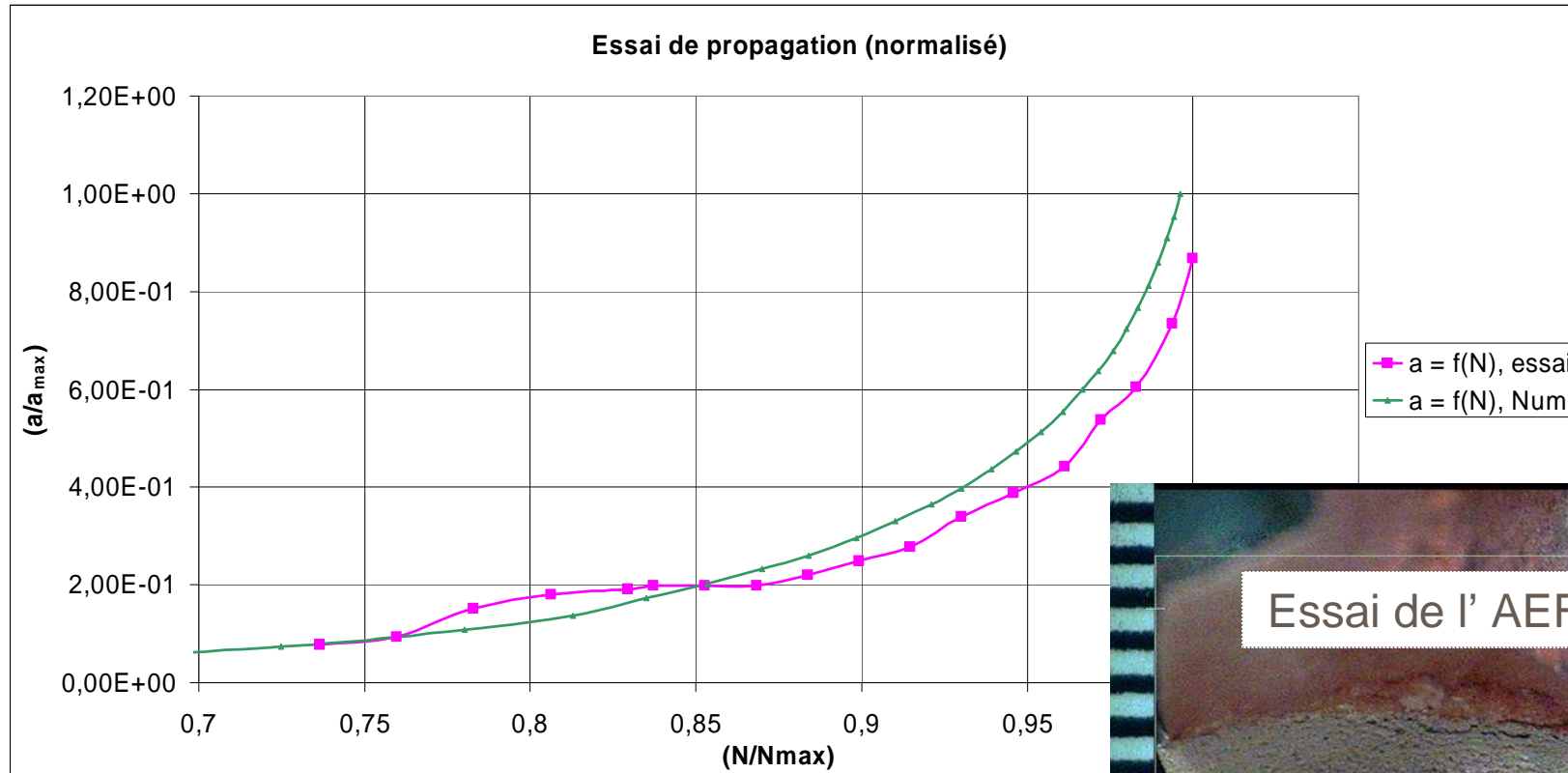


Plan

- I. Introduction
- II. Présentation du modèle numérique de l'étude
- III. Etude de sensibilité numérique
- IV. Identification des paramètres matériau**
- V. Premiers résultats
- VI. Perspectives

