



ÉTABLISSEMENT TECHNIQUE CENTRAL DE L'ARMEMENT  
CENTRE DE RECHERCHES ET D'ÉTUDES D'ARCUEIL

*retour  
ES0/SC*



Monsieur le Directeur du  
**CENTRE NATIONAL D'ETUDES SPATIALES**  
CENTRE SPATIAL DE TOULOUSE  
18, avenue Edouard Belin  
31055 TOULOUSE CEDEX

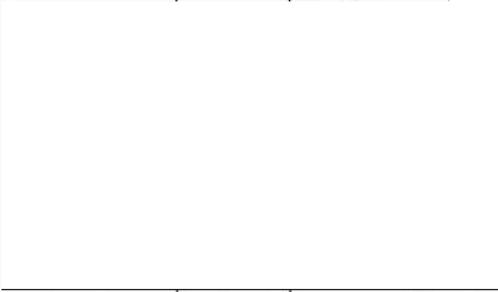
POSTE A RAPPELER:



ARCUEIL, le 65275 - 17 MAI 89 CREA/PS

NUMÉROS DES PIÈCES	DÉSIGNATION DES PIÈCES	NOMBRE	OBSERVATIONS
	Procès verbal N° 2001/89 CREA/PS du 03 mai 1989 concernant l'expertise d'un élément propulsif récupéré.....	2	Commande n° 2 88 8762/829 du 15/12/1989.

L'Ingénieur en Chef de l'Armement J. M  
Directeur du CREA





CENTRAL DE L'ARMEMENT  
CENTRE DE RECHERCHES ET D'ÉTUDES D'ARCUEIL

N° 2001/89 CREA/PS

ARCUEIL, le 3 mai 1989

**Département Physique des Surfaces**

Personne concernée : M. S.

Poste :

### PROCES - VERBAL

**DESTINATAIRE : CENTRE NATIONAL D'ETUDES SPATIALES**  
CENTRE SPATIAL DE TOULOUSE  
18, avenue Edouard BELIN  
31055 TOULOUSE CEDEX

V/Réf. : Commande N° 2.88.8762/829 du 15/12/1988

Objet : Expertise d'un élément propulsif récupéré.

L'Ingénieur Civil M. C.   
Chef du Département Physique des Surfaces

Document comprenant :

Diffusion : C N E S (2 ex.)

**Procès-verbal N° 2001/89 CREA/PS**

**Objet :** Expertise physico-chimique d'un élément propulsif récupéré.

## **1. INTRODUCTION**

A la demande du Centre National d'Etudes Spatiales (CNES), Centre Spatial de Toulouse, le Centre de Recherches et d'Etudes d'Arcueil de l'Etablissement Technique Central de l'Armement (E.T.C.A.) a réalisé une expertise physico-chimique d'un élément propulsif récupéré. (lettre CT/ESO/SC/GP du 2/08/1988 - Commande n° 2.88.8762/829 du 15/12/1988).

Cet élément d'origine inconnue, a été récupéré en France, le 26 février 1985 dans la localité de Saint Sulpice de ROYAN.

Le but de ce travail est de tenter de déterminer l'origine de l'élément, et le cas échéant sa fonction éventuelle.

### **L'expertise comporte :**

- l'ouverture longitudinale de l'objet et le prélèvement d'un secteur aux fins d'analyses,
- le croquis d'ensemble (intérieur) et sa cotation,
- l'observation macrographique interne de la pièce,
- des observations micrographiques sur coupe des zones, ou éléments d'intérêt : structures micrographiques.

Compte tenu des premières investigations, il n'a pas été jugé nécessaire d'entreprendre les analyses chimiques, ni les essais de dureté des matériaux constituant l'élément. Les matériaux examinés sont des nuances classiques d'aciers plutôt à bas carbone en général.

## 2. DESCRIPTION DE L'ELEMENT - CROQUIS D'ENSEMBLE

### 2.1 Aspect externe de l'objet

Il s'agit d'un cylindre métallique d'aspect oxydé, brun sur toute sa surface. D'une longueur de 470 mm, et de 140 mm de diamètre, il est obturé à ses deux extrémités par des embouts de forme différente qui donnent à l'ensemble une dimension hors-tout de 530 mm. Le cylindre sera désigné "enveloppe" par la suite.

Dans le rapport d'enquête établi par le G.E.P.A.N. il est précisé que l'un des embouts est mobile, qu'il peut tourner et se déplacer de 3 mm en trois tours et qu'il comporte sur la face externe 26 trous coniques de diamètre 14 mm inclinés vers l'extérieur de 10 degrés environ, et que le second embout de forme conique est totalement obturé.

### 2.2 Aspect interne de l'enveloppe

Avant de procéder aux divers prélèvements, l'objet a pu être démonté au niveau de l'embout comportant les orifices. Le démontage n'a présenté aucune difficulté majeure.

On a pu constater la présence d'un premier long filetage en bon état (cf croquis d'ensemble n° 1) ( $\approx 35$  mm).

La paroi interne de l'objet comporte un dépôt non adhérent d'aspect pulvérulent et se présentant sous la forme de traînées longitudinales (cf planche n° 1).

Un rivet, issu de l'un des embouts, a pu être récupéré, libre, à l'intérieur de l'enveloppe cylindrique.

Des traces locales d'échauffement intense ayant entraîné la fusion du matériau ont été mises en évidence à l'une des extrémités de l'enveloppe, côté tête (cf figure n° 2 ; planche n° 1). Ces traces sont espacées d'environ 16 mm et sont en relation avec les orifices périphériques de la tête (entraxe  $\approx 16$  mm). Il est probable que des gaz chauds issus de l'intérieur de l'enveloppe et s'échappant par les orifices soient à l'origine de la formation des zones fondues.

### 2.3 Croquis d'ensemble - désignation adoptée

(cf planche n° 2 et croquis n° 1)

L'enveloppe cylindrique est fermée à ces deux extrémités au moyen d'embouts massifs filetés.

L'embout comportant les orifices périphériques coniques ayant la forme de tuyères (tête ①) présente aussi un orifice central fermé par un bouchon fileté ⑤.

Cette pièce est elle-même obturée par un noyau fileté non métallique ⑥.

