

Frédéric MASGRANGEAS

Expertises métallurgiques

Ludovic FEHRENBACH

Microanalyse - Chef de service

BUREAU VERITAS
LABORATOIRES
30, Avenue Gustave Eiffel
33600 PESSAC
www.bureauveritas.fr

•Tél. +33 (0)5 57 26 08 89

•Fax. +33 (0)5 57 26 08 98

La datation de fissure sur éléments de structure d'avion Apport du MEB - FEG



BUREAU
VERITAS

*Move Forward with Confidence**

**Avançons en confiance*

La structure laboratoire de Bureau Veritas

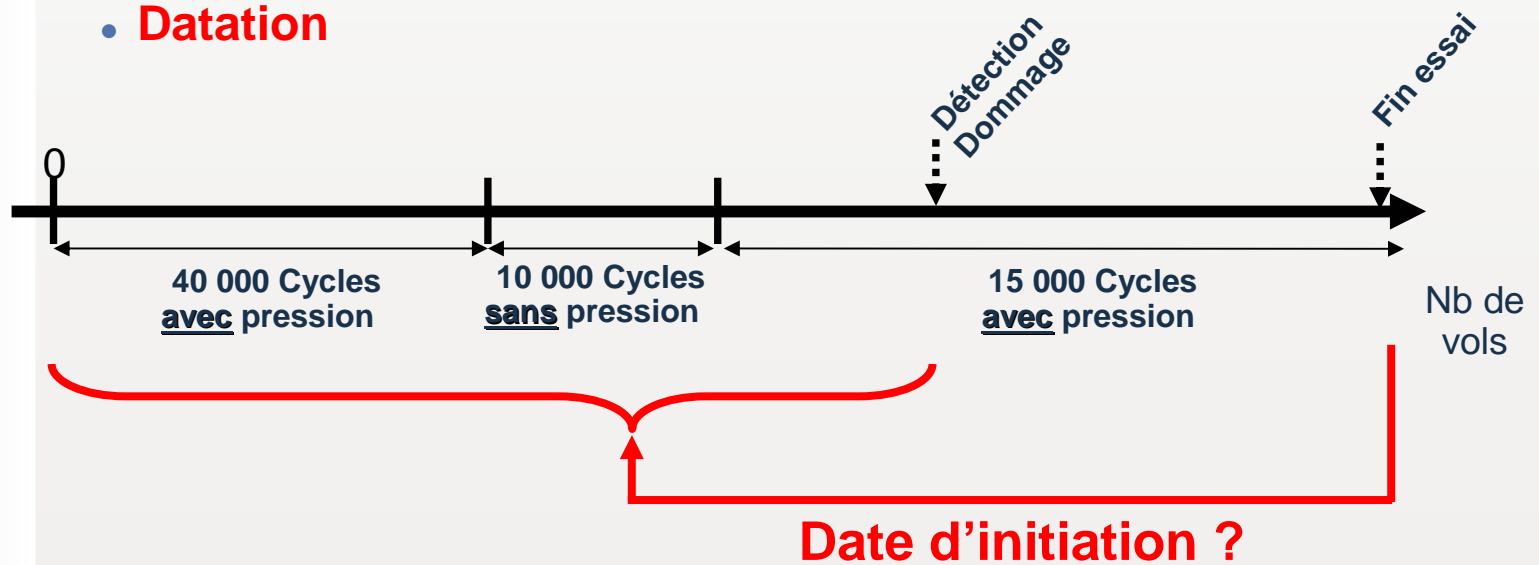
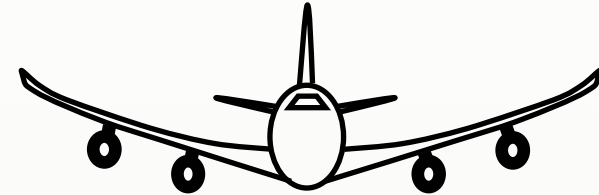


- ▶ 5 implantations en France : 120 personnes
- ▶ Essais / Caractérisation / Expertise / Conseil
- ▶ Chimie minérale et organique / EM / Métallographie/ μ -Analyse
- ▶ μ -Analyse :
 - 7 MEB – EDS (2 FEG)
 - 2 TEM
 - 1 μ sonde (SX100)
- ▶ CA : 12M€

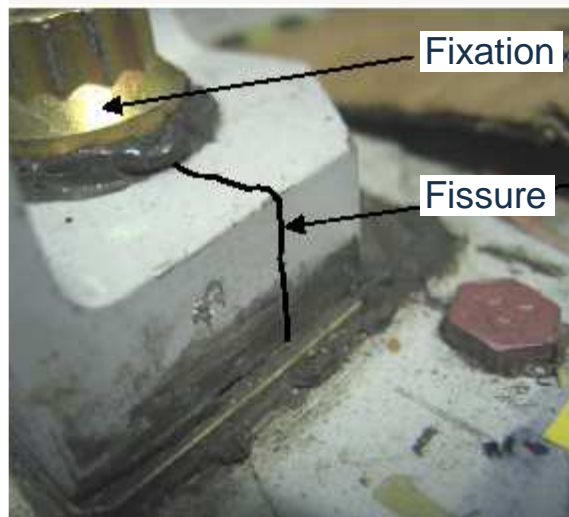
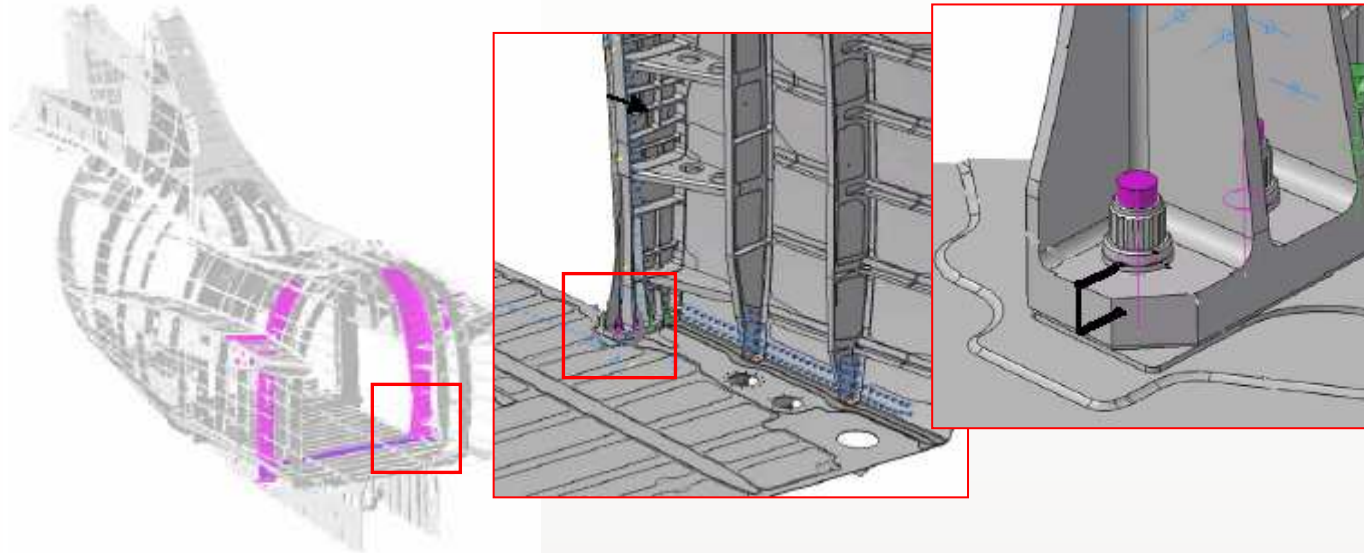
La datation de fissure : Le contexte