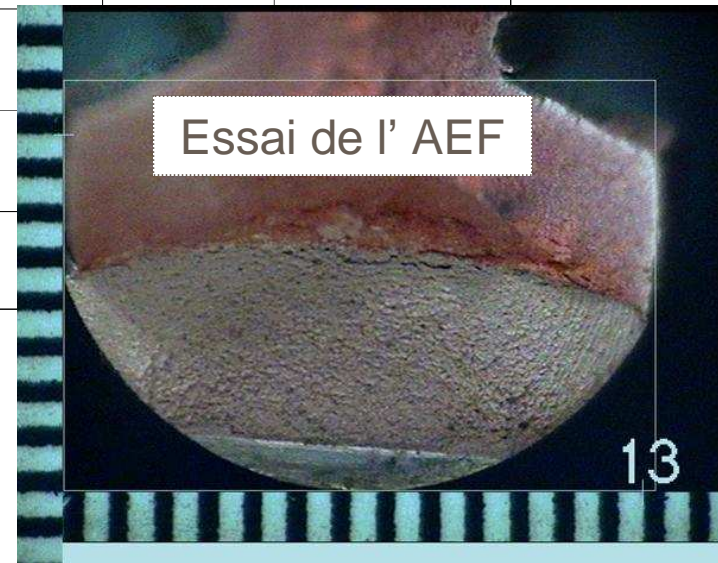
IV. Identification des paramètres matériau

Exploitation des essais (Agence d'Essai Ferroviaire – AEF)



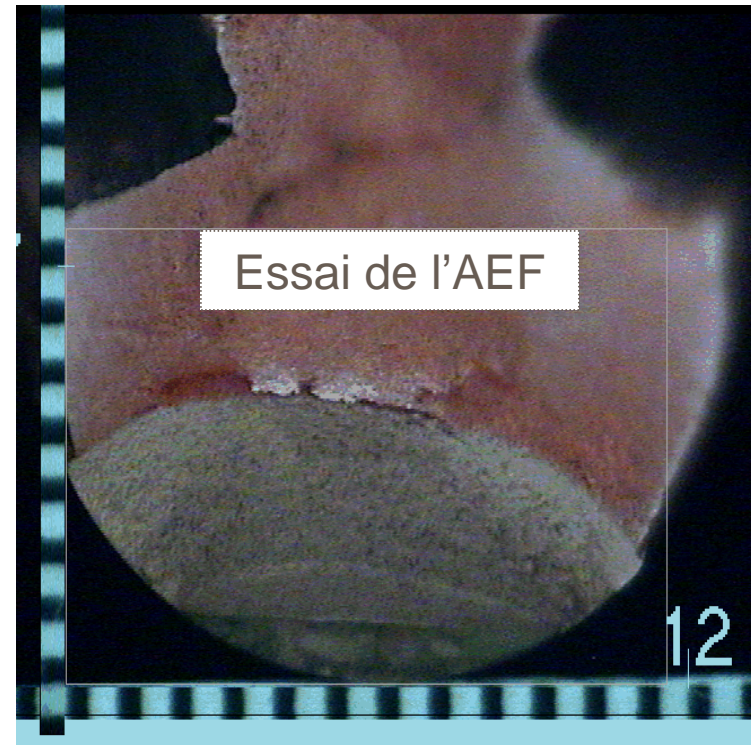
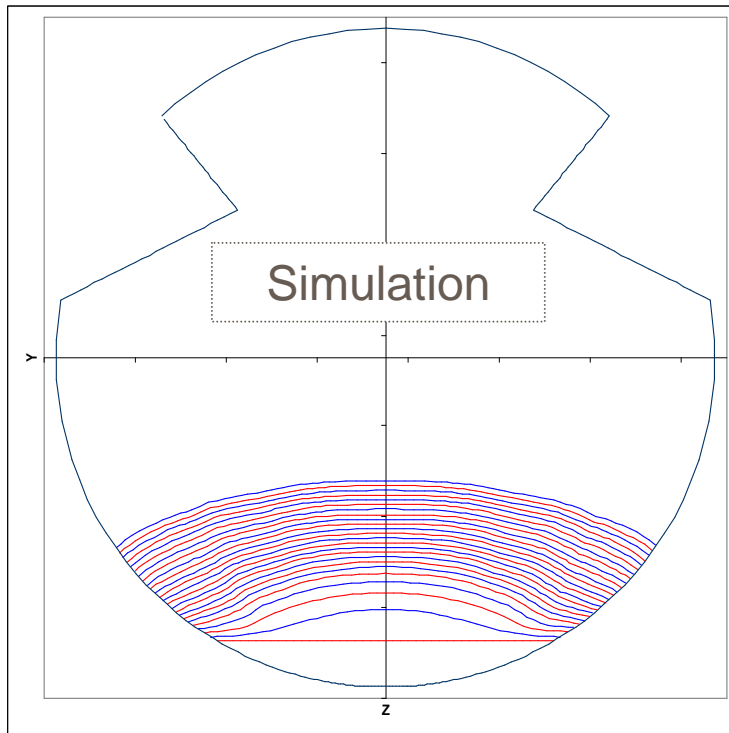
Identification :

