

RUPTURE DE FATIGUE

Pièce : arbre de turbine (avec filetage débouchant dans deux rainures de clavetage).

Nuance du métal : acier 35CD4.

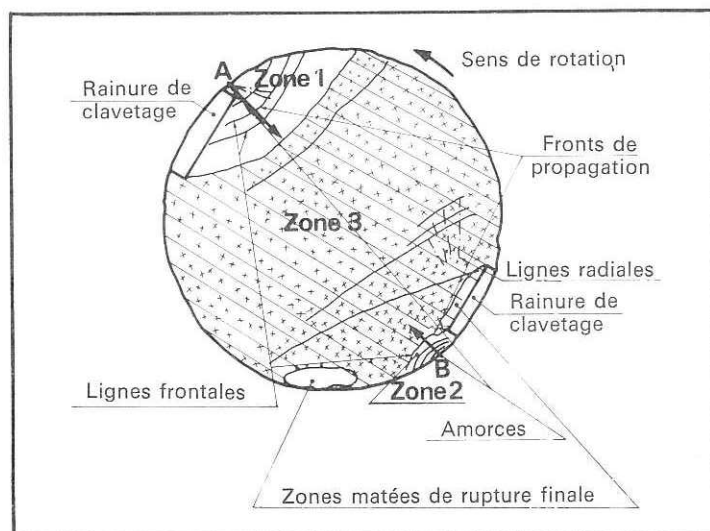
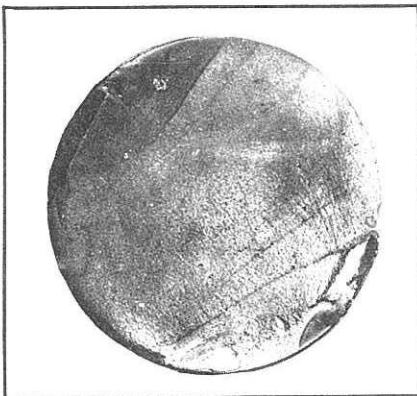
Nature des efforts : contraintes de flexions rotatives.

Analyse morphologique : Le faciès de cassure caractéristique d'une rupture de fatigue présente :

- deux zones lisses repérées 1 et 2 ;
- une zone à grains fins repérée 3 ;
- une zone matée correspondant à la rupture finale.

Les zones 1 et 2 sont diamétralement opposées mais c'est en zone 1 que s'est amorcée la dégradation initiale au débouché d'un filetage (assez peu visible sur la photo) dans le logement de la clavette. On observe des lignes frontales qui entourent d'abord concentriquement la première amorce de rupture pour, ensuite changer de sens de concavité.

La seconde amorce (zone 2) est apparue beaucoup plus tardivement. Elle a pris naissance au fond de filetage formant point de concentration de contraintes et c'est lorsque la première fissuration avait déjà atteint une phase de développement assez avancé qu'elle s'est propagée à son tour. La faible section des surfaces de rupture finale montre que la pièce a été soumise à une surcharge modérée.



Commentaires et causes de l'avarie :

La vérification du calcul des contraintes faite à la suite de cet incident a montré que le taux de travail était très au-dessous du seuil critique de tenue aux flexions rotatives. Le phénomène est donc imputable à une concentration excessive de contraintes au débouché du filetage de l'arbre dans les logements de clavettes.

Remède : Modifier le tracé de l'arbre en évitant l'intersection de la rainure et du filetage.



RUPTURE DE FATIGUE

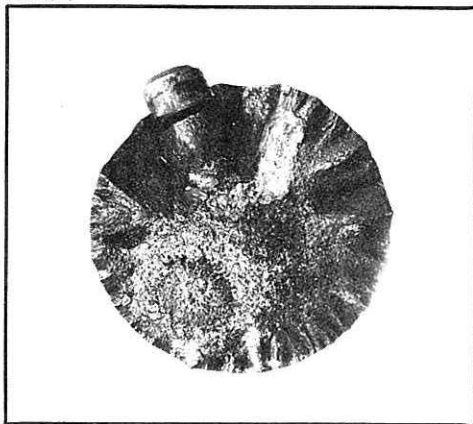
Pièce : arbre à bout conique avec logement de clavette.

Nuance du métal : XC 48.

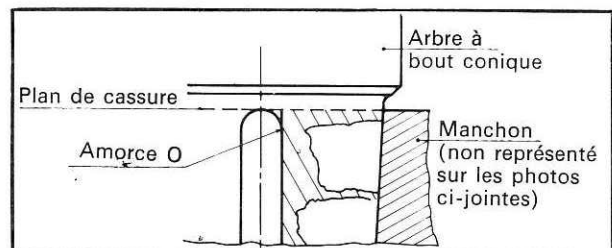
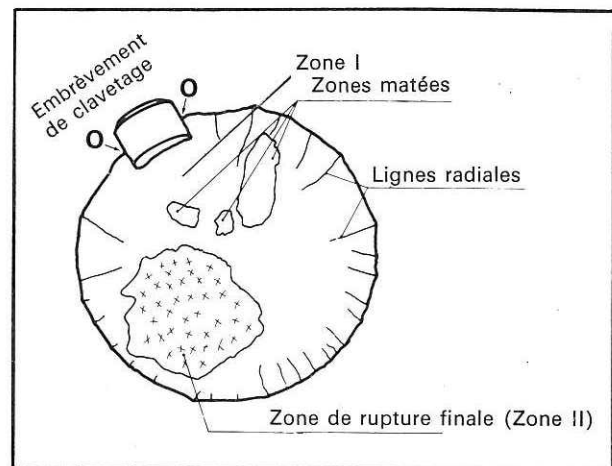
Nature des efforts : contraintes de torsions alternées.