► Simulations de Vols :

- Essais en fatigue sur avion
 - Chargement connu
 - Séquence connue de 35 000 à 240 000 vols simulés (>1 an)
- Formation d'amorces de fissures
- Propagation des fissures
- Détection des fissures
- **Datation**



La datation de fissure : Le contexte



► Détection des dommages

- Mise en évidence de fissures par inspection visuelle et inspection CND.
- Suivi de la fissuration par CND.
- Historique d'une fissure à partir de sa découverte et quelquefois seulement au démontage final de la cellule.
- **Date de formation?**

La datation de fissure : Enjeu et Moyen



► Enjeu de la datation :

- Déterminer quand la fissure s'est initiée.
 - Modifier certaines pièces
 - Définir la maintenance préventive.

► Moyen :

- Expertise en laboratoire.

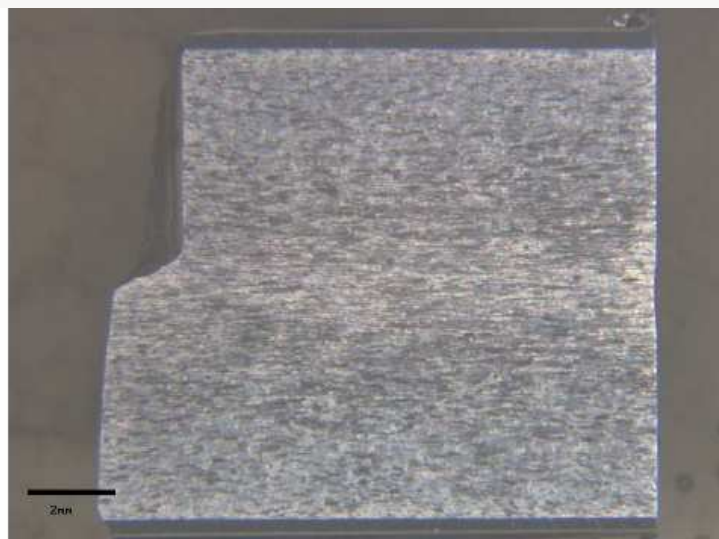
► Six phases principales de l'expertise :

- 1 : Le contrôle matière
- 2 : L'inspection visuelle des dommages
- 3 : L'ouverture des fissures
- 4 : L'examen optique des faciès
- 5 : L'examen MEB préliminaire
- 6 : Le comptage des stries

1) Contrôles matière

► Vérification spécification matière : nuance, dureté, μ -structure

- Alliages d'aluminium (séries 2000 / 7000,.....)
- Alliages de titane (TA6V,.....)



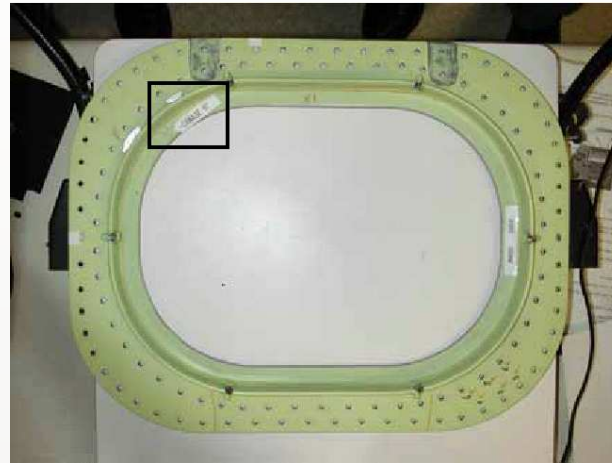
• Macrographie



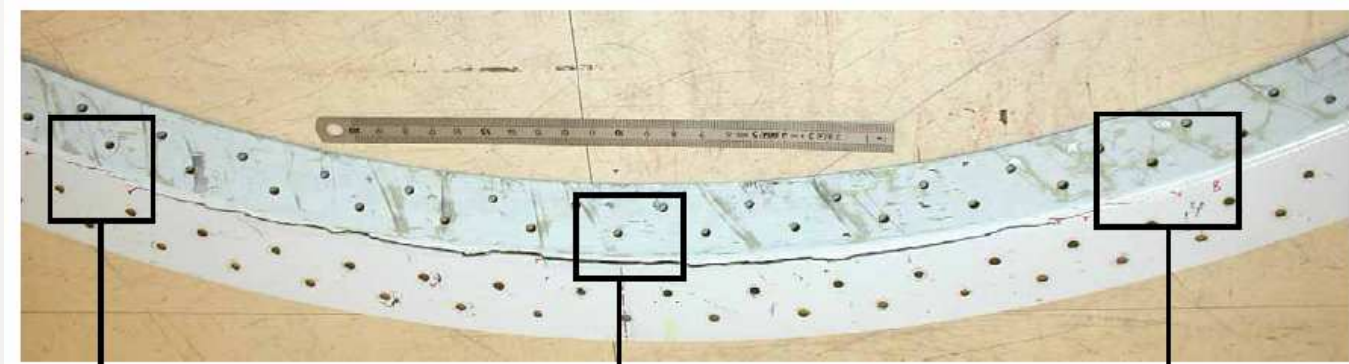
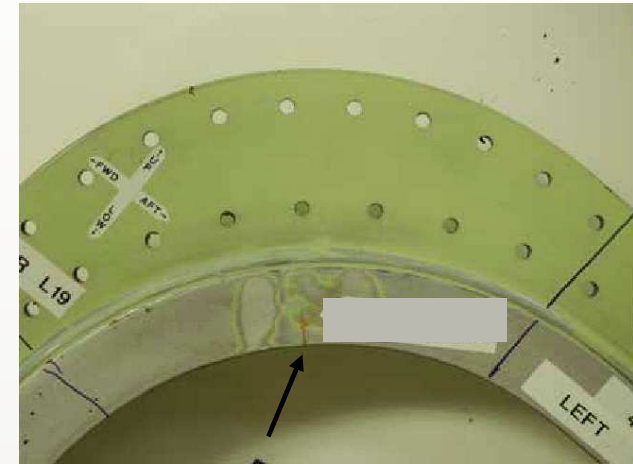
• Micrographie : fibrage