- Paramètres loi de Paris
- Ténacité critique



IV. Identification des paramètres matériau

Exploitation des résultats de l'identification



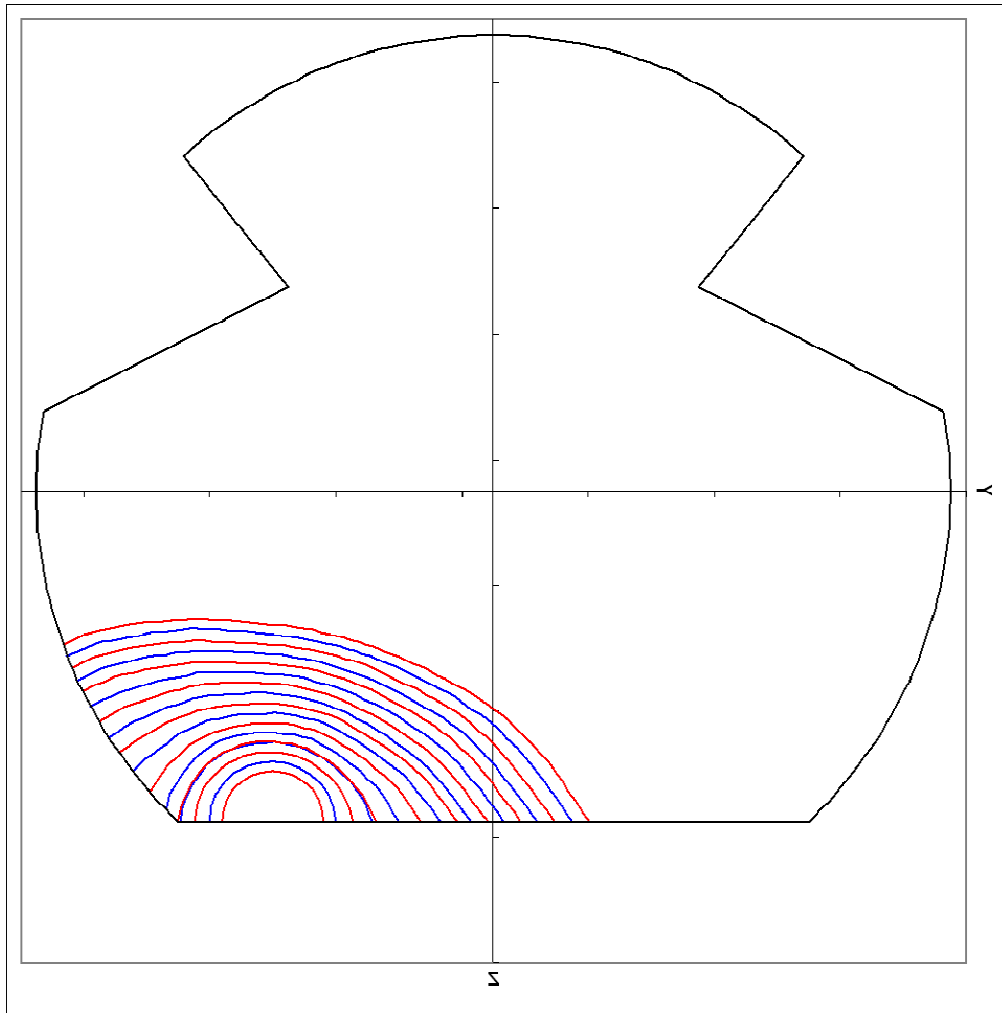
- Cohérence de la vitesse de propagation
- Cohérence de la géométrie