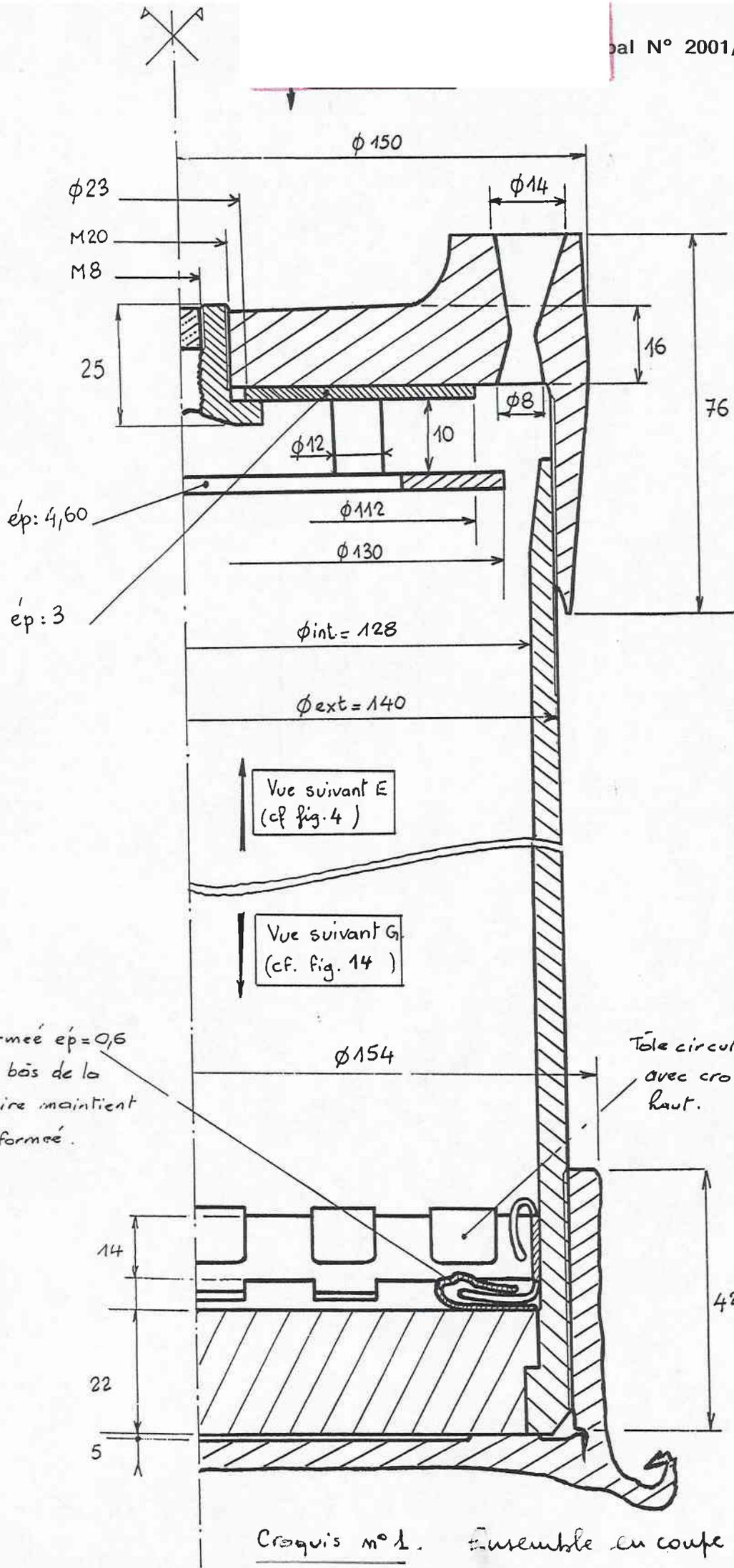
Le bouchon fileté affleure la paroi externe de la tête. Il est de forme hexagonale vers l'intérieur de l'enveloppe ; ceci permettant son démontage. La partie hexagonale maintient, plaquée sur la tête, une tôle intermédiaire ②, elle-même fixée au moyen de rivets ③ à une couronne plus épaisse que nous désignerons : tôle inférieure ④. (cf détail du rivetage - croquis n° 2 et planche n° 5).

La tôle inférieure semble jouer un rôle de chicane vis à vis du passage éventuel de gaz de l'enveloppe vers les orifices périphériques de la tête.

L'aspect de la face externe de la tête est illustré en planche n° 3. On y retrouve le bouchon fileté ainsi que le noyau central. Des traces rayonnantes de projections sont également remarquées.

La figure n° 4 présente la partie interne de la tête. On notera le système de rivetage (6 rivets), la déformation locale et la rupture de la tôle inférieure. En outre, il est manifeste que la partie hexagonale du bouchon fileté ait été portée à la fusion ; il existe aussi un dépôt gris superficiel en plaques dans cette région (cf planche n° 4).

La planche n° 6 montre le détail, en coupe, du bouchon fileté. On remarquera l'aspect microfissuré du noyau central non métallique. L'intérieur du bouchon comporte aussi un dépôt superficiel peu adhérent ressemblant à des résidus de fusion.



Créquis n° 1. Ensemble en coupe.

PLANCHE N° 1

Observation de la paroi intérieure de l'enveloppe

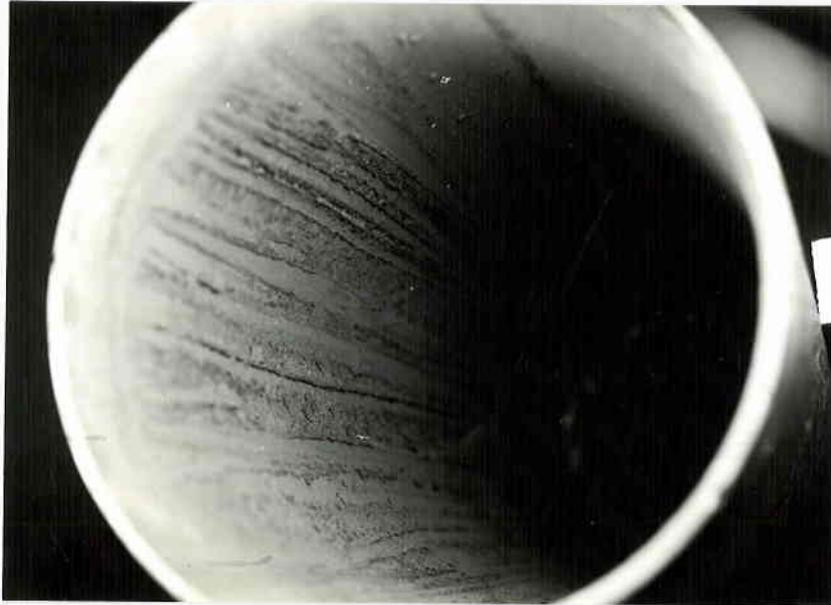


Figure n° 1 : Enveloppe fileté

Dépôt: traînées pulvérulentes peu adhérentes.