2) L'inspection visuelle des dommages

- Valider les données d'entrées



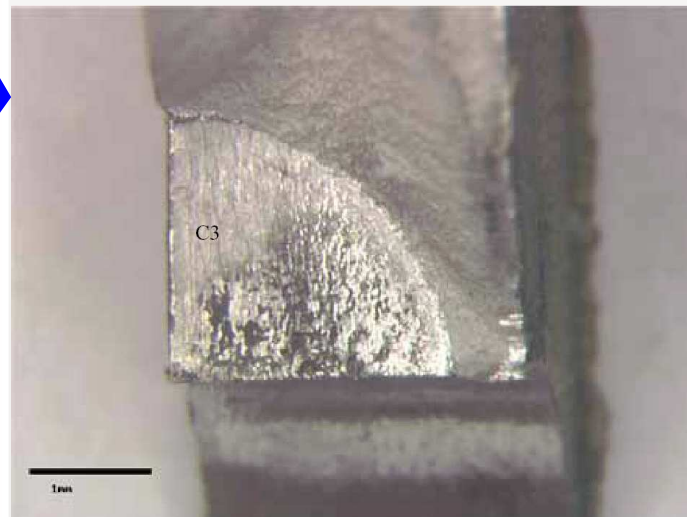
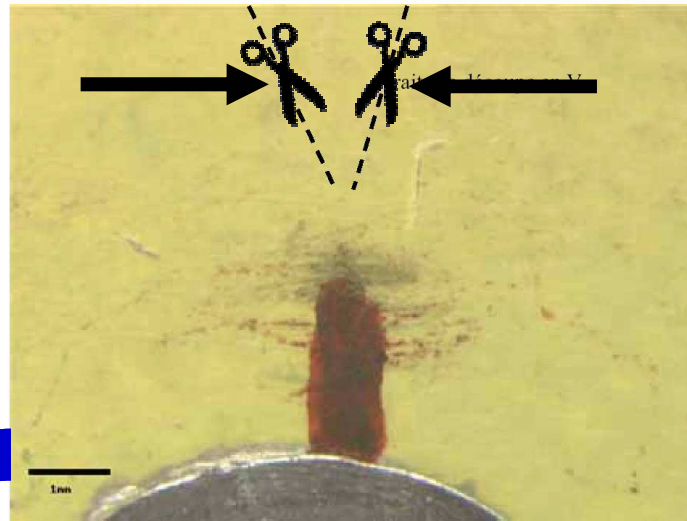
Cas simple (1 fissure / hublot)



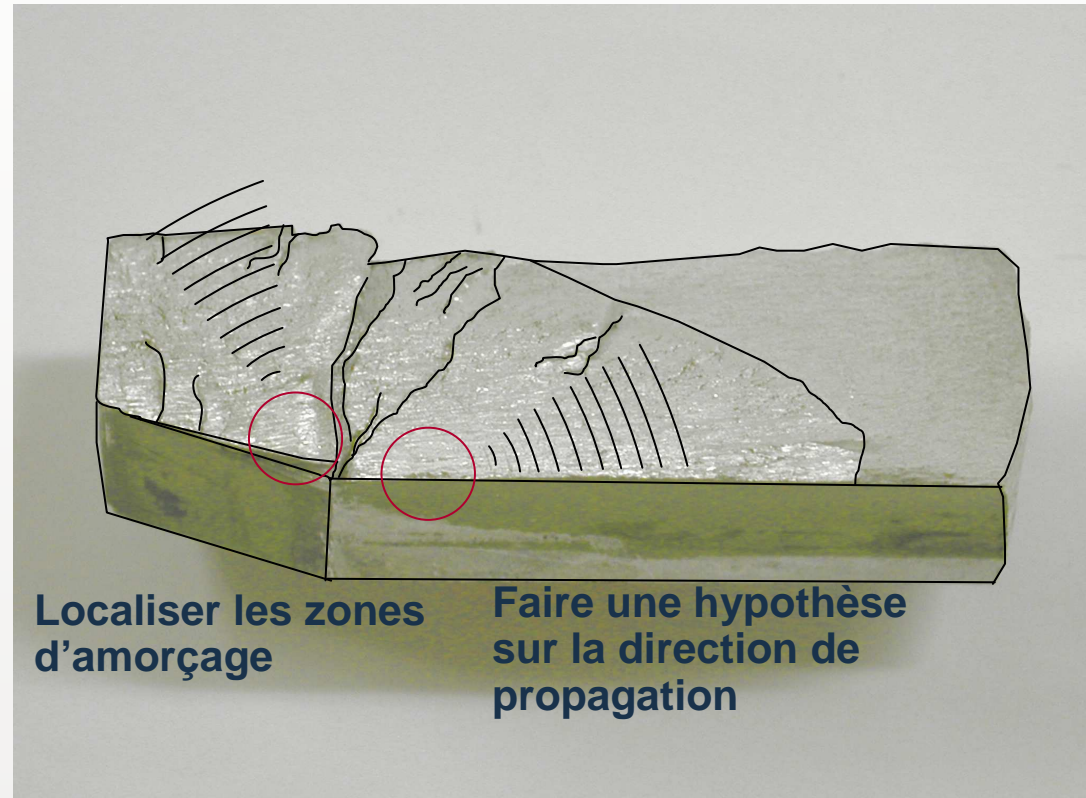
Cas complexe (n fissures / cornière)

3) L'ouverture des fissures

- ▶ Risque d'endommagement du faciès par matage ou trace de coups.



4) L'examen optique des faciès



Choisir la
plage à
étudier

5) L'examen MEB préliminaire

Nos MEB-FEG:

► LEO 1550

- Canon à effet de champ
- Images : ES, ERD, InLens
- EDS : Diode SiLi + IdFix
- Platine motorisée



► Hitachi S4000

- Canon à effet de champ
- Images ES, ERD
- EDS : Diode SiLi + IdFix
- Platine manuelle



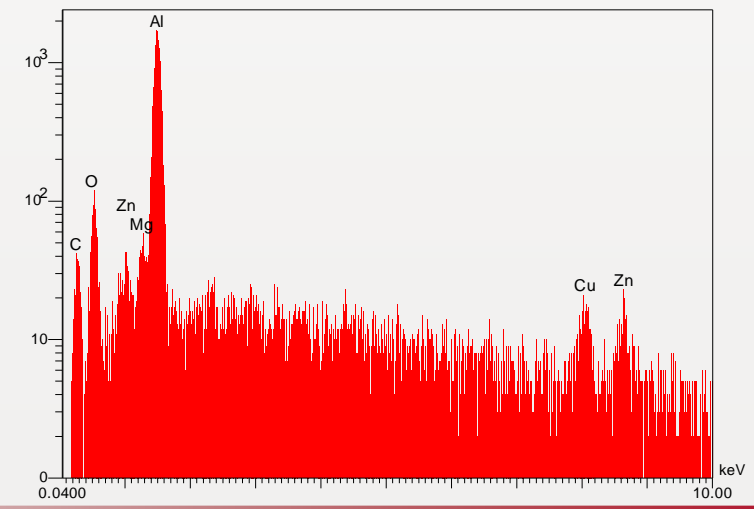
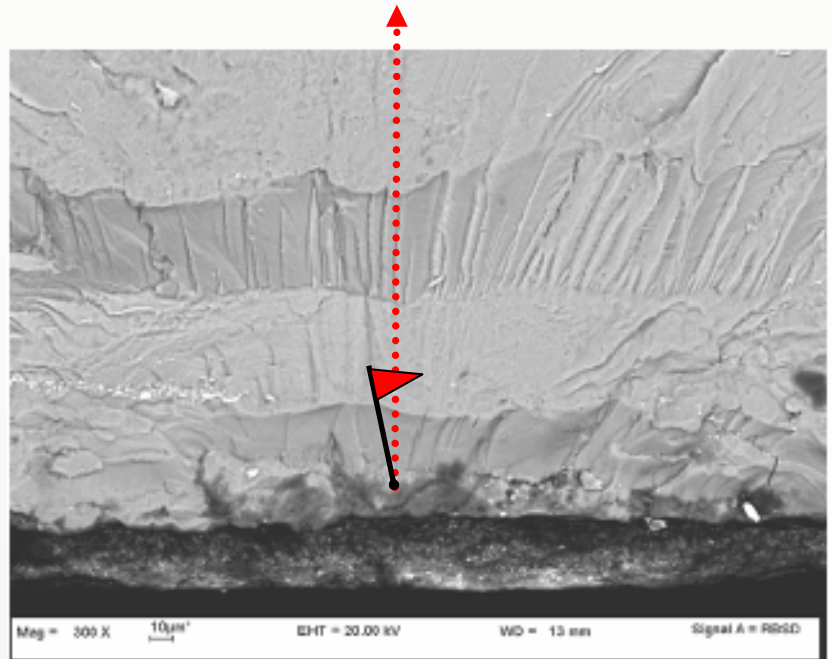
5) L'examen MEB préliminaire