Plan

- I. Introduction
- II. Présentation du modèle numérique de l'étude
- III. Etude de sensibilité numérique
- IV. Identification des paramètres matériau
- V. Premiers résultats
- VI. Perspectives

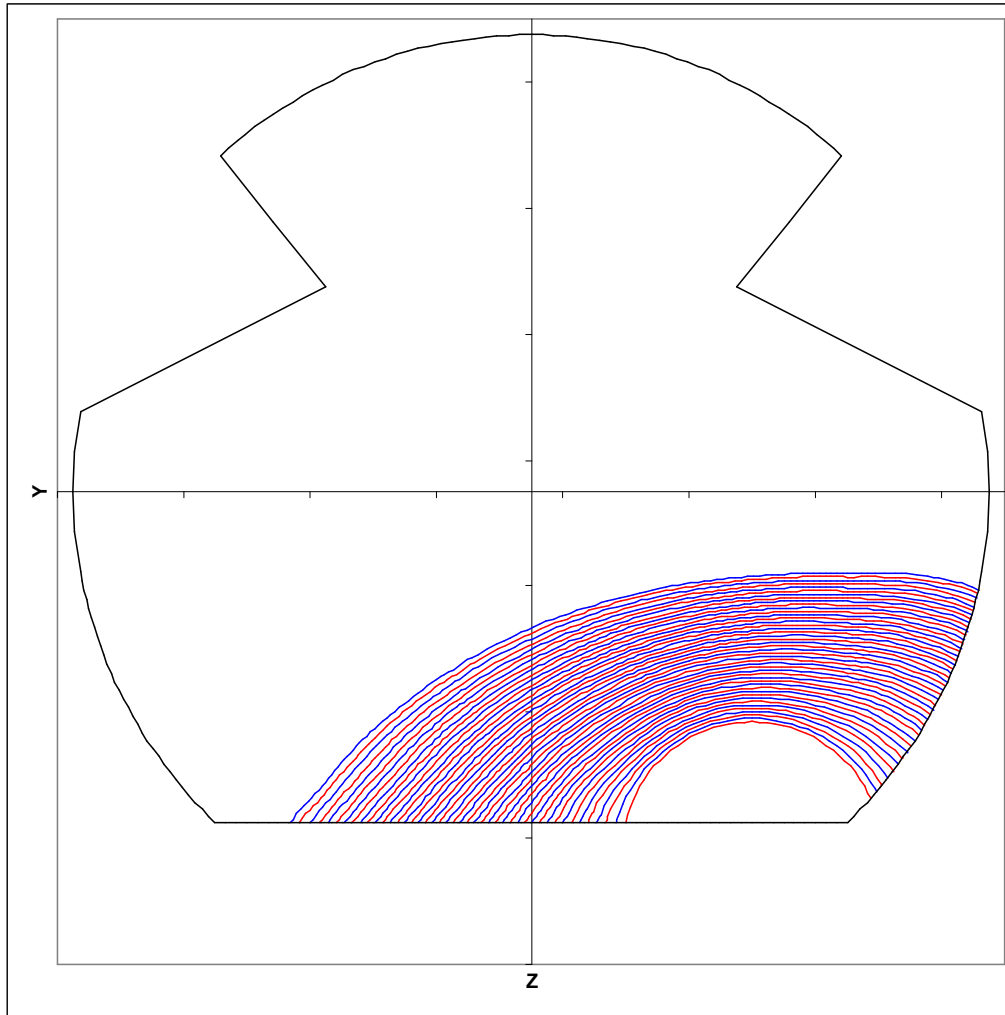
V. Premiers résultats

Fissure elliptique excentrée



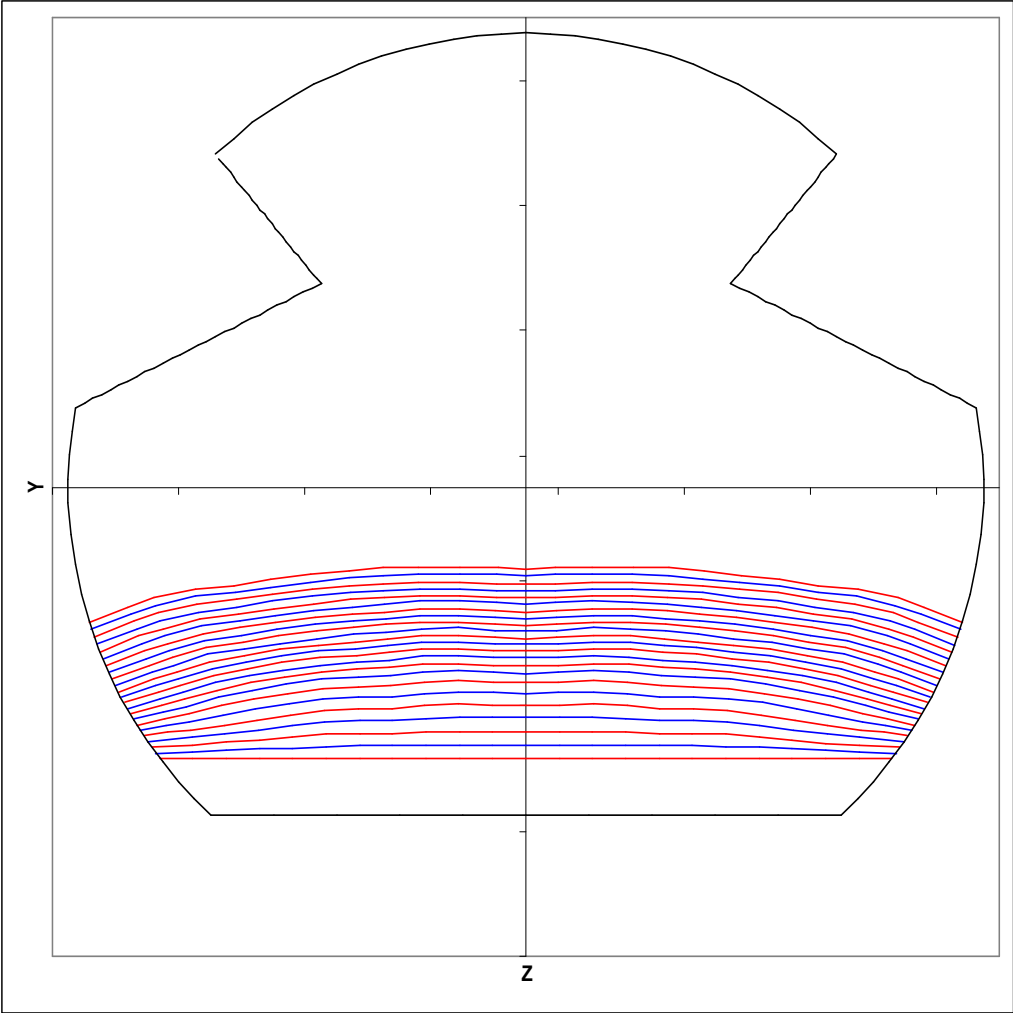
V. Premiers résultats

Fissure elliptique « à cheval »