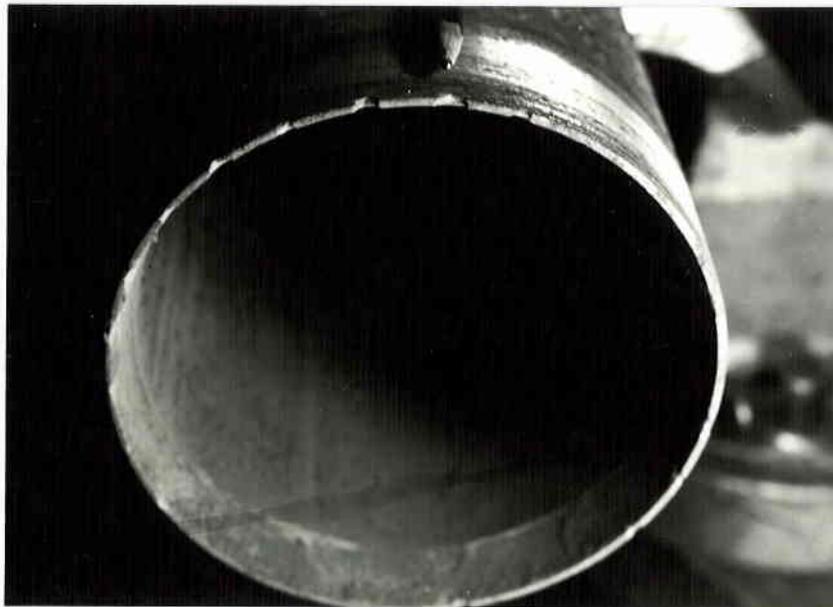
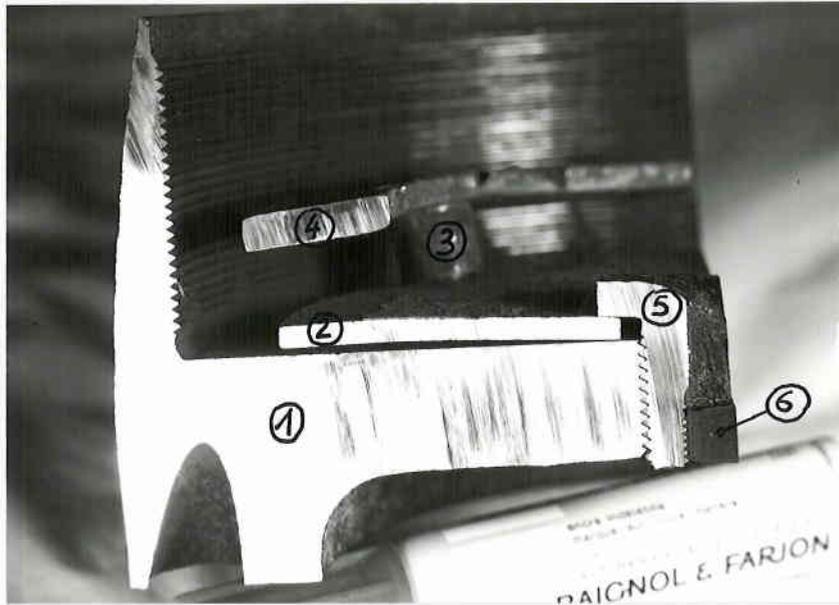


Figure n° 2 :

Côté filetage : traces locales d'échauffement intense espacées d'environ 16 mm, en relation avec les orifices périphériques de la tête : (entraxe  $\simeq$  16 mm).

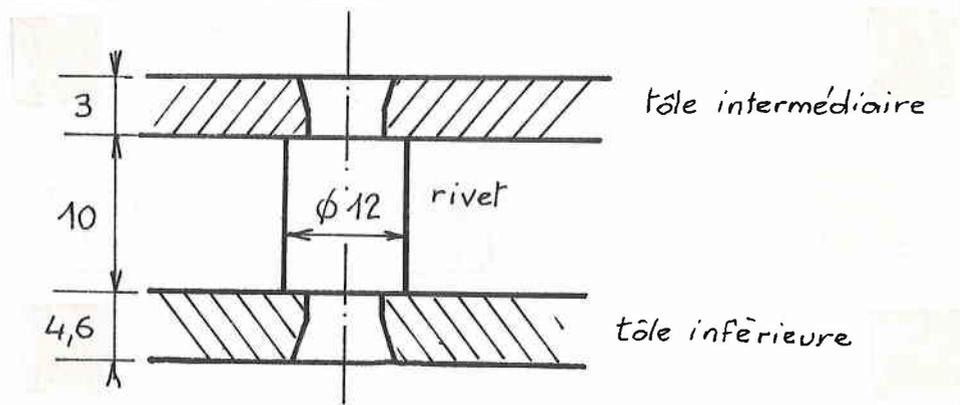
## Tête filetée : description des éléments



Tête filetée : Détail de l'assemblage

Figure n° 3

- ① tête filetée
- ② tôle intermédiaire
- ③ rivet - entretoise
- ④ tôle inférieure
- ⑤ bouchon fileté
- ⑥ noyau



Croquis n° 2 : Détail du rivetage

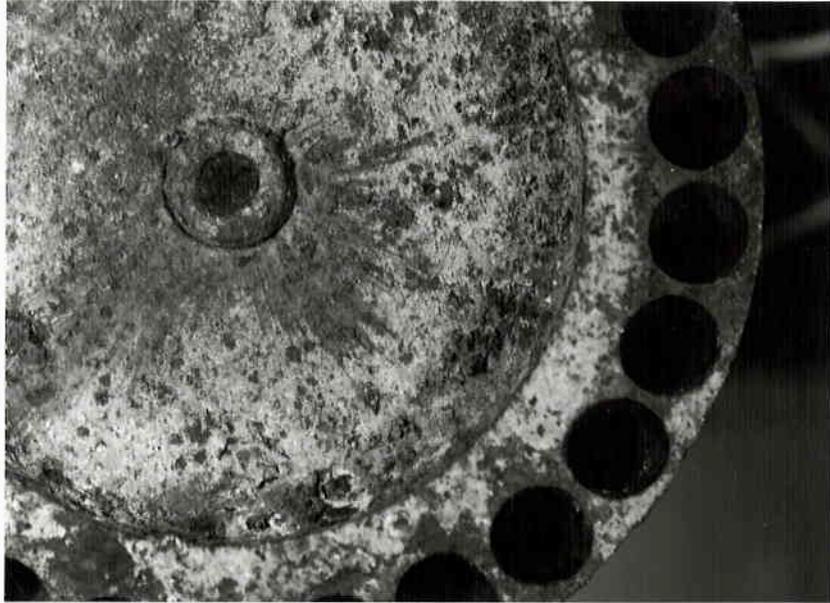
Tête

Figure n° 3 : Côté externe - orifices périphériques  
Centre : bouchon noir avec traces de projections rayonnantes.

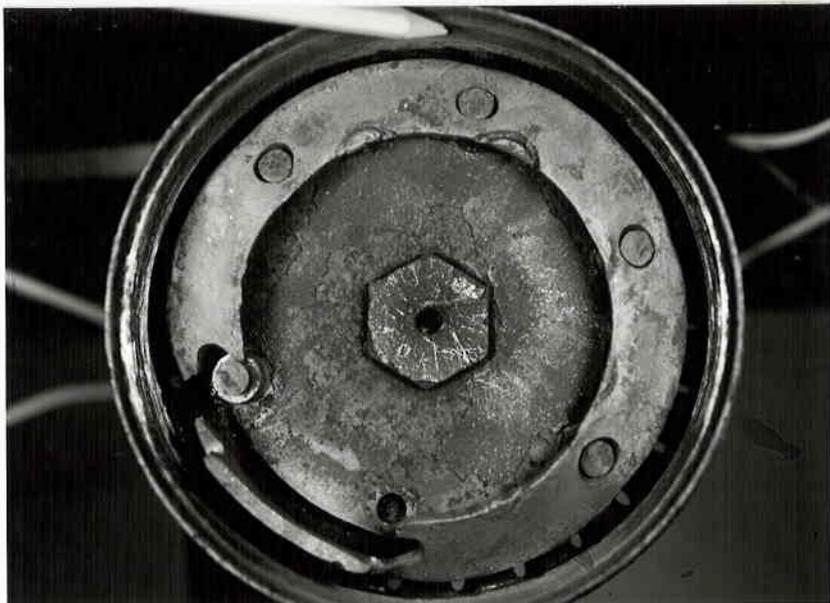


Figure n° 4 : Côté interne  
Zone centrale ayant été portée à fusion  
Dépôt en plaques

PLANCHE N° 4

Tête filetée



Figure n° 5 : Après prélèvement



Figure n° 6 : Orifice central bouché  
- détail  
Traces de fusion



Figure n° 7 : Système de rivetage

Tête filetée



Figures n° 8a et 8b :

Systeme de rivetage ayant été déformé et rompu.

