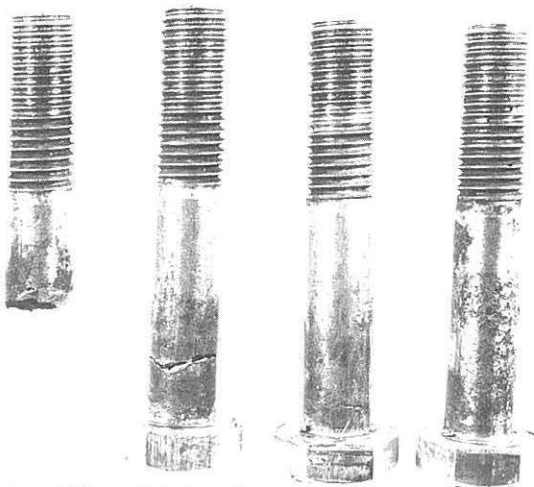


# BOULONS

## C 1

### Nature de l'avarie

Rupture des boulons de montage de faisceaux tubulaires des générateurs de vapeur d'autoclaves de stérilisation.



Aspect extérieur de la corrosion.

### Matière

Acier inoxydable Z 2 CN 18.10.

### Milieu

L'alimentation en eau de la chaudière s'effectue après passage dans un adoucisseur à régénération automatique. Par suite du mauvais fonctionnement du « by-pass », de la saumure passe dans l'alimentation en eau.

### Analyse morphologique

Rupture après fissurations consécutives à un phénomène de corrosion sous tension, caractérisée ici par :

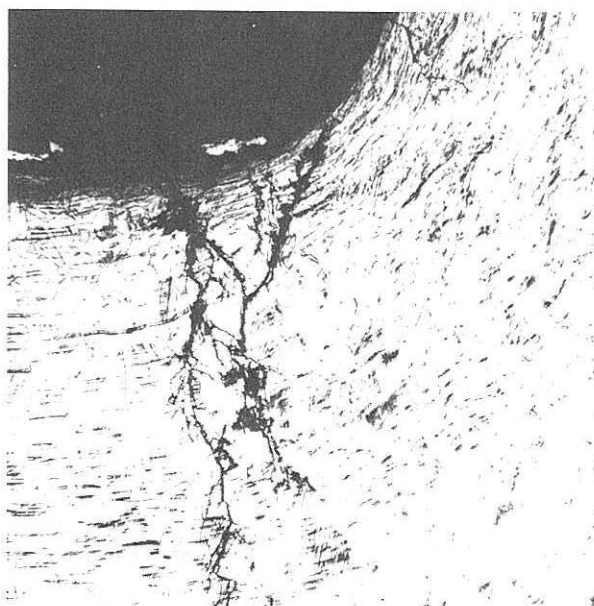
- une initiation en surface sur une piqûre de corrosion au niveau d'un joint de grain,
- la propagation d'une fissure transgranulaire très ramifiée sous l'action combinée des contraintes de traction (dues au serrage des boulons) et de la corrosion.

Du fait des conditions de montage, le corps des boulons est situé dans une cavité borgne où se produit une concentration de chlorures provenant de la saumure.



Cliché montrant l'amorçage d'une fissure de corrosion sous tension sur une piqûre.

G × 200 attaque électrolytique



Fissure de corrosion sous tension se propageant au sein d'une structure austénitique écroûie non régénérée par hypertrempe.

G × 100 attaque électrolytique

### Remèdes

- S'assurer du fonctionnement correct de l'installation d'adoucissement.
- Choisir pour les boulons une nuance d'acier inoxydable au molybdène du type Z 02 CND 17.12 (AISI 316 L) correctement hypertrempe.
- Modifier l'assemblage de façon à éliminer toute zone pouvant entraîner une concentration locale en éléments agressifs.

G. Baratto (Service Métallurgie, CETIM, Etablissement de Senlis)

# GOUJON - ÉCROU

B 1

## Nature de l'avarie

Corrosion d'un ensemble goujon - écrou.

## Conditions de fonctionnement

Serrage en immersion marine.