Localiser le point d'amorçage

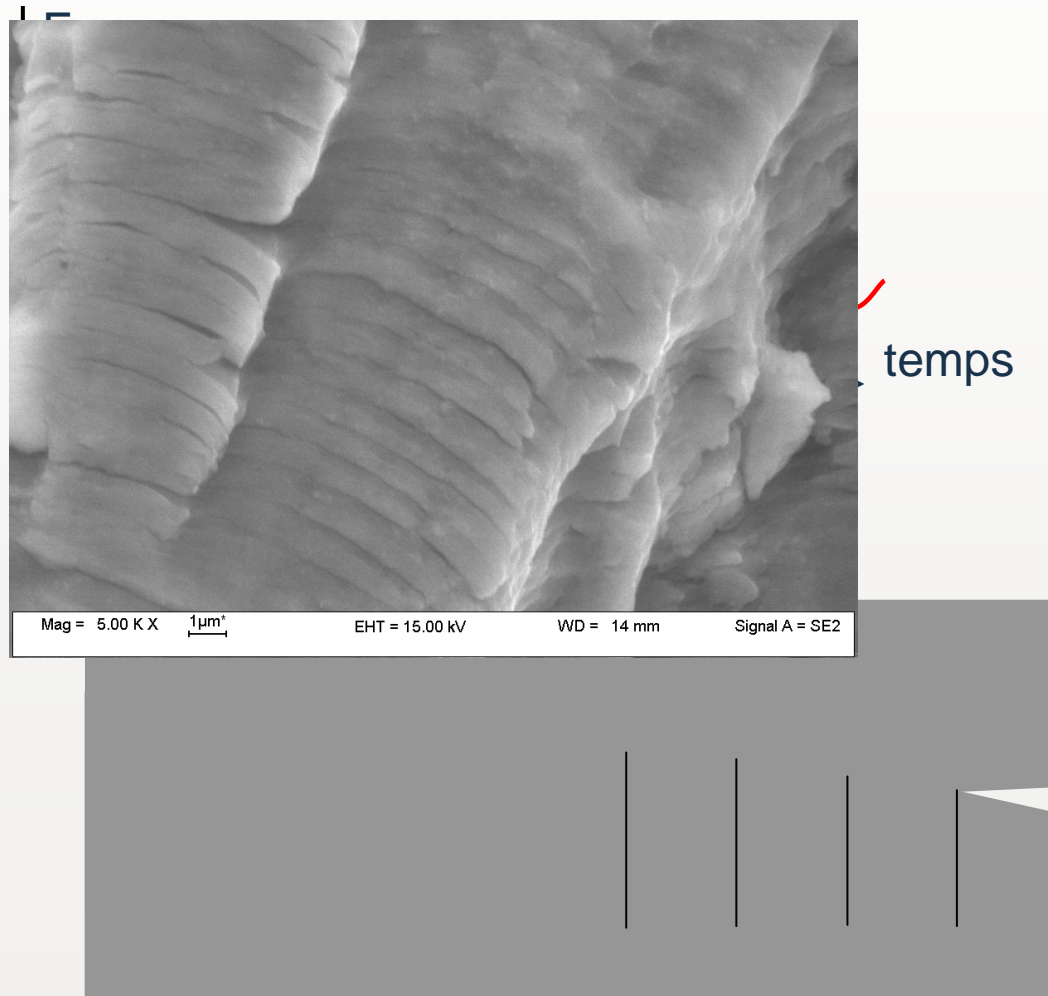
Confirmer la direction de propagation

Nature de l'amorçage
(porosité / inclusion / corrosion)



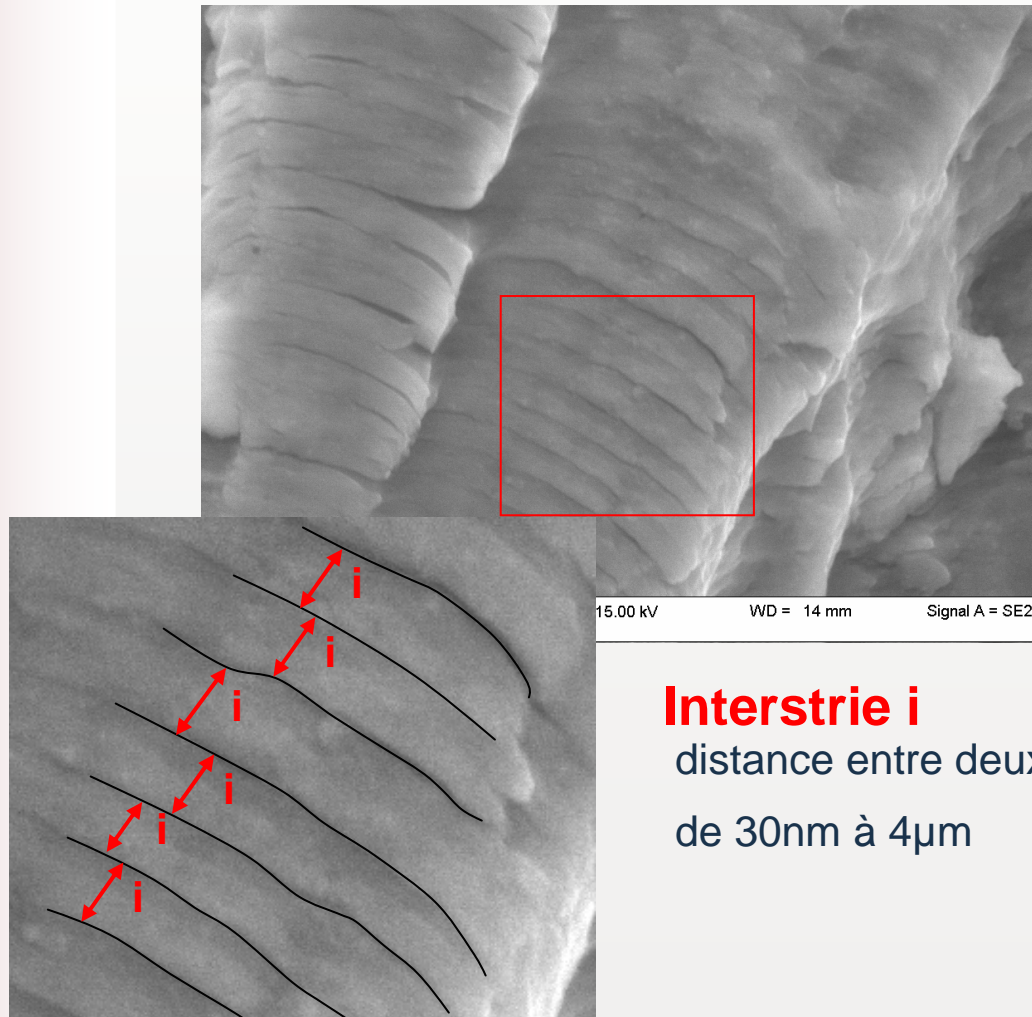
6) Le comptage de strie : Les stries de fatigue

