

# Helice de chalutier

par L. Huchet

## Nature de l'avarie

Rupture par fatigue en service, en flexion répétée, d'une des 4 pales de l'hélice monobloc.

## Matière

Acier inoxydable moulé Z 6 CN 13-02 M.

## Conditions de fonctionnement

Sollicitations cycliques en flexion.

## Analyse morphologique

La cassure qui s'est développée près du moyeu comporte deux zones principales bien distinctes :

- à partir du bord d'attaque, une zone au grain relativement fin correspondant à la fissuration progressive.
- une deuxième zone à gros grains brillants qui constitue la cassure finale brutale.

La zone de fissuration progressive est marquée de différences très nettes de coloration et de nombreuses lignes d'arrêt qui sont répertoriées sur le schéma ci-dessus. Ces éléments sont autant d'étapes importantes dans le processus de la dégradation. L'analyse conjointe des nombreux caractères de la zone de fissuration progressive et du livre de bord pourraient éventuellement permettre de reconstituer l'historique de l'avarie.

La courbure des premières lignes d'arrêt permet de situer l'amorce de la rupture au niveau du bord d'attaque. La fissuration s'est initiée sur un défaut interne de fonderie générateur de concentration de contraintes.

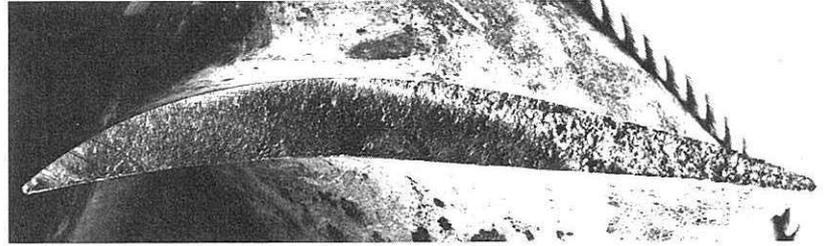
## Examen complémentaire

### Examens micrographiques

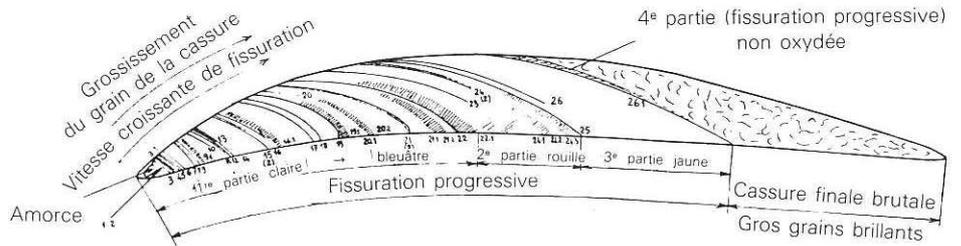
Ces examens réalisés dans la zone d'amorce de la rupture ont révélé de nombreuses discontinuités où sont insérés des oxydes et qui correspondent à des défauts de fonderie.

## Commentaires

La fissuration s'est vraisemblablement développée sur un défaut de fonderie, sous l'action des sollicitations cycliques de fonctionnement.



g : 0,25



g : x200



Causes	Remèdes
- Présence de défauts de fonderie.	- S'assurer de la bonne qualité du matériau par des méthodes non destructives : ultrasons, radiographies.

# Pale de Ventilateur

par G. Baratto, J.-J. Guérin, J. Mongis  
(CETIM, Etablissement de Senlis)

## Nature de l'avarie

Ruptures en service de pales d'un ventilateur d'extraction comportant 14 pales rapportées par boulonnage sur un moyeu central.

## Matière

Alliage d'aluminium au silicium-magnésium AS 10 G. Y23, moulé en sable (Y2) et trempé-revenu (indice 3) pour  $R_m \geq 230$  MPa,  $R_{p0,2} \geq 180$  MPa et  $A \geq 1$  % (Norme NFA 57-702).

## Conditions de fonctionnement

L'implantation du ventilateur est illustré par la figure 1. Entraîné à l'aide de courroies par un moteur de 450 CV tournant à 1 170 tr/mn, il a fonctionné de façon quasi-stationnaire avant l'avarie. Les pales ont donc été soumises à des sollicitations statiques de traction (dues à la force centrifuge) et de flexion (due à la réaction des pales sur l'air véhiculé).

## Analyse morphologique de la rupture

La rupture se situe au voisinage du pied de la pale (voir figure 2), là où les contraintes sont maximales. Son faciès présente deux zones (voir cliché 1 et fig. 3).

- Une zone soyeuse marquée de quelques lignes concentriques qui est caractéristique d'une fissuration progressive développée sous l'action de contraintes cycliques de traction et de flexion, après amorçage sur l'intrados de la pale. Elle présente aussi de fines cavités à parois brillantes.
- Une zone à grains d'aspect basaltique, correspondant à la rupture brutale finale de la pale.