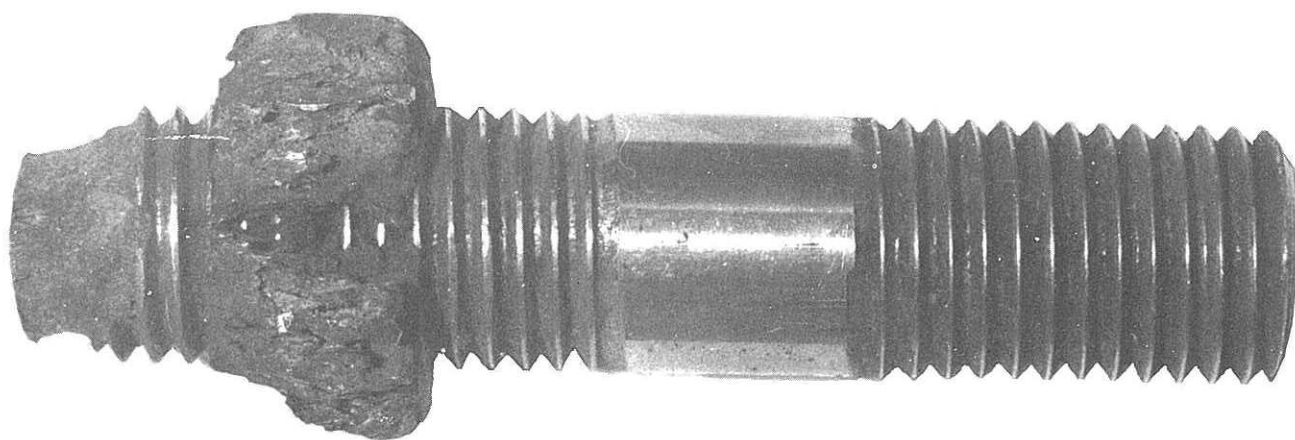
## Matière

Acier inoxydable austénitique.

## Analyse morphologique

L'écrou et l'extrémité du goujon sont attaqués.

La corrosion se manifeste par un important manque de matière et un aspect « ligneux » des zones les moins touchées.



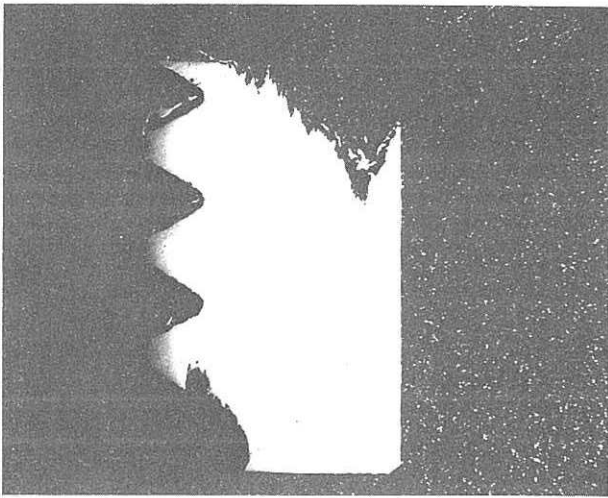
## Analyse chimique

Repères \ Eléments (%)	C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr	Mo
Goujon	0,099	0,77	1,84	0,22	0,028	9,3	18	0,24
Ecrou	0,099	0,36	1,7	0,23	0,04	8,0	16,88	0,22

Nuance AFNOR correspondante Z 10 CNF 18.09.

## Examens micrographiques

Cet examen réalisé sur une coupe de l'écrou montre l'aspect déchiqueté que provoque la corrosion.



La détérioration se développe sous forme de piqûres à la faveur d'alignements d'inclusions de sulfures de manganèse.

On est en présence d'une corrosion incisive.



## Commentaires

La corrosion qui affecte les pièces analysées est de type incisive. Cette allure se manifeste à la faveur d'une hétérogénéité du matériau, créée par la présence d'alignements d'inclusions ou de précipités lorsqu'ils débouchent à la surface du matériau. La pile formée par la présence de ces composés au sein de la matrice entraîne la détérioration des zones les plus électro-négatives.

Dans le cas présent, ce sont les inclusions qui sont néfastes et entraînent une incompatibilité entre le milieu (eau de mer) et l'acier Z 10 CNF 18.09 (acier inoxydable de décolletage). Pour éviter un tel incident, il faudra employer une nuance inoxydable sans soufre.

# MORS

## I 1

### Nature de l'avarie

Fissurations apparues pendant le stockage.