- ▶ Les stries de fatigue : Marques laissées à chaque cycle ouverture/fermeture de la fissure (Caractéristique d'une rupture progressive dans le mode fatigue)



6) Le comptage de strie : Les stries de fatigue

- Les stries de fatigue : marques laissées à chaque cycle ouverture/fermeture de la fissure (Caractéristique d'une rupture progressive dans le mode fatigue)

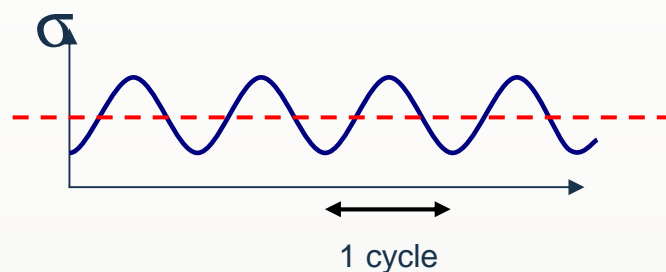


Interstrie *i*

distance entre deux stries consécutives
de 30nm à 4 μ m

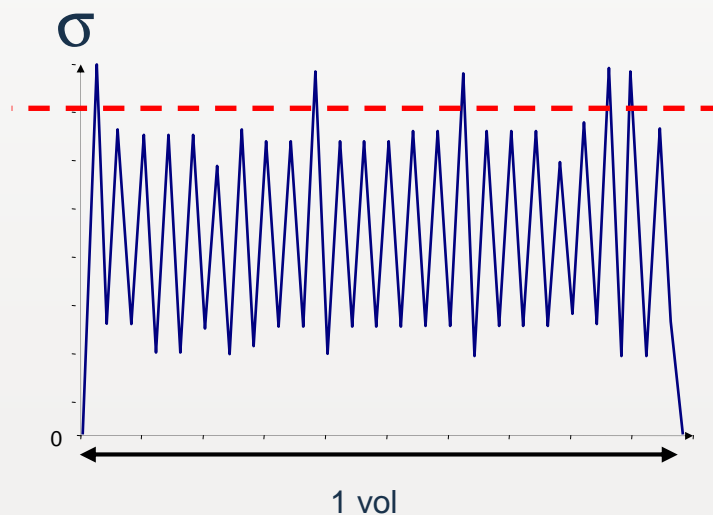
6) Le comptage de strie : Relation nb de stries / nb de vols

- Cas des essais de fatigue en contrainte imposée



1 Cycle = 1 Strie maximum

- Cas des Simulations de Vol



1 Vol = \underline{n} Strie(s)

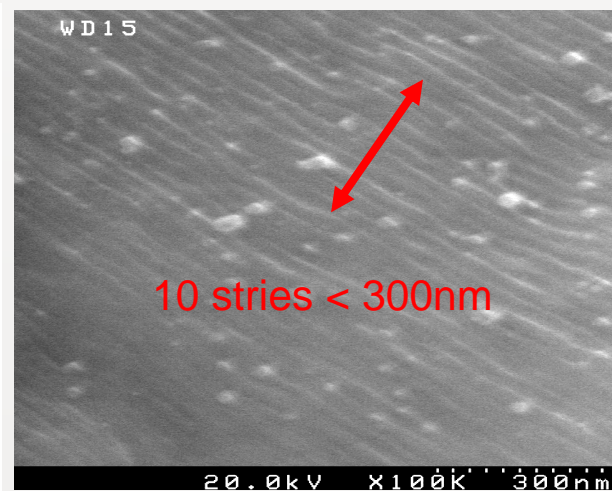
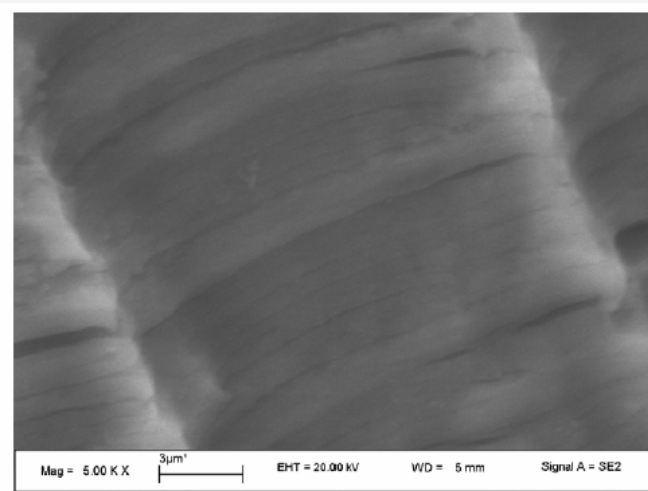
\underline{n} est donné par le BE