On est donc amené à affirmer que des contraintes dynamiques s'ajoutaient aux contraintes statiques normalement endurées. Leur origine est vraisemblablement de nature vibratoire.

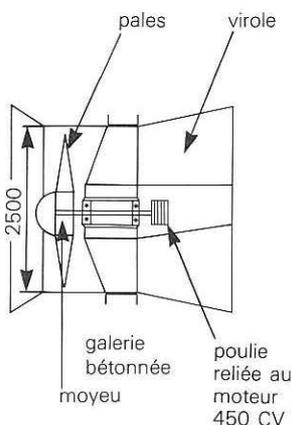


Fig. 1

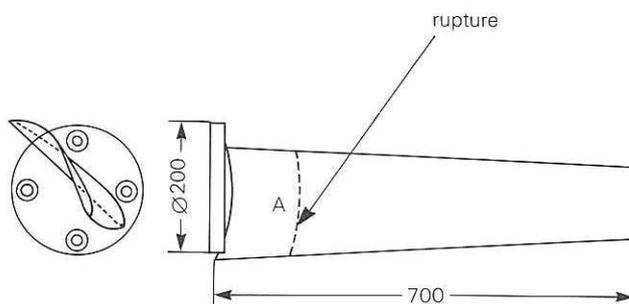


Fig. 2



Cliché 1

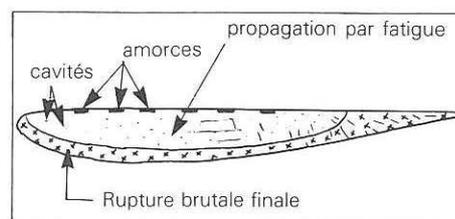
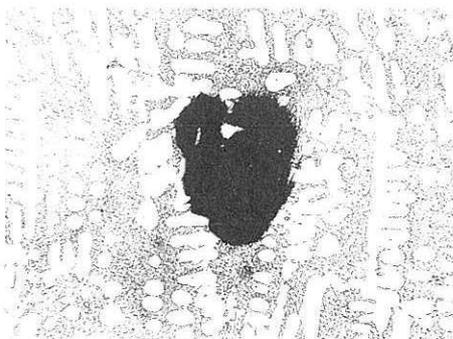
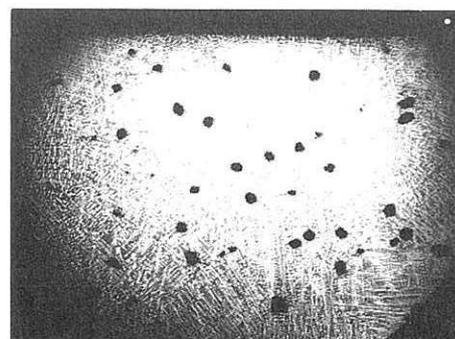


Fig. 3



Cliché 2

(x 125)



Cliché 3

(x 3)

## Examens complémentaires

La composition chimique s'est révélée conforme pour la nuance considérée mais les caractéristiques mécaniques du matériau correspondent à un état non traité Y 20 ( $R_m = 160$  MPa,  $R_{p0,2} = 105$  MPa,  $A = 2$  %).

## Commentaires

La microstructure de l'alliage le confirme : elle est constituée de dendrites claires de solution solide et de fins précipités de silicium (gris) au sein d'un eutectique Al-Si bien modifié (cliché 2). On doit noter, enfin, la présence de nombreuses soufflures dont certaines sont débouchantes (cliché 3).

Causes de l'avarie	Remèdes
<ul style="list-style-type: none"> <li>— Régime vibratoire vraisemblablement anormal.</li> <li>— Caractéristiques mécaniques non conformes du fait de l'absence du traitement thermique prévu.</li> <li>— Présence de nombreuses soufflures favorisant l'amorçage de fissures de fatigue.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Vérifier que le point de fonctionnement n'engendre pas des phénomènes de résonance.</li> <li>— S'assurer de la bonne exécution des traitements thermiques.</li> <li>— Améliorer la compacité du moulage et éviter les soufflures et piqûres.</li> </ul>

# Hélice de thonier

par L. Huchet

(CETIM, Etablissement de Nantes)

## Nature de l'avarie

Rupture en service par fatigue en flexion plane d'une des cinq pales de l'hélice.

## Matière

Cupro-aluminium moulé de nuance CU-Al 9 Ni3 Fe2 Y20.

## Conditions de fonctionnement

Sollicitations cycliques de flexion.

## Analyse morphologique

La pale s'est rompue suivant un plan transversal situé approximativement au 1/3 extérieur de sa hauteur (Fig. 1).

La cassure présente deux zones distinctes caractéristiques d'une rupture par fatigue en flexion répétée (Fig. 2 et 3) :

- à partir du bord d'attaque, une zone au grain relativement fin marquée de lignes d'arrêt, qui correspond à la fissuration progressive ;
- une deuxième zone au grain plus grossier constituant la cassure finale brutale.