Analyse morphologique : La rupture, caractéristique d'une rupture de fatigue, présente deux zones :
– la première est celle de fissuration progressive dont l'amorce est proche des points O (voir cliché 1). Le profil de la cassure (cliché 2) en forme de talus successifs, indique que la fissuration progresse sous l'action de contraintes de torsions alternées disymétriques;
– la deuxième zone, celle de rupture finale, est à grains grossiers. La disymétrie des contraintes est confirmée par l'excentration de cette zone.

Cliché 1



Cliché 2



Commentaires et causes de l'avarie :

Pour comprendre le mécanisme du développement de la fissuration progressive, il convient d'insister sur la configuration particulière de l'assemblage de l'embout conique de l'arbre et du manchon (voir schéma ci-dessus).

L'extrémité fraisée du logement de clavette tangente le diamètre extrême d'appui du manchon sur l'arbre. Au-dessous de cette ligne on relève la présence d'une surface plus sombre qui matérialise la partie conique de l'arbre où le phénomène de corrosion de frottement (fretting-corrosion) s'est développé avec la plus forte intensité. A cet endroit, on a relevé sur la pièce la présence de la poudre rouge caractéristique de la manifestation de "fretting-corrosion" sur pièces d'acier. Il y a donc eu micro-déplacements relatifs répétés des deux pièces de l'assemblage au niveau de la tête de clavette qui ont eu pour effet, par l'intermédiaire de la clavette, de cisailer (à 45°) l'arrondi et de décoller le métal de l'arbre tout au long du fond de la rainure de clavette.

Par ailleurs, un examen micrographique complémentaire a montré que le métal n'avait subi aucun traitement thermique après forgeage.

Remèdes :

Ils découlent des précédentes observations et concernent essentiellement trois points :

- réduction de la longueur de clavette;
- amélioration de l'ajustement des portées coniques mâle et femelle;
- appliquer à l'arbre un recuit de normalisation avant usinage (affinage du grain par recuit à 840° - 870 °C).

RUPTURE DE FATIGUE

Pièce : arbre porte-pignon.

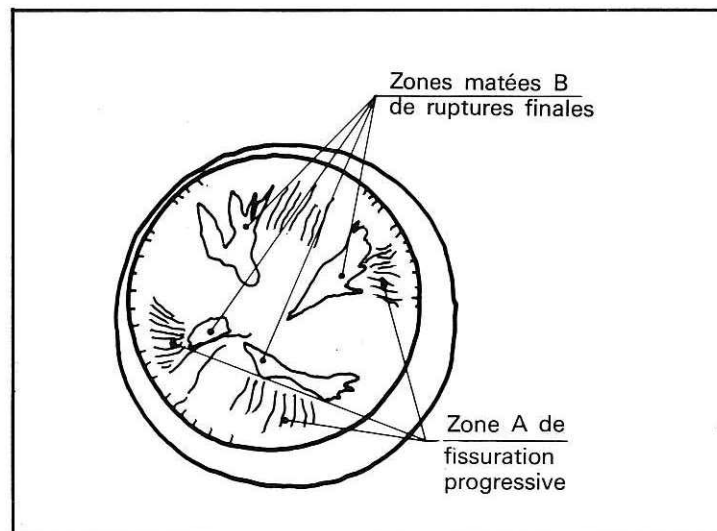
Nuance du métal : acier 45 CD4.

Nature des efforts : contraintes de flexion rotative.

Analyse morphologique : La rupture est située au droit d'un épaulement assumant l'arrêt en translation du pignon. La surface de cassure présente les zones bien distinctes (A et B) caractérisant les ruptures de fatigue.

– La zone A qui apparaît subdivisée en 4 parties offre cet aspect parce que quatre origines d'amorces situées sur une circonférence ont, si l'on peut dire, fait progresser les fissurations.

– Les zones B matées, de rupture finale, grossièrement orientées selon quatre rayons, marquent les zones ultimes de continuité de la matière, qui précèdent immédiatement la rupture. Le nombre élevé et le pas très fin des lignes frontales indiquent que le taux de contraintes de fonctionnement, très modéré, ne peut être mis en cause pour expliquer l'avarie.



**Commentaires
et causes de l'avarie :**

La rupture n'est pas imputable à une surcharge. La cause primordiale de l'avarie est la présence d'un angle vif au droit de l'épaulement dû à un « coup d'outil » malencontreux.

Remèdes:

- soigner le raccordement de l'épaulement;
- s'agissant d'une pignonnerie conique, porter une attention particulière à la correction géométrique de l'engrènement.