V. Premiers résultats

Fissure droite

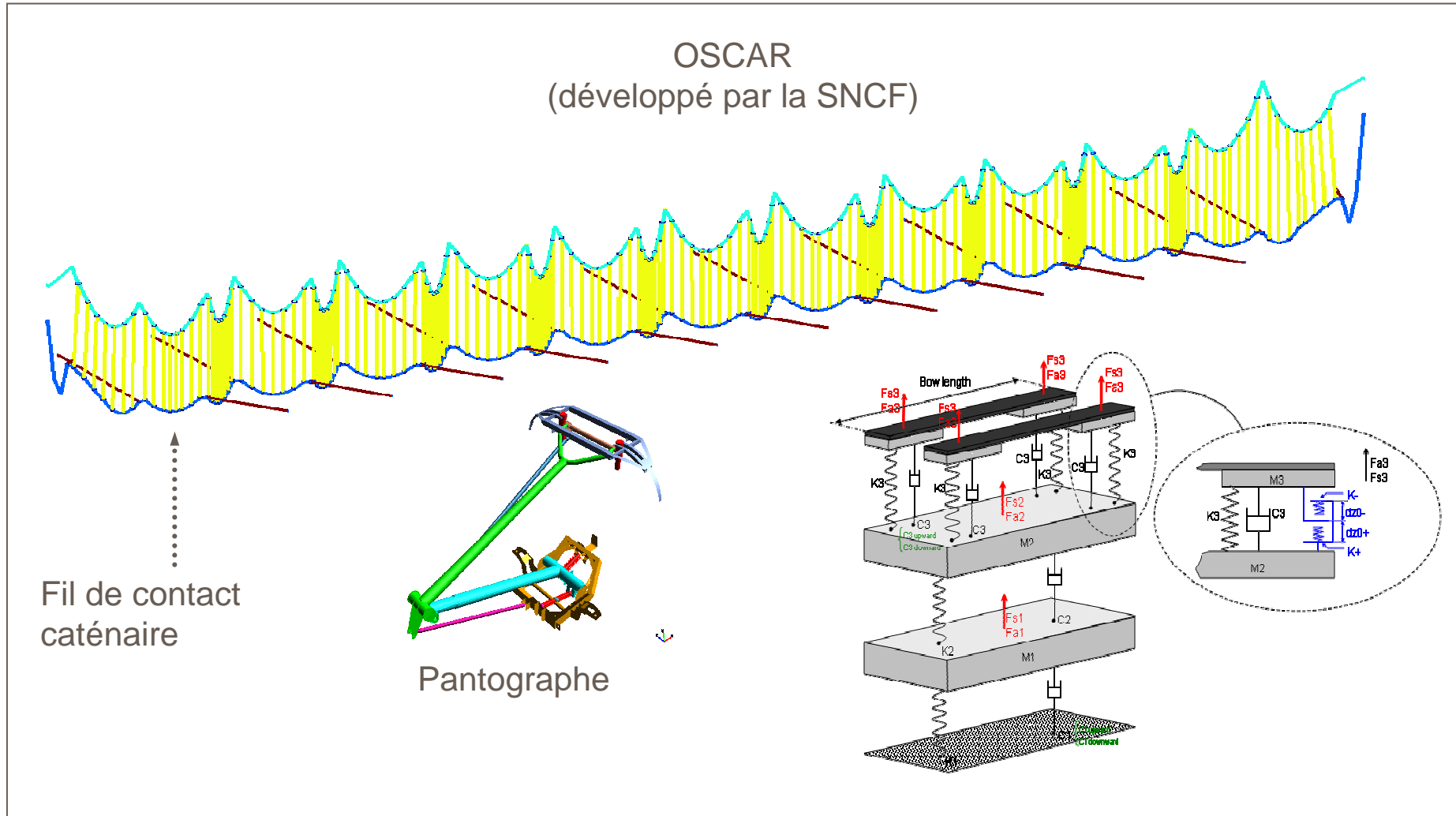


Plan

- I. Introduction
- II. Présentation du modèle numérique de l'étude
- III. Etude de sensibilité numérique
- IV. Identification des paramètres matériau
- V. Premiers résultats
- VI. Perspectives