La datation passe par la connaissance du nombre de stries

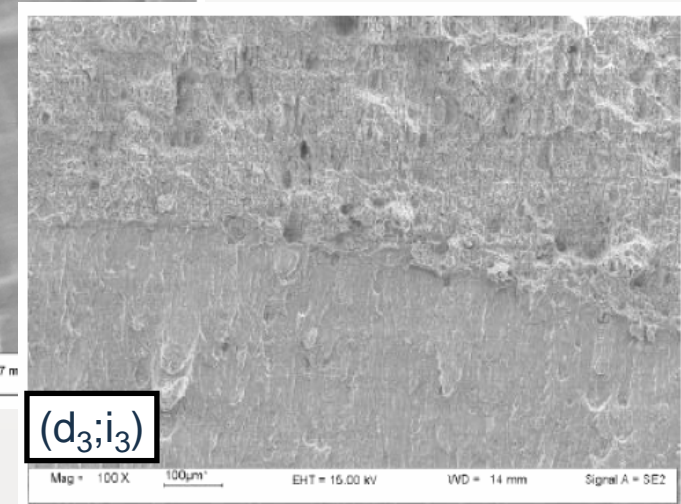
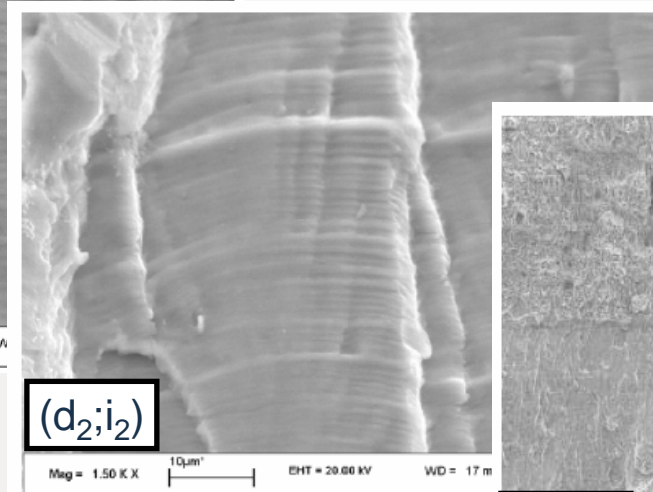
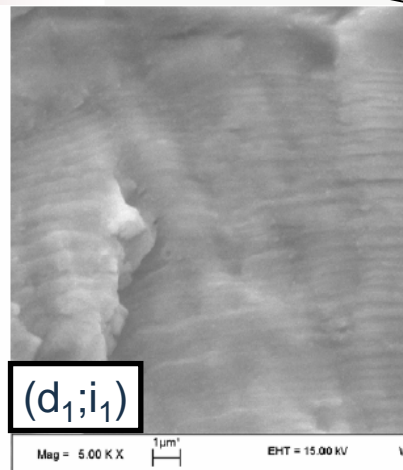
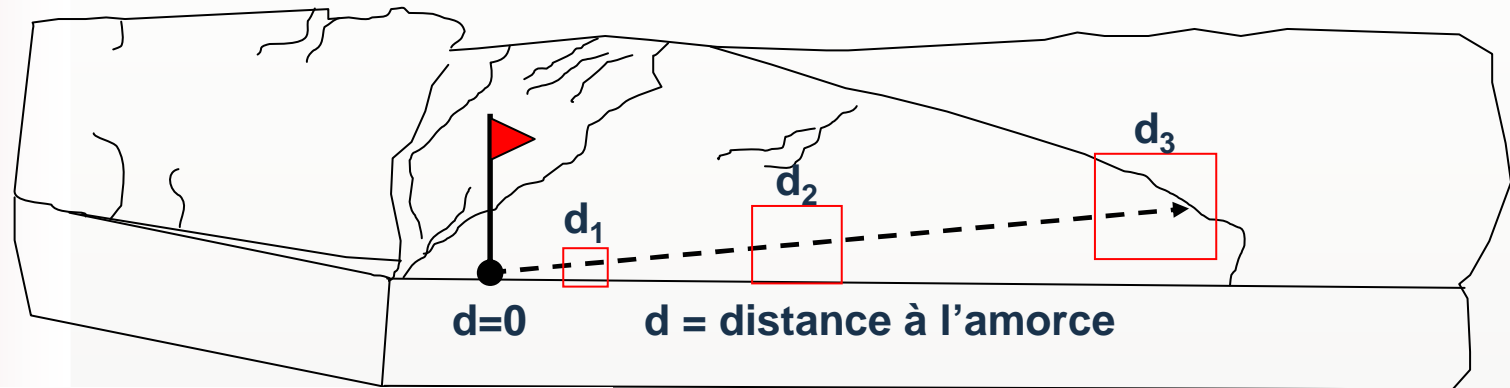
6) Le comptage de stries : La pratique des mesures

► Des règles à respecter :

- Avoir un plan de propagation perpendiculaire à l'axe du faisceau d'électrons primaires
- Optimiser le grandissement pour voir au moins 10 stries dans le champ observé
- Adapter le nombre de point de mesure à la longueur et la complexité du faciès (20 à 100)
- Ne pas s'écarter de la direction de propagation (souvent complexe)

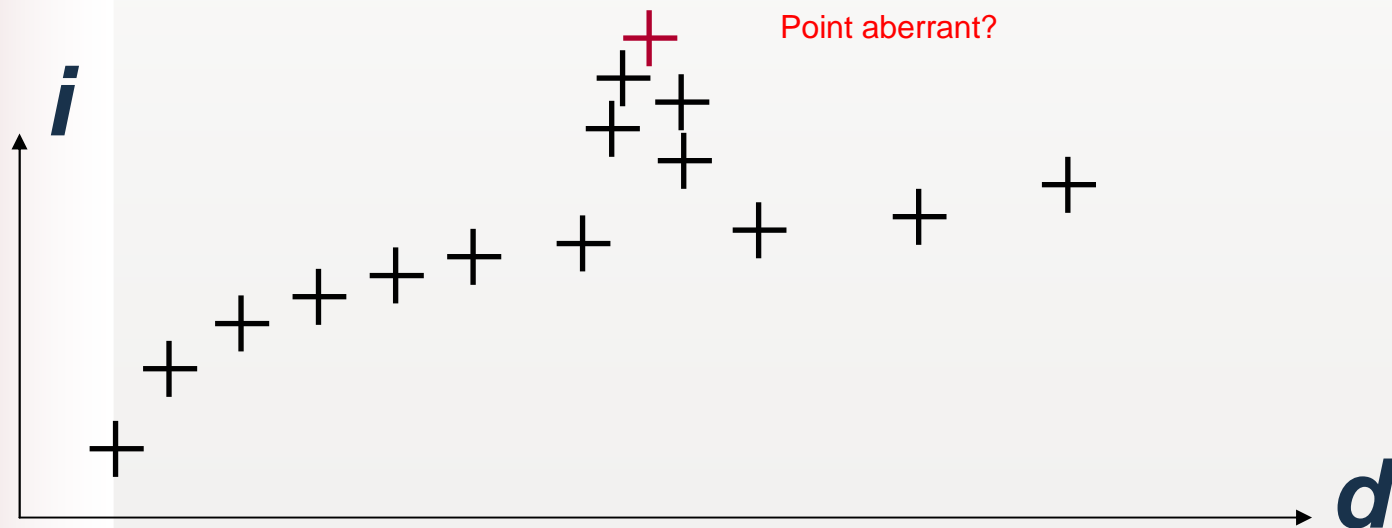
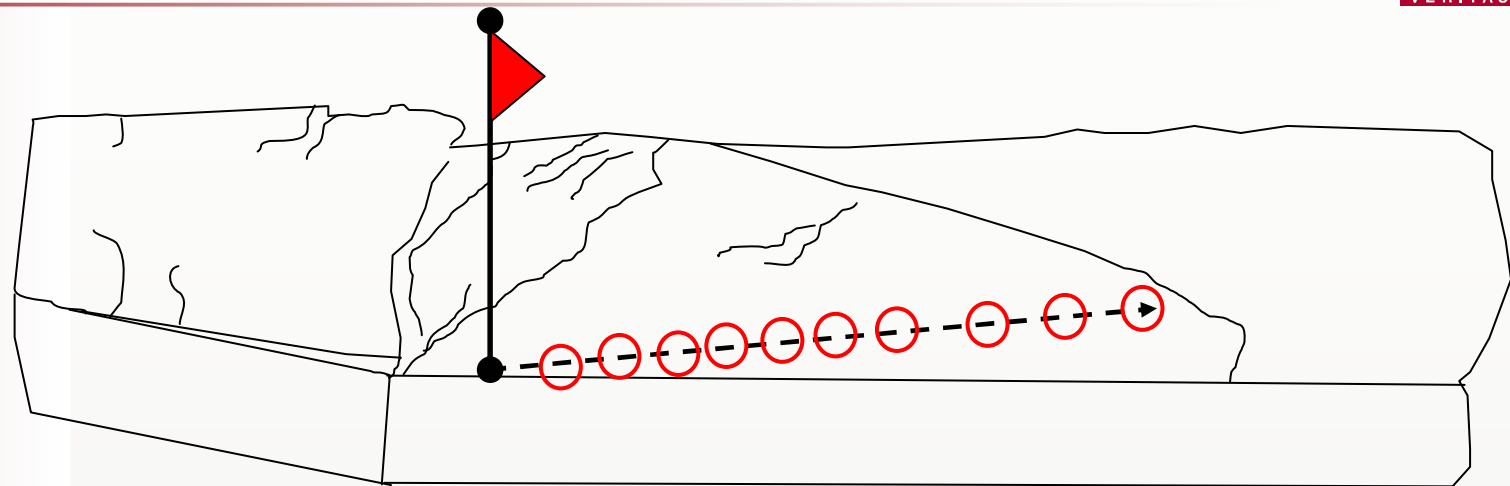