### Matière supposée

Z 170 CDW 13.

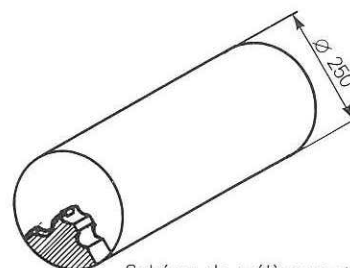


Schéma de prélèvement de la pièce dans la barre

### Analyse chimique

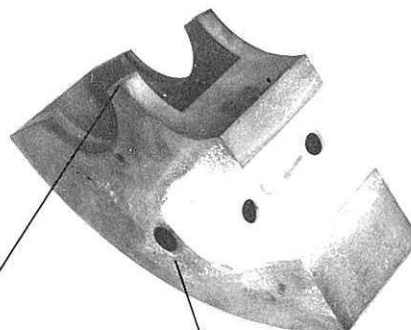
Repères (%)	C	Si	Mn	S	P	Cr	Mo	W
Mors	2,0	0,28	0,20	0,013	0,013	12,3	0,016	< 0,05

Nuance AFNOR Z 200 C 12.

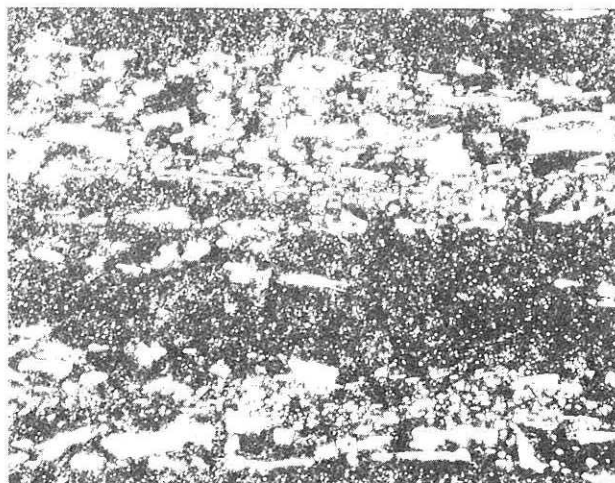
### Examens micrographiques

*Zone 1* : zone située vers le cœur de la barre, présentant une grande quantité de carbures primaires ; dureté : HRc = 58.

*Zone 2* : zone proche de la surface de la barre, beaucoup plus pauvre en carbures primaires ; dureté : HRc = 49.