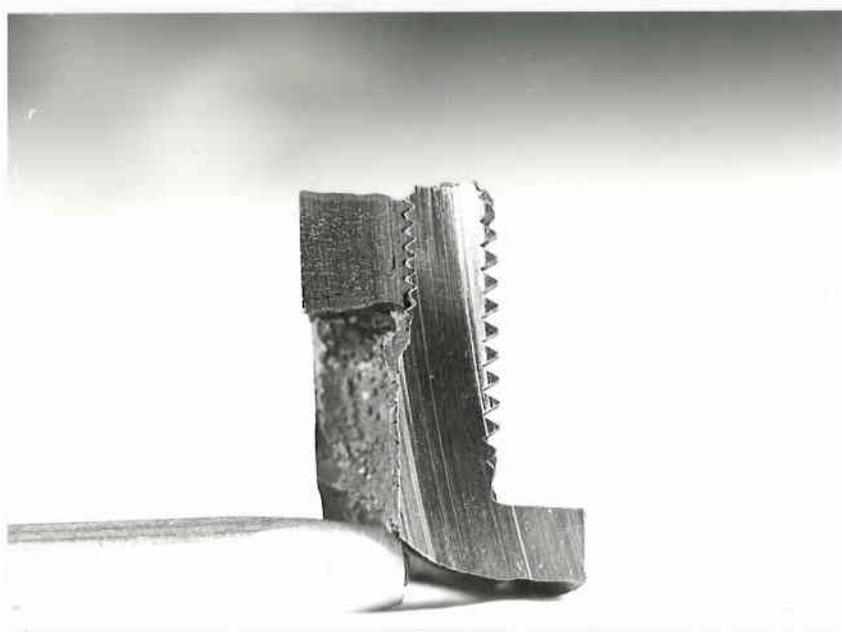
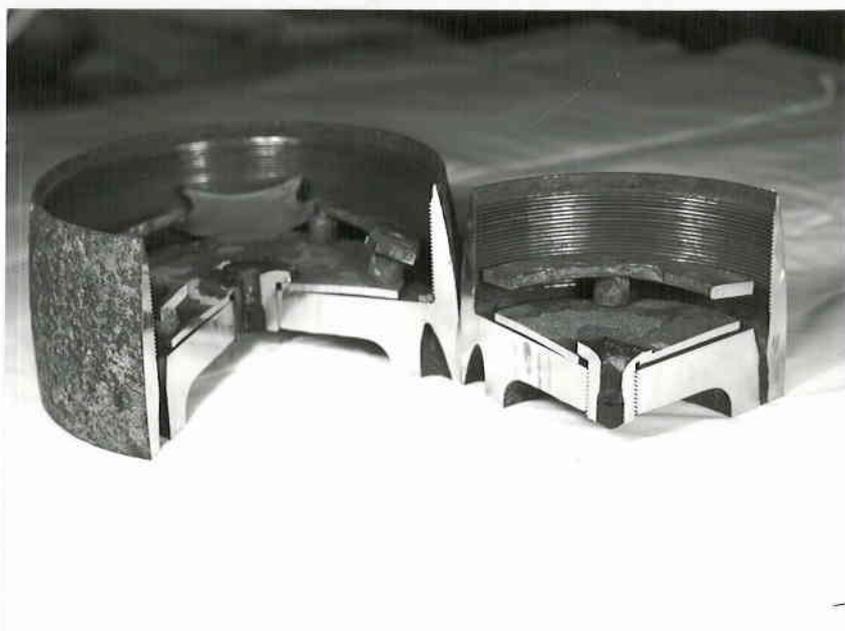
PLANCHE N° 6Tête filetée

Figure n° 9 : Bouchon fileté - fissuration interne du noyau  
- Détail

## 2.4 Inscriptions figurant au niveau de la tête filetée

Un examen détaillé, et surtout un nettoyage de certains éléments issus de la tête après son démontage ont permis de révéler les inscriptions présentées sur les planches n° 7, 8 et 9).

Celles-ci étaient masquées par la tôle intermédiaire, ou cachées par les dépôts superficiels.

L'autre embout de l'enveloppe cylindrique (cf croquis n° 1) est constitué d'une semelle massive également filetée comportant plusieurs éléments (cf figure n° 12, planche n° 10).

L'aspect externe de cette semelle est similaire à celui de la tête (oxydation...) (cf planche n° 11). La partie basse, déformée, semble avoir été arrachée d'un objet rigide.

Côté interne, on distingue : (cf planche n° 10)

- une enveloppe externe courte ⑧
- une embase massive ⑨
- une tôle fine déformée ⑩
- une tôle circulaire avec crochets ⑪

Les déformations constatées au niveau de la tôle fine font penser à la rupture brutale d'une enveloppe interne sous l'effet d'une déflagration puissante (cf figures n° 14 et 15).

Un détail de l'assemblage est présenté sur la planche n° 12.

On remarquera que les crochets inférieurs de la tôle circulaire maintiennent plaquée sur l'embase la tôle fine déformée. (cf figure n° 15, planche n° 12).