6) Le comptage de stries : La pratique des mesures



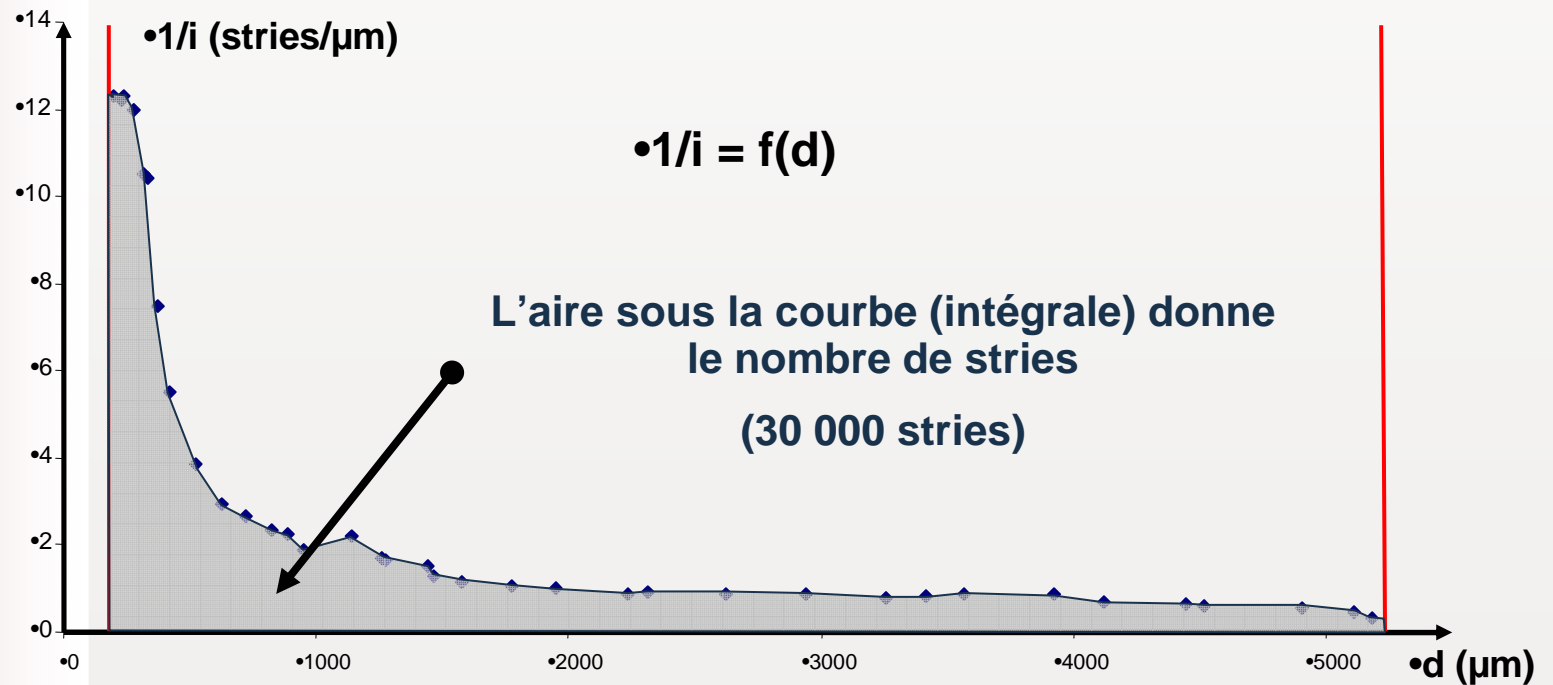
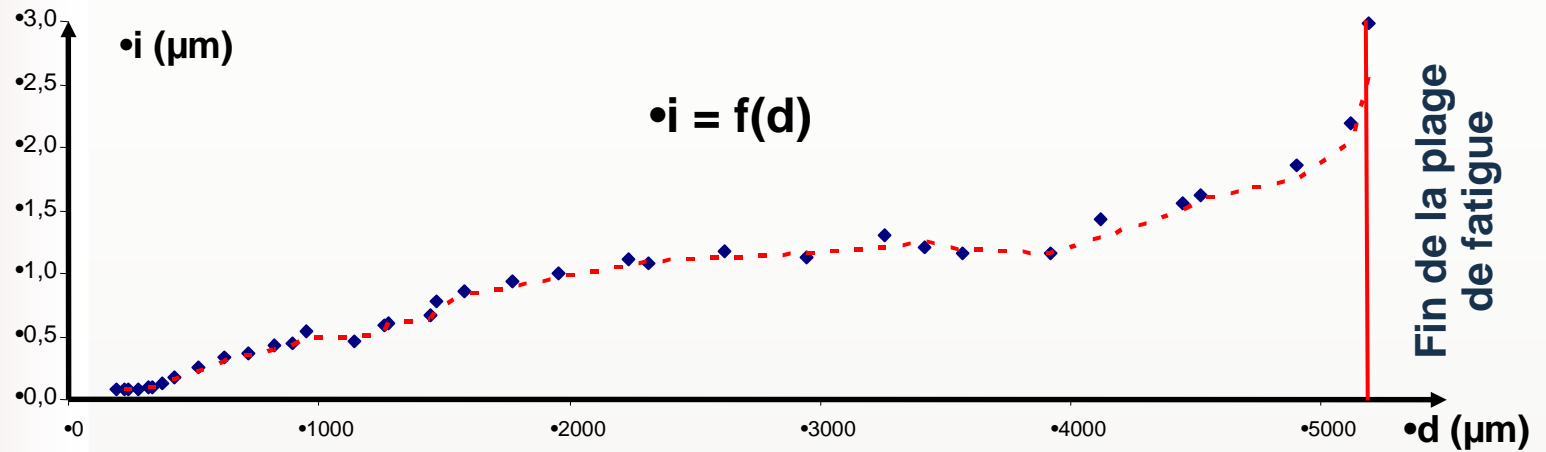
Obtention de couples $(d_n; i_n)$