La courbure des lignes d'arrêt permet de localiser l'amorce de la rupture près du bord d'attaque dans une zone où il existe de nombreuses microporosités.

## Examens complémentaires

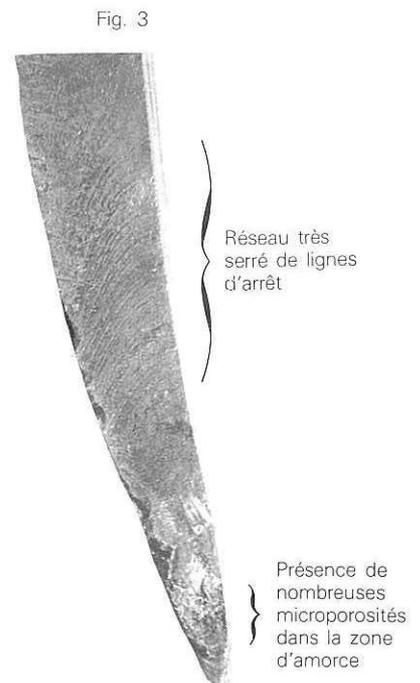
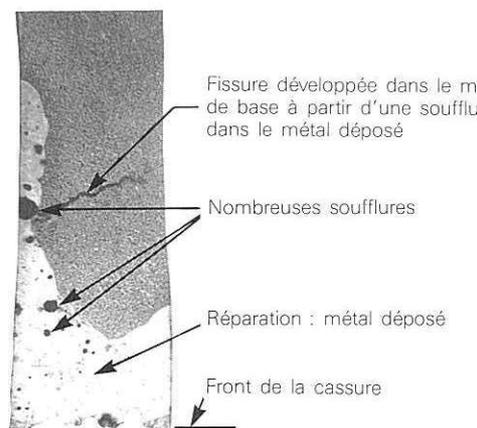
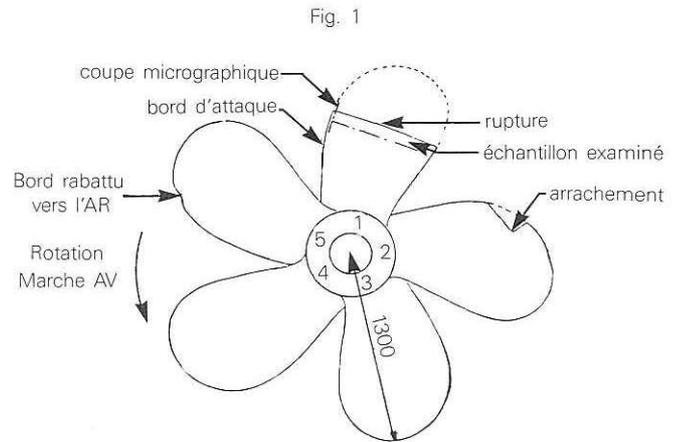
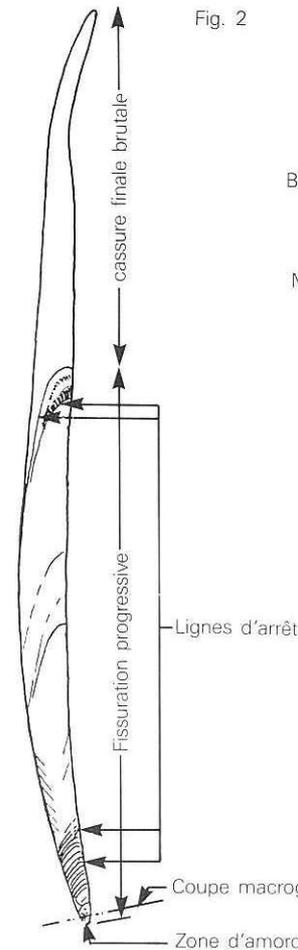
### Examens macro et micrographiques

Ces examens ont mis en évidence la présence d'une réparation par soudure à partir de laquelle s'est développée la fissuration progressive. Le métal déposé pour la réparation comporte de nombreuses soufflures et de la fissuration à chaud du type intergranulaire.

Ces défauts sont à l'origine de l'amorçage de la fissuration progressive.

Les examens micrographiques ont également montré que la structure du métal est très différente de celle du métal de base :

- la structure du métal de base correspond à celle d'un cupro-aluminium au fer,
- celle du métal déposé est caractéristique d'un bronze.



Causes de l'avarie	Remèdes
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Métal d'apport mal adapté → diminution locale de la limite d'endurance</li> <li>- Nombreux défauts dans la réparation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utiliser un métal d'apport compatible avec le métal de base : en principe, pour les réparations des cupro-aluminium on utilise un métal d'apport de nuance semblable à celle du métal de base.</li> <li>- Contrôle non destructif de la réparation (radiographie, ultrasons).</li> </ul>