PLANCHE N° 7

Inscriptions sur la tôle intermédiaire

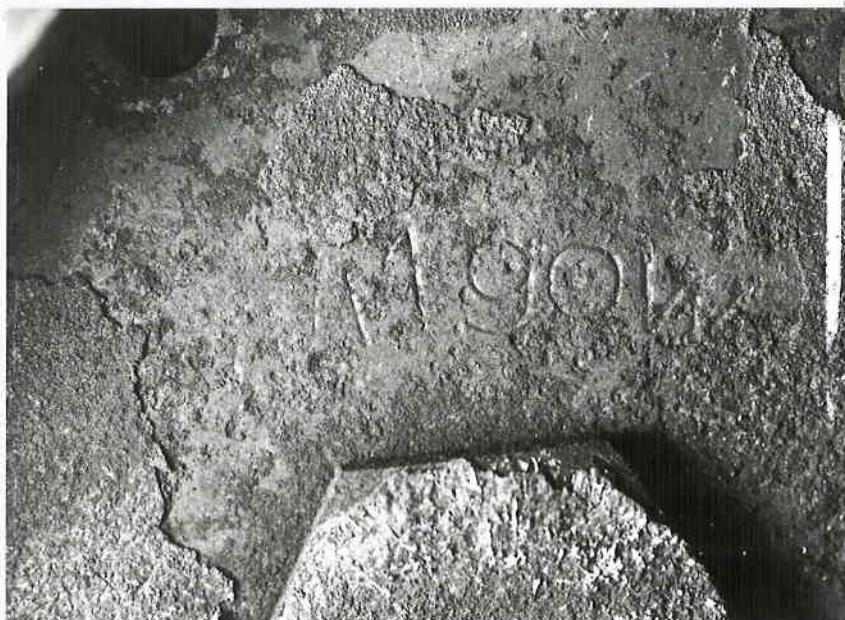


Figure n° 10a : Avant nettoyage

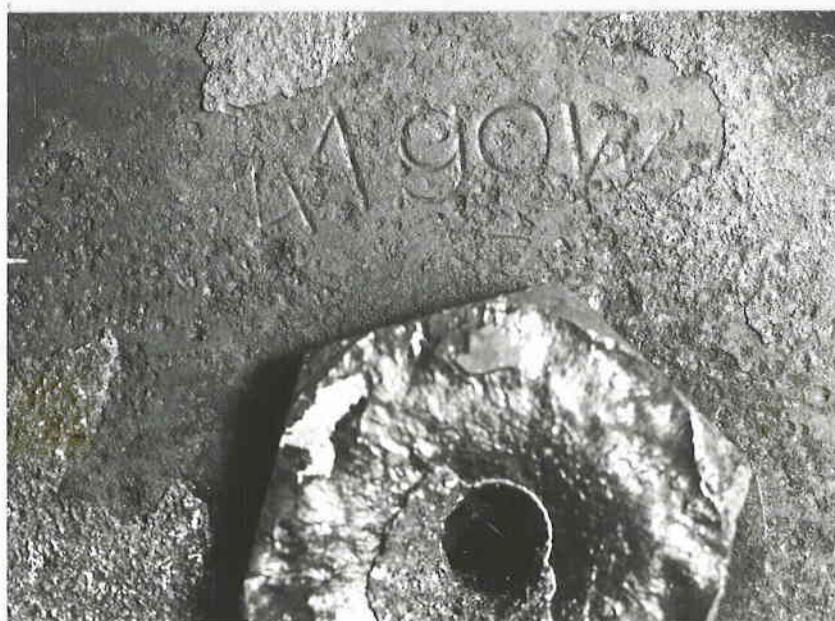


Figure n° 10b : Après nettoyage superficiel

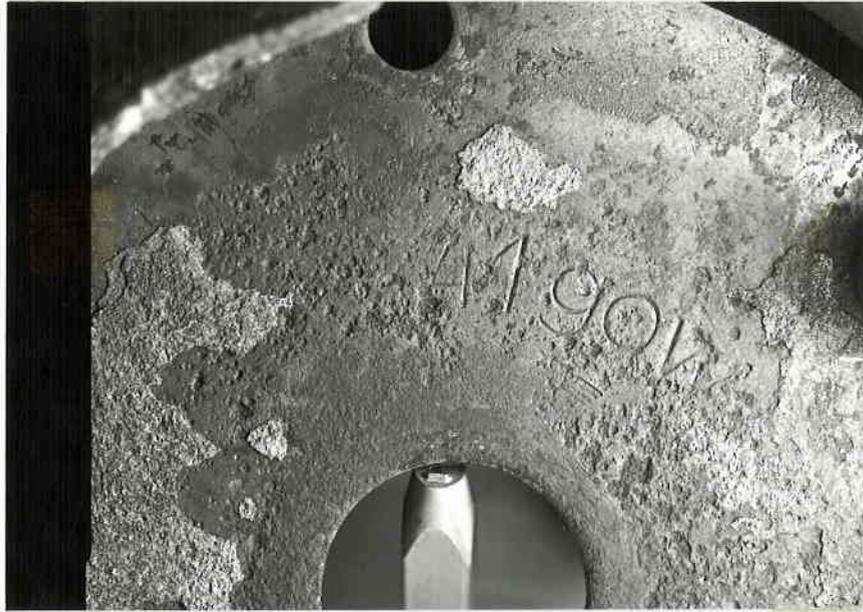
PLANCHE N° 8

Figure n° 10c : Tôle intermédiaire après démontage  
du bouchon fileté.

41 gow  
✍

PLANCHE N° 9

Inscriptions sur la tête fileté

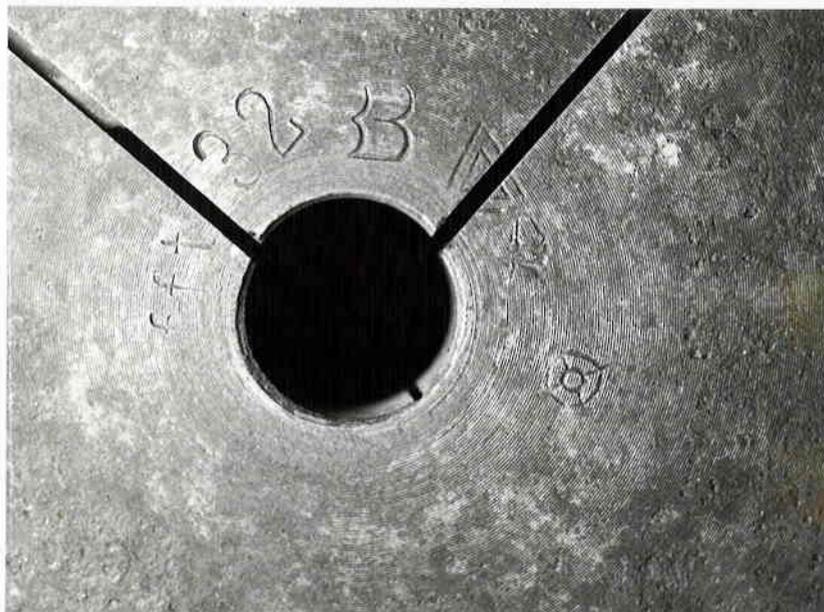


Figure n° 11 : Tête fileté : partie masquée par la tôle intermédiaire.

fft 32 B  
D  
C  
A

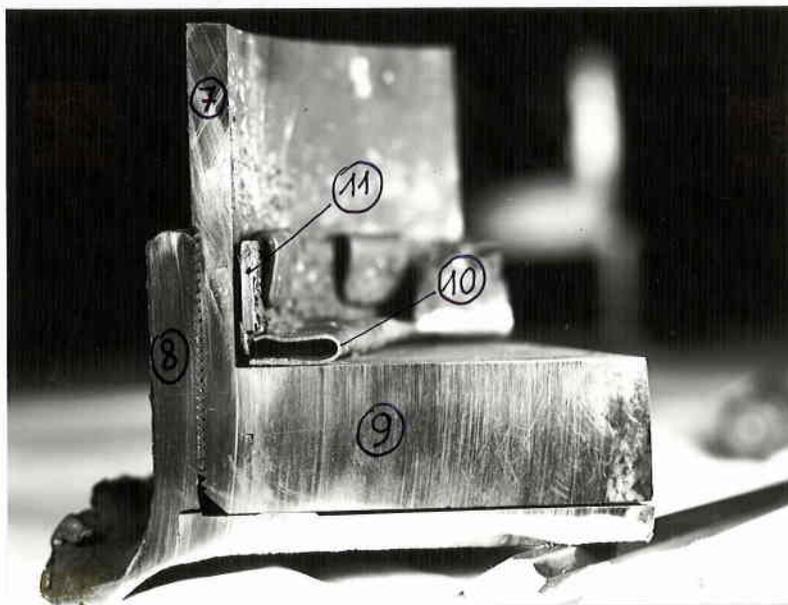
PLANCHE N° 10SemelleDescription des éléments

Figure n° 12 : Semelle, détail de l'assemblage

- ⑦ : enveloppe filetée
- ⑧ : enveloppe externe courte
- ⑨ : embase
- ⑩ : tôle fine déformée
- ⑪ : tôle circulaire avec crochets