6) Le comptage de stries : La pratique des mesures

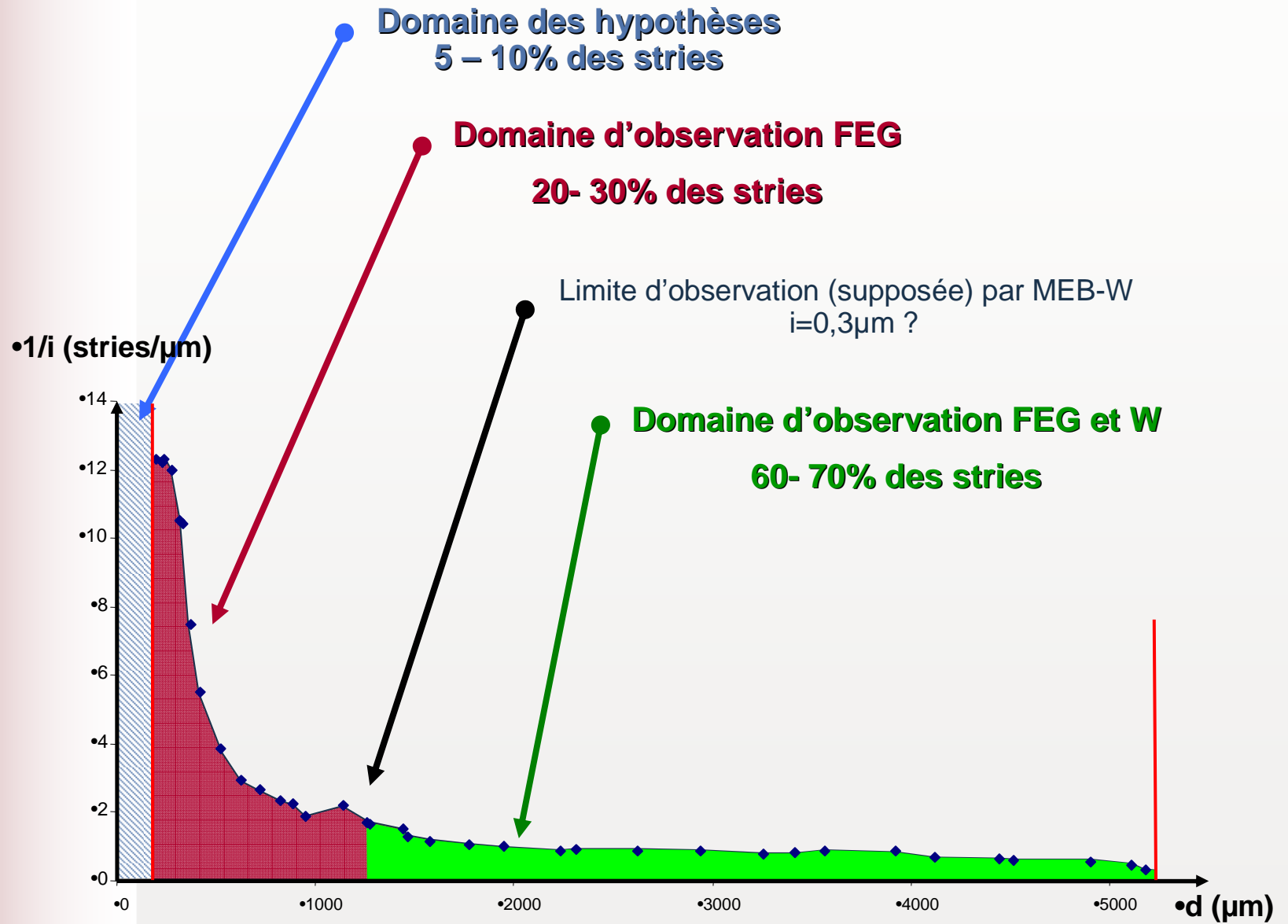


Construction de graphe $i=f(d)$ ➡ histoire de la propagation

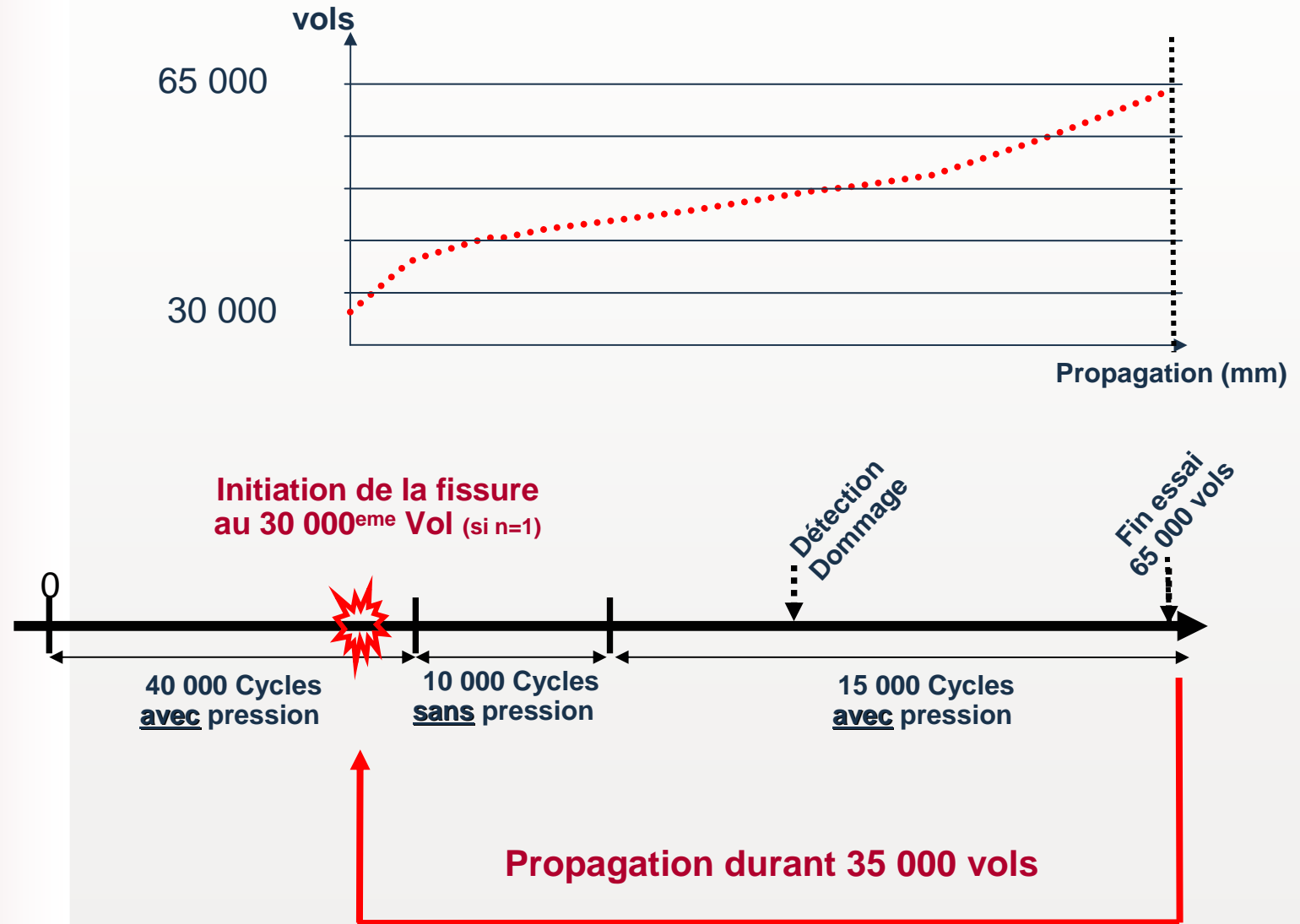
6) Le comptage de stries : Calcul



Intérêt du FEG



Résultats : Date d'initiation et Vitesse de propagation



- ▶ Méthode éprouvée
- ▶ Besoin de maîtriser l'expertise fractographique
- ▶ Besoin de valider les éléments avec le BE, notamment dans le cas de pièces complexes (multi-fissures)

Merci aux industriels qui nous ont formés et validés sur les méthodes, et aux clients qui nous ont autorisés à produire certains documents de leurs rapports