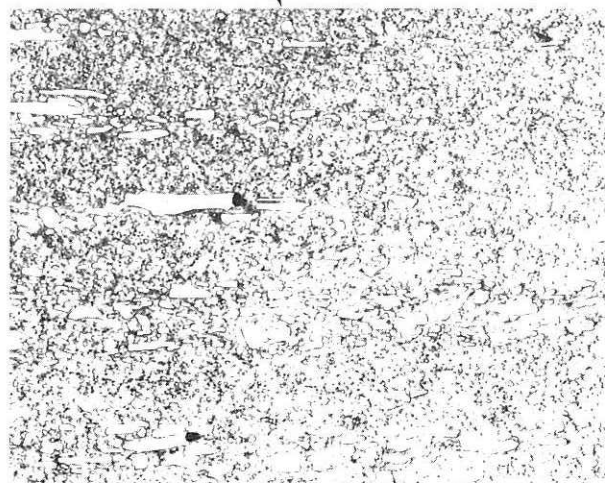


*Zone 1*



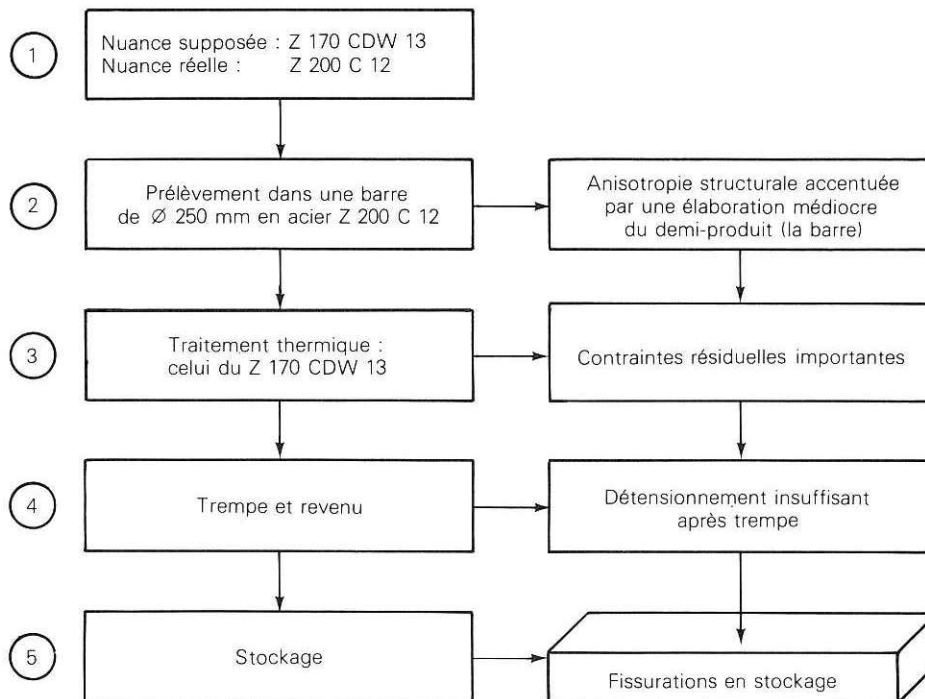
× 100 Attaque Villela

*Zone 2*



× 100 Attaque Villela

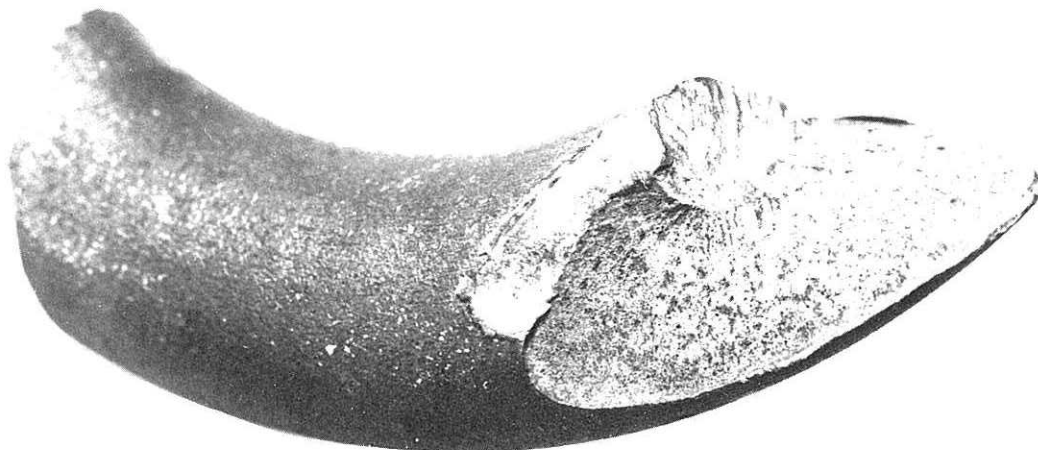
## Schéma de la mise en œuvre et de la dégradation



Commentaires		Remèdes
①	Erreur de nuance.	—
②	Prélèvement (cf. schéma) inadapté à la pièce.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Un bloc contre-forgé est mieux indiqué pour des pièces de cette dimension en acier Z 200 C 12.</li> <li>– Lui préférer un prélèvement dans un plat de dimensions juste suffisantes.</li> </ul>
③	Traitement thermique non adapté à la nuance Z 200 C 12 et réponse non homogène au traitement thermique (cf. micrographies).	Le choix de la nuance Z 170 CDW 13 est préférable car plus facile à traiter thermiquement.
④	Contraintes introduites à la trempe et hétérogénéité de structure conférant à la pièce des propriétés mécaniques et métallurgiques différentes d'un point à l'autre.	
⑤	Fissurations en stockage dues à un revenu insuffisant ou différé dans le temps.	Le revenu doit se faire dans les plus brefs délais après la trempe à température supérieure à 180 °C.

# RESSORT DE COMPRESSION

G 8



## Nature de l'avarie

Rupture par fatigue

## Matière

Repère %	C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr	Mo
Ressort	0,46	1,37	0,71	0,029	0,011	0,034	0,65	0,26
45 SCD 6 suivant norme NFA 35.551	0,42 0,50	1,30 1,70	0,50 0,80	0,025	0,03	—	0,50 0,80	0,15 0,30

## Conditions de fonctionnement

Contraintes cycliques de compression.