PLANCHE N° 11Semelle

Figure n° 13 : Vue externe

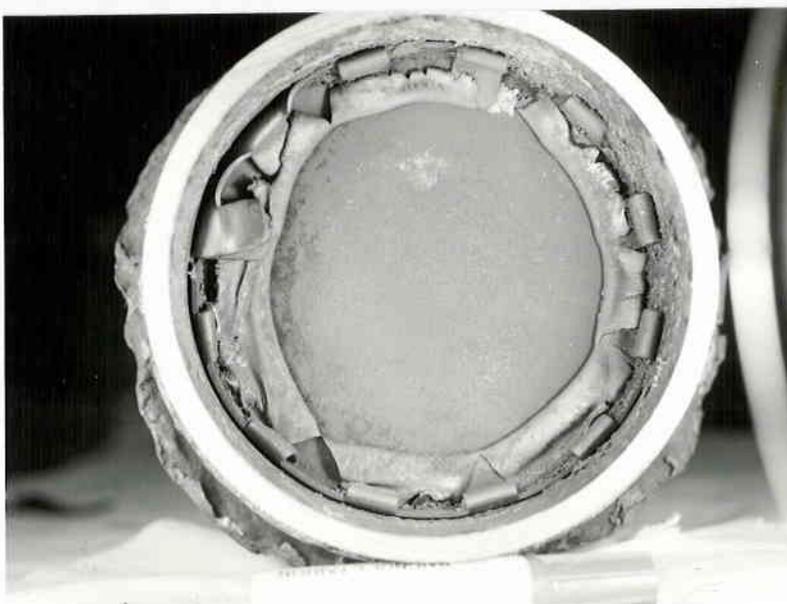


Figure n° 14 : Vue interne d'ensemble

PLANCHE N° 12Semelle

Figure n° 15 : Vue interne  
Détail

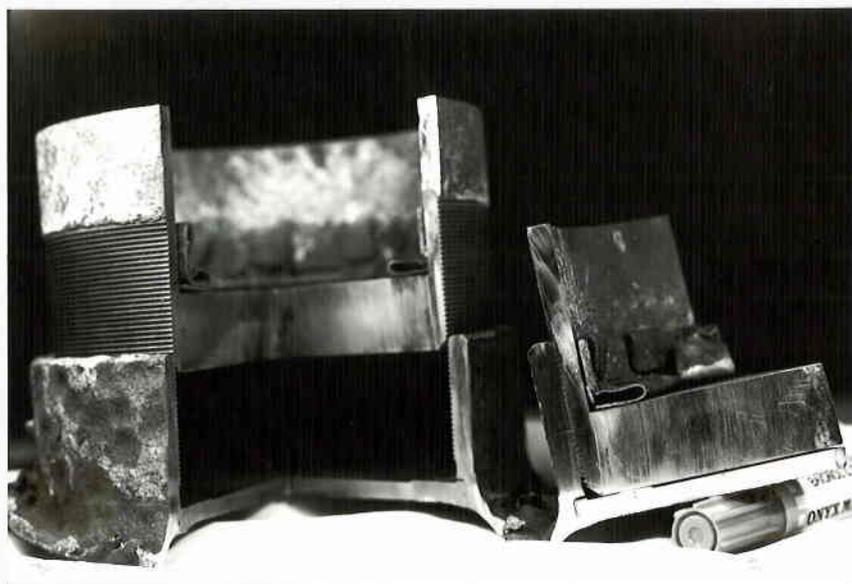


Figure n° 16 : Après prélèvement

PLANCHE N° 13a

Inscriptions sur l'embase

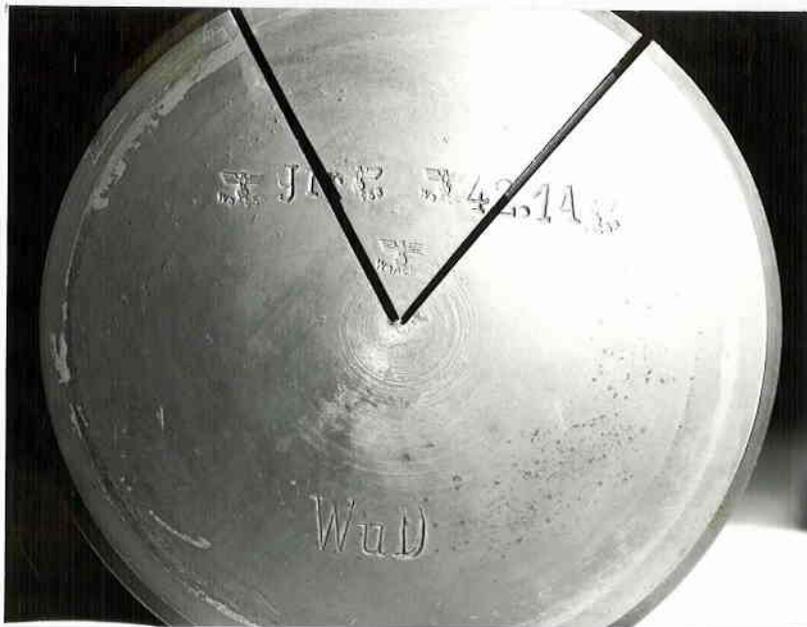


Figure n° 17a :

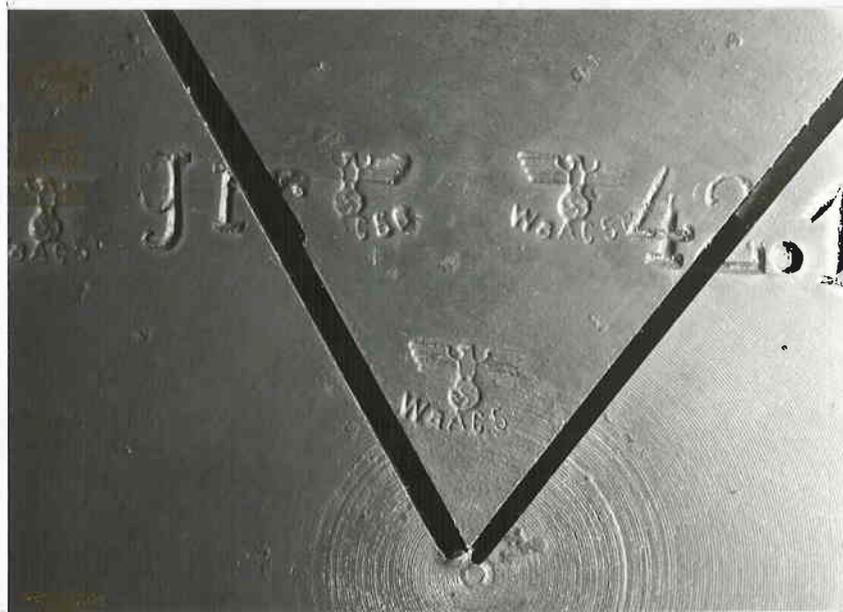


Figure n° 17b :

PLANCHE N° 13b

Inscriptions sur l'embase

- Détail -



Figure n° 17c

## Procès-verbal N° 2001/89 CREA/PS

### 2.5 Inscriptions figurant sur l'embase

L'examen de l'embase, après désolidarisation de l'enveloppe externe courte, a permis de relever certaines inscriptions caractéristiques (cf planche n° 13a et b).

Ces inscriptions faites probablement par frappe à froid comportent des chiffres, lettres et symboles qui permettent de penser que l'objet expertisé est d'origine allemande.

## 3. EXAMEN STRUCTURAL

### 3.1 Conditions opératoires

Après prélèvement, les spécimens ont été polis mécaniquement jusqu'à l'état spéculaire puis attaqués chimiquement au moyen du réactif nitro-alcoolique nital à 4%.