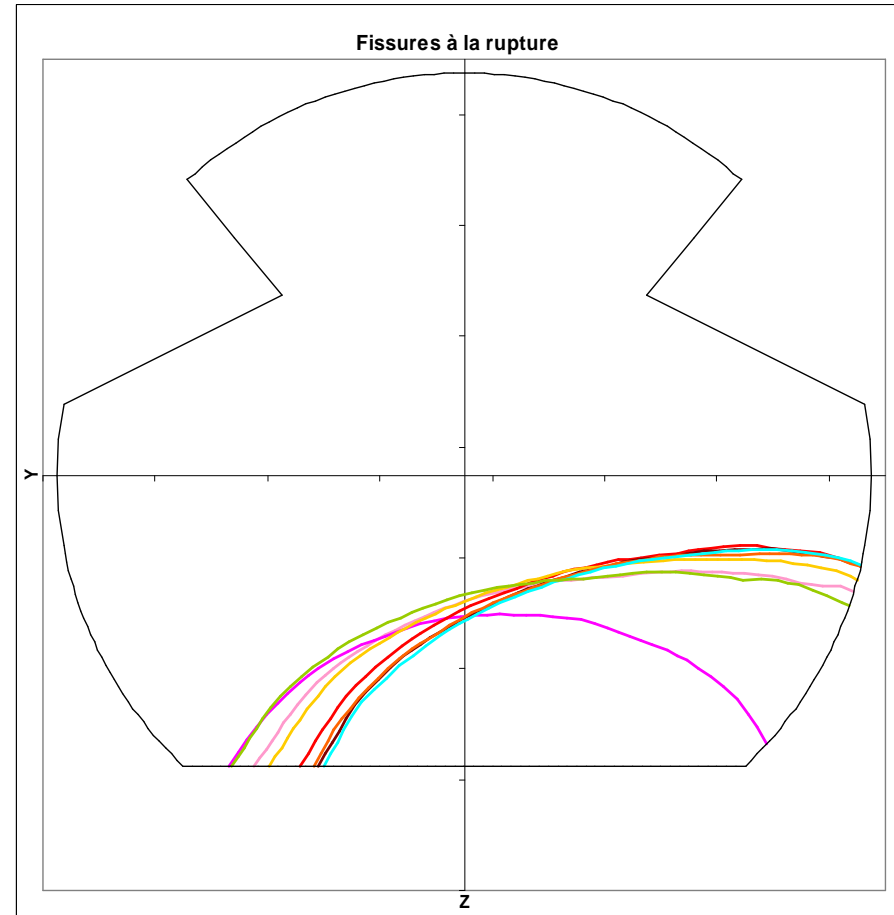
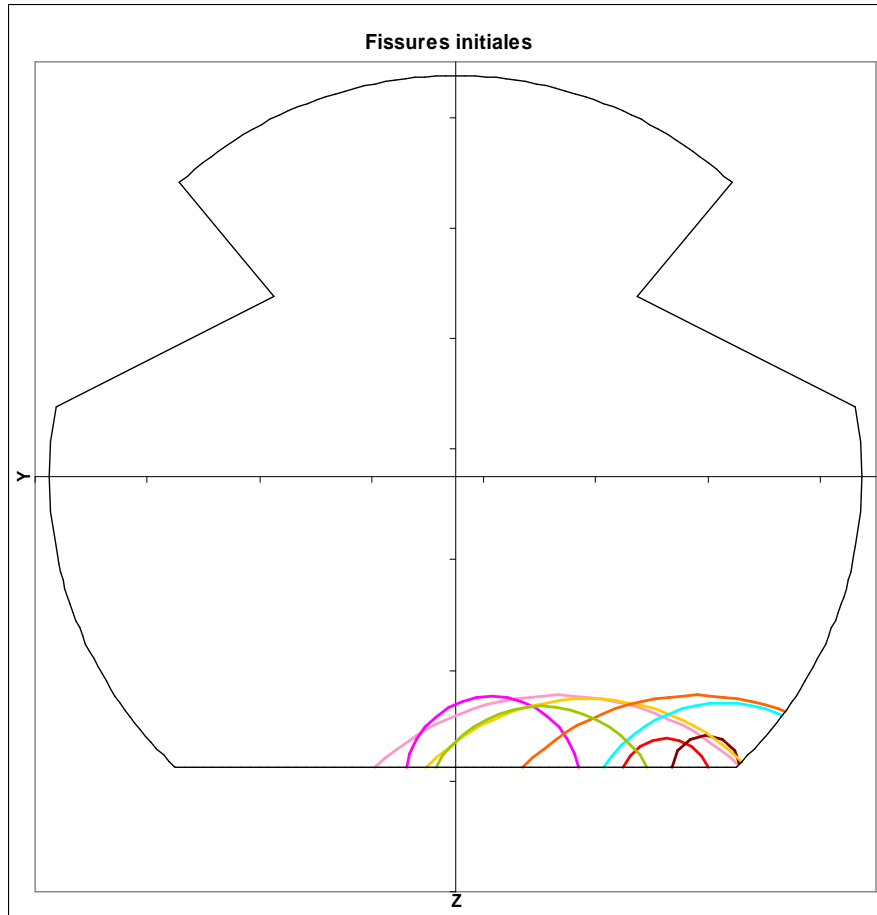
IV. Perspectives