## Analyse morphologique

La surface de rupture est en hélice inclinée à 45° sur l'axe du ressort.

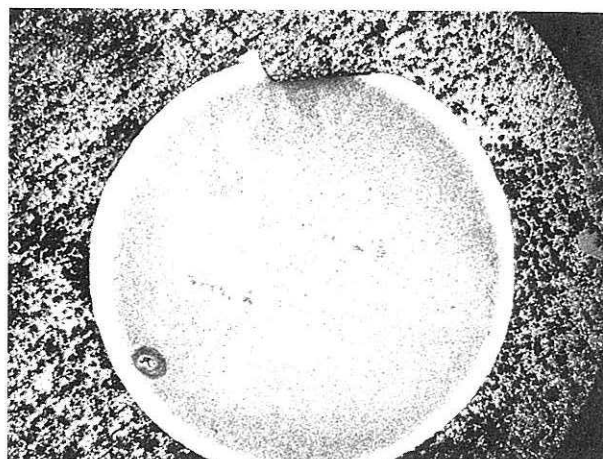
On distingue sur le faciès de rupture deux zones bien distinctes.

a) La zone d'aspect soyeux, à lignes d'arrêt concentriques, s'étendant autour d'un point d'amorçage superficiel (écrouissage dû à l'usure), est caractéristique de fissuration sous contrainte de flexion.

b) La zone à nerfs à 45°, caractéristique des contraintes de torsion, correspond à la rupture finale.

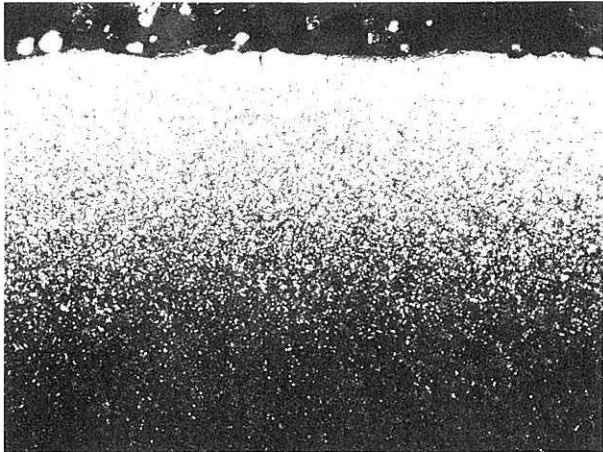
## Examen macrographique

Cet examen permet de visualiser une couche externe correspondant à une décarburation.



× 5 Attaque Nital

RESSORT  
DE COMPRESSION



Couche décarburée

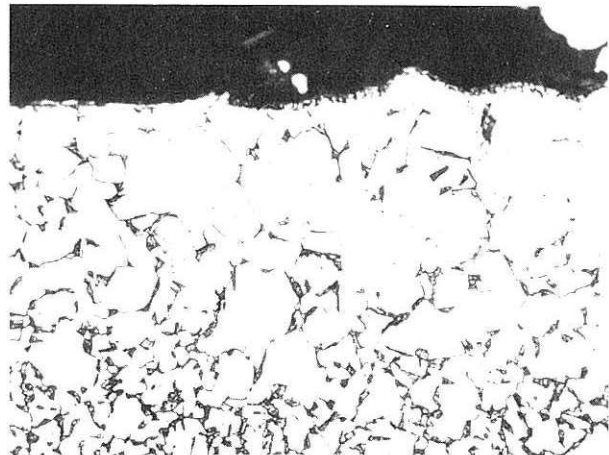
**Examen micrographique**

La structure superficielle est composée d'une grande quantité de ferrite parsemée d'îlots de martensite. La dureté est de 220 HV<sub>0,1</sub>. A cœur, la structure est trempée revenue pour obtenir une dureté de 50 HRC.

Une filiation de microduretés a permis de chiffrer la profondeur de décarburation à 0,8 - 0,9 mm.

× 50 Attaque Nital

Présence importante de ferrite parsemée d'îlots de martensite. Réseau de cémentite aux joints des grains.



× 500 Attaque Nital

**Schéma de la dégradation**