### 3.2 Résultats

Excepté le noyau central non métallique, la plupart des structures micrographiques révélées correspondent à des aciers à bas carbone non ou peu alliés, non traités thermiquement.

La structure de la tête filetée correspond à un acier plutôt hypereutectoïde (% carbone  $\simeq$  1% ) à l'état recuit (cf figure n° 18, planche n° 14). Elle est composée de perlite lamellaire et de cémentite :  $\text{Fe}_3\text{C}$ .

La tôle intermédiaire présente une texture en bandes alternées de ferrite et perlite, signe du laminage. Il s'agit dans ce cas d'un acier hypoeutectoïde contenant environ 0,2% de carbone (cf figure n° 19) à l'état recuit.

Les rivets ont une structure similaire à la précédente mais avec un grain beaucoup plus grossier (cf figure n° 20).

Structures micrographiques  
Attaque chimique : nital à 4%



Figure n° 18 Tête filetée X 320



Figure n° 19 Tôle intermédiaire X 320



Figure n° 20 Rivet-entretoise X 320

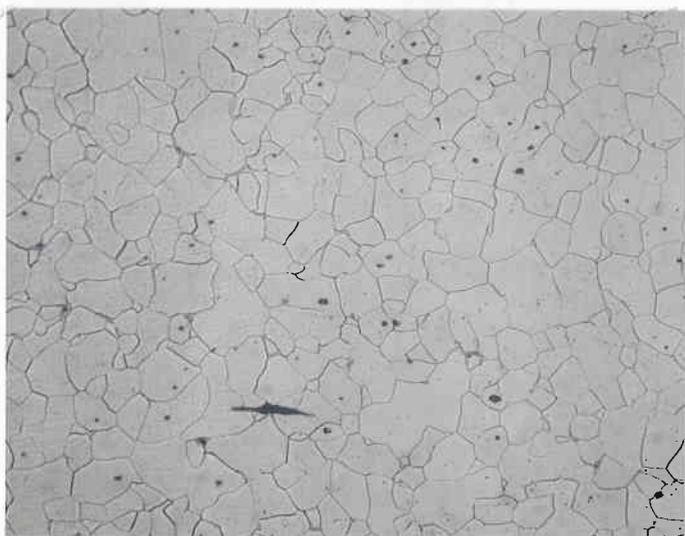


Figure n° 21 Tôle inférieure X 320

La tôle inférieure est constituée d'acier extra-doux (ferrite uniquement) également à l'état recuit. (cf figure n°21).

La planche n° 15 illustre les structures obtenues sur la tôle fine déformée et la tôle circulaire.

Dans le premier cas, il s'agit d'une ferrite présentant une tendance aciculaire (cf figure n° 22).

En ce qui concerne la tôle circulaire la structure est également ferritique, mais plus équiaxe (cf figure n° 23).

L'observation du bouchon fileté avant l'attaque chimique a permis de mettre en évidence une forte proportion d'inclusions non métalliques. Il s'agit vraisemblablement de sulfures de manganèse facilitant le décolletage d'une telle pièce. La structure ferritique correspond à un acier à faible teneur en carbone. (cf figures n° 24a et 24b).

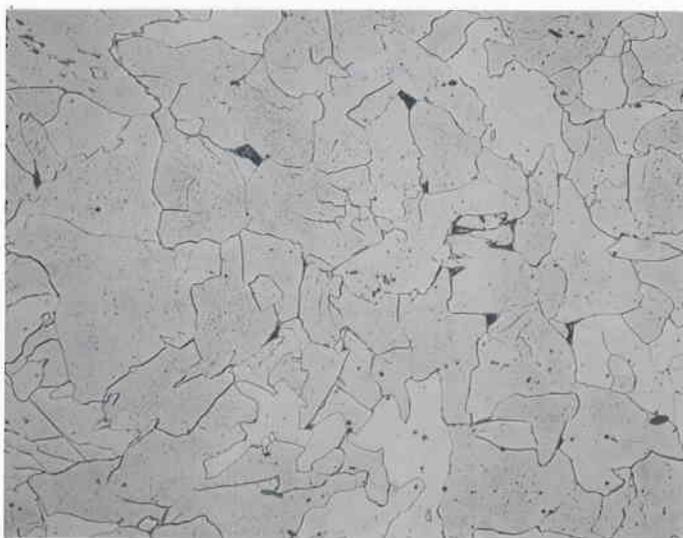
Les observations réalisées après polissage sur le noyau montrent qu'il s'agit du seul élément de l'objet expertisé n'étant pas métallique.

La morphologie structurale, tourmentée et riche en porosités fait penser à un matériau plastique ou composite (cf figure n° 25).

PLANCHE N° 15

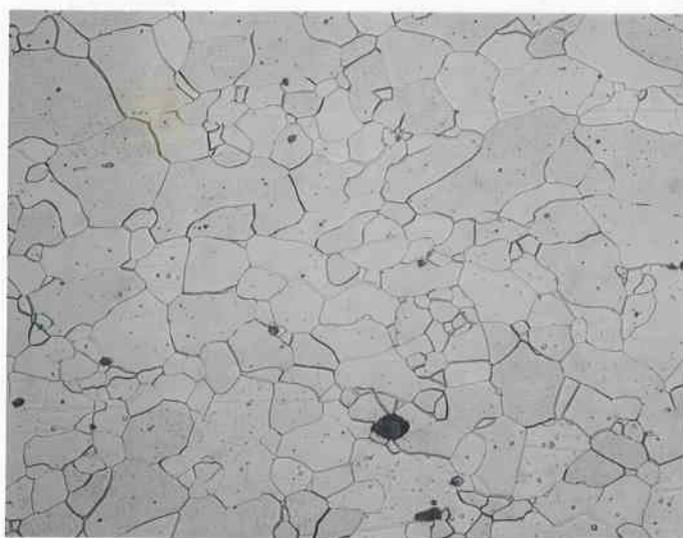
Structures micrographiques

Attaque chimique : nital 4%

Figure n° 22

X 320

Tôle fine déformée

Figure n° 23

X 320

Tôle circulaire

PLANCHE N° 10

Structures micrographiques

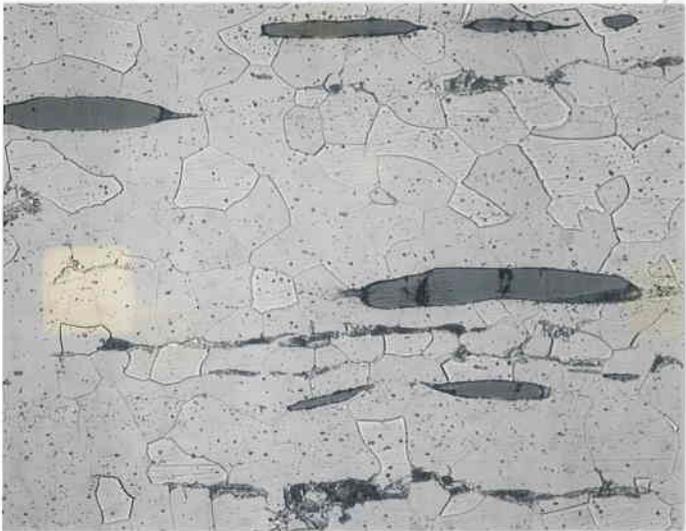
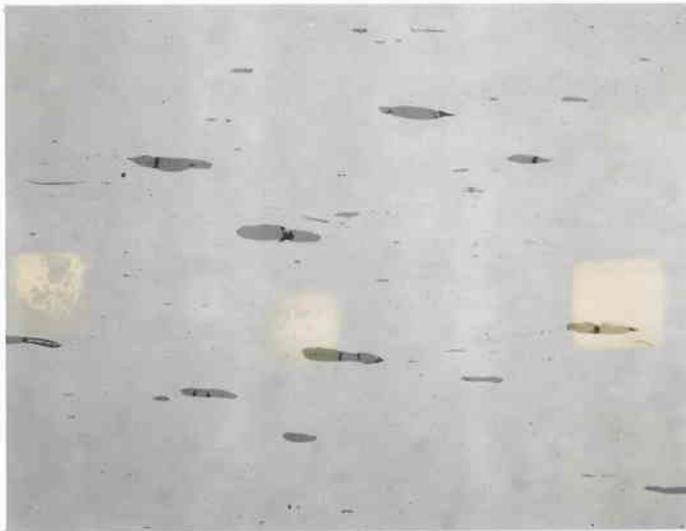