Couplage avec le calcul dynamique



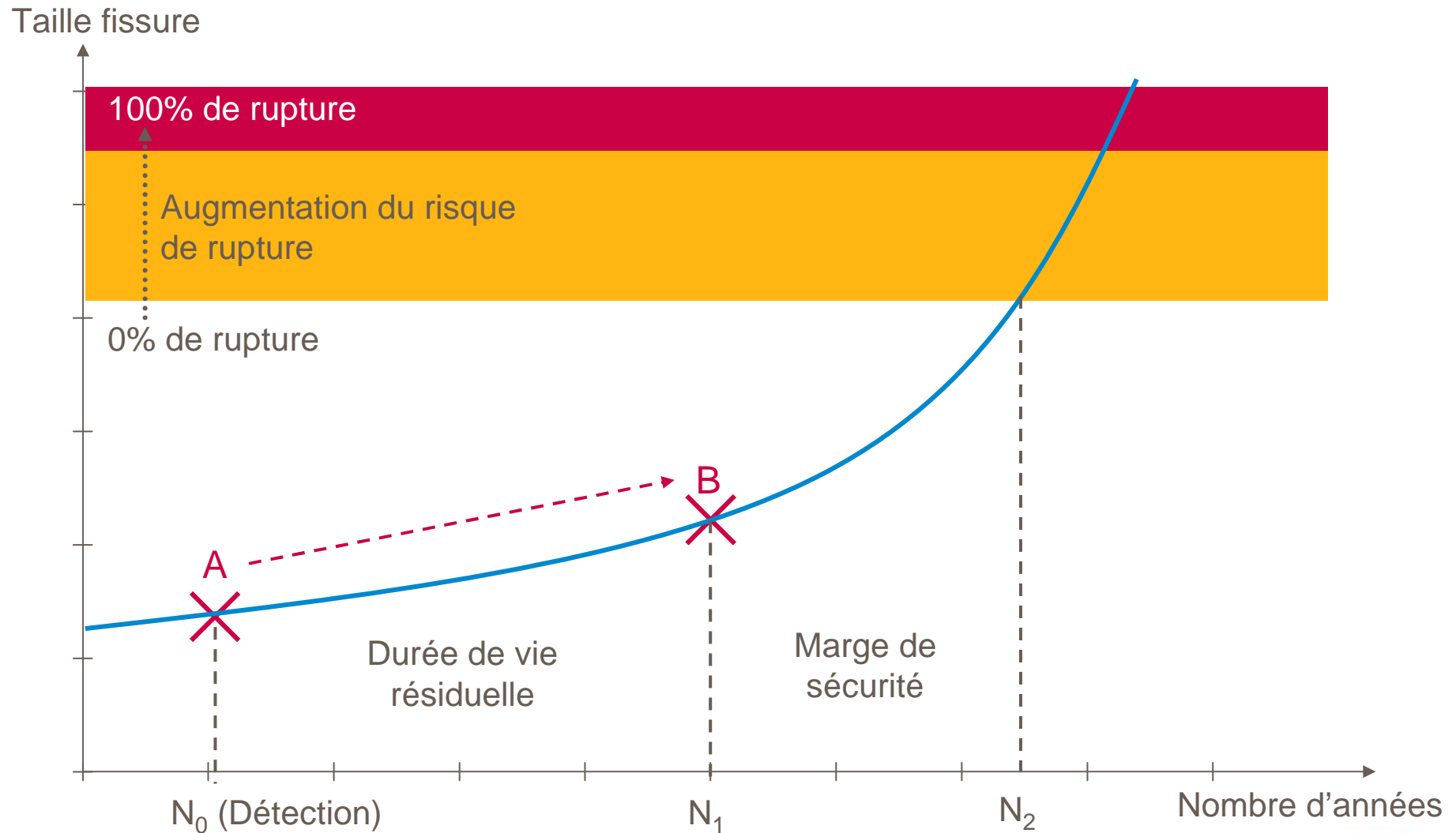
IV. Perspectives

Etude paramétrique



IV. Perspectives

Optimisation de la stratégie de maintenance et du plan de surveillance



Merci pour votre attention !!

Innovation et Recherche, SNCF

40 avenue des Terroirs de France

75611 Paris Cedex 12

E-mail : si-hai.mai@sncf.fr

Web: <https://www.recherche.sncf.com/>