Figure n° 24a et 24b :

X 130

X 320

Sans attaque

Bouchon fileté

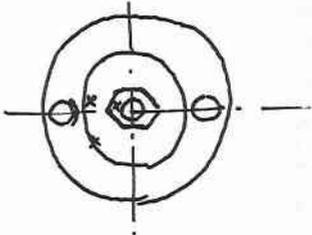
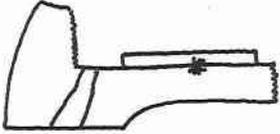


Figure n° 25 : Noyau

X 130

Sans attaque

Tableau n° 1 : Prélèvements des résidus

Repère	Localisation	Aspect visuel
A	paroi intérieure côté semelle 	plaques adhérentes d'aspect métallique - fusion
B	paroi extérieure côté semelle	plaques adhérentes aspect : calamine
C	intérieur de la tête et autour de l'orifice central 	plaques adhérentes d'aspect métallique - fusion
D	fragments libres récupérés à l'intérieur de l'enveloppe	métal fondu, calamine
E	rivet libre récupéré à l'intérieur de l'enveloppe	pièce métallique légèrement déformée
F	entre la tôle intermédiaire et la tête filetée 	péllicule fine d'aspect métallique
G	Dépôt paroi intérieure de l'enveloppe - traînées pulvérulentes	fragments pulvérulents, coloration "noir de fumée" très soutenue

#### 4. LOCALISATION DES DEPOTS ET RESIDUS

Dans le tableau n° 1 ont été consignées les localisations et l'aspect visuel des différents dépôts qui ont pu être prélevés à l'intérieur de l'objet. Des analyses chimiques pourront être éventuellement effectuées ultérieurement.

#### 5. SYNTHÈSE

L'aspect externe très oxydé et corrodé de l'élément expertisé permet de penser que cet objet a pu séjourner longtemps en ambiance humide, favorisant son oxydation superficielle. L'objet a été récupéré dans une région de plaine marécageuse, en bordure de la côte atlantique ouest.

Les éléments internes qui le constituent mettent en oeuvre une technologie de construction simple, avec des matériaux en acier de niveau de résistance mécanique très moyen.

Leur forme permet effectivement de penser qu'un tel objet a pu se propulser.

Les résidus et dépôts récupérés à l'intérieur, les zones locales fondues, et les déformations observées sur certains éléments internes de fixation, rendent plausible l'hypothèse d'une combustion interne d'une substance dégageant une chaleur intense et produisant des gaz chauds. Ces gaz chauds se sont vraisemblablement échappés par les orifices en forme de tuyères, au niveau de la tête fileté.

Des inscriptions caractéristiques figurent sur certains éléments de l'objet. Sans que l'ensemble des lettres, chiffres ou signes cabalistiques n'ait pu être identifié, certains d'entre-eux permettent d'envisager sérieusement une origine allemande probablement de la dernière guerre mondiale.

## Procès-verbal N° 2001/89 CREA/PS

**6. CONCLUSIONS**

Le résultat des observations internes montre qu'il peut s'agir d'une enveloppe ayant contenu une substance énergétique propulsive.

Certaines inscriptions sont d'origine allemande. Cette remarque et le lieu géographique de la récupération permettent de supposer qu'il peut s'agir d'une partie d'élément propulsif ou d'une charge propulsive ancienne qui était encore active avant sa récupération.

A un instant précis où les conditions d'environnement ont pu être favorables, l'objet, probablement enfoui sous la terre et abandonné pendant la guerre, a pu s'auto-amorcer.



RS

ÉTABLISSEMENT TECHNIQUE CENTRAL DE L'ARMEMENT  
CENTRE DE RECHERCHES ET D'ÉTUDES D'ARCUEIL

Sans pièces jointes  
ce document est  
non classifié

C.N.E.S

Centre Spatial de Toulouse  
18, Avenue Edouard-Belin

31055 TOULOUSE CEDEX

(A l'attention de M. Jean-Jacques VELASCO).

SEPR  
09 MAI 1989  
Action

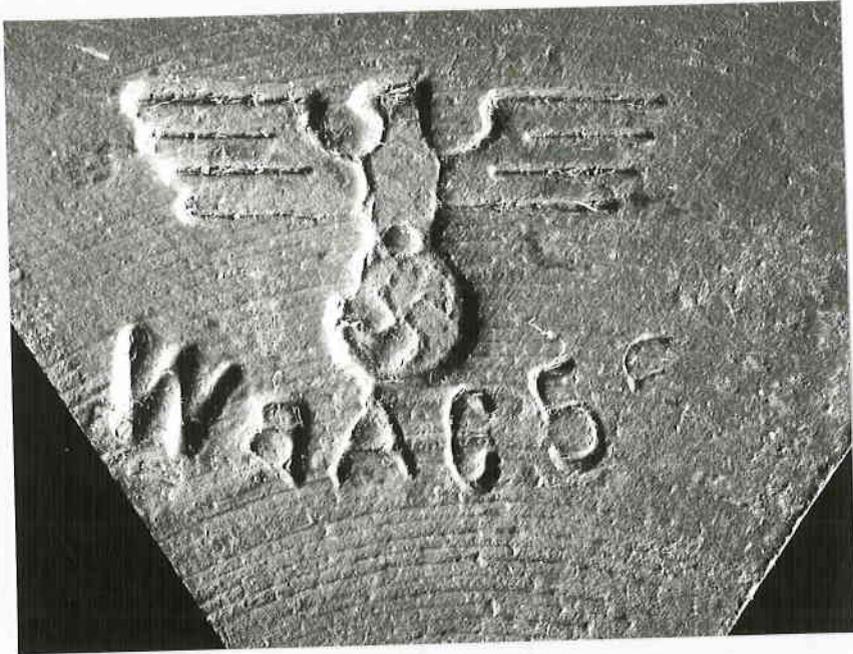
POSTE A RAPPELER:

M. S

ARCUEIL, le 65244 - 25 AVR. 89 CREA/PS

NUMÉROS DES PIÈCES	DÉSIGNATION DES PIÈCES	NOMBRE	OBSERVATIONS
	Prise de vue.	1	

L'Ingénieur en Chef de l'Armement J. M  
Directeur du CREA.



G<sub>1</sub> = x10<sub>2</sub>