

8/80

وزارة التعليم و البحث العلمي

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

1EX

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT *Mines et Métallurgie*

**PROJET DE FIN D'ETUDES**

**S U J E T**

*Etude comparative des  
caractéristiques métallurgiques pour la  
substitution d'un acier doux C.25 par  
une fonte à Graphite Sphéroïdal 56.5*

3 PLANCHES

Proposé par :

*C.V.I. Rouiba*

Etudié par :

*A. JDOUCDAR*

Dirigé par :

*GSEPIGA*

PROMOTION : *Juin 1986*

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

المدرسة الوطنية المتعددة  
المكتبة - BUREAU  
Ecole Nationale Polytechnique

أَعْمَانُ طَعْمِكُمْ لَوْ جِبْرِ  
اللَّهُ لَا نُدْرِيدُ  
مِنْكُمْ جَنَاءَ وَلَا  
شُكُورًا .

صَدَقَ اللَّهُ الْعَظِيمُ

D.E.D.I.C.A.C.E.S.

-A MA MERE ET MA PETITE SCEUR MERIEM .

J. ABDCU

INTRODUCTION

DANS LE CADRE DE LA POLITIQUE D'INTEGRATION ECONOMIQUE ,NOTRE PAYS ENTREPREND PLUSIEURS PROJETS DE MODIFICATION AUX SEINS DE SES STRUCTURES INDUSTRIELS ET ENTREPRISES . ET CECI DANT LE BUT D'ELIMINER AU MAXIMUM SON INDEPENDANCE ECONOMIQUE ET SURTOUT INDUSTRIELLE , ET FAIRE FACE A LETAT DE CRISE ECONCMIQUE ACTUEL .

POUR CELA ; NCTRE TRAVAIL CONSISTAIT A L'ETUDE DE REALISATION ET CONCEPTION DE CERTAINES PIECES VEHICULES IMPORTEES BRUTES ET D'ENVISAGER LA POSSIBILITE D'UNE MODIFICATION DE MATIERE PREMIERE ;UNE MATIERE PREMIERE ELABOREE DANS NOTRE PAYS .

L'EPANOUISSEMENT DU PAYS NE DEPEND PAS SEULEMENT DE L'APPORT TECHNOLOGIQUE MAIS AUSSI PAR PREUVE DE PRESENCE SUR LE TERRAIN ECONOMIQUE MONDIAL .

CETTE STRUCTURE ECONOMIQUE OCCIDENTALE QUI FAIT DES PAYS EN VOIE DE DEVELØPPEMENT ,DES PAYS SANS VOIE .

RESUME DE NOTRE ETUDE

CHAPITRE 1 :	ETUDE DESCRIPTIVE DES PIECES 672.707 <sup>a</sup> SUR SITE 734.049 <sup>b</sup> 699.174 <sup>c</sup>	1
CHAPITRE 2 /	ETUDE ET ESTIMATION DES CONTRAINTES MAXIMALES APPLIQUEES AUX PIECES CITEES . DETERMINATION DES REGIONS CRITIQUES AUX SOLLICITATIONS DYNAMIQUES.	7
CHAPITRE 3 /	ETUDE D'UNETAT DE SOUDURE: F.G.S -METAL D'APPORT . NON ACCEPTATION DES PIECES b-c ELABOREES EN F.G.S.	19
CHAPITRE 4 /	ETUDE METALLOGRAPHIQUE DE LA FONTE GRISE G.S 56.5 ELABOREE A LA S.N.V.I. C.V.I. ROUBA . COULEE DES PIECES b-c EN ACIER C.25 A LA C.V.I BERROUAGHIA	29
CHAPITRE 5 /	REALISATION DE LA PIECE J.FGS.672.707 -CONTROL . PROGRAMME "J.TT.FGS"-RELATION STRUCTURE _ :CARACTERISTIQUES MECANIQUE	49

## Chapitre I

- 1 / Autobus 100V8. Urbain
- 2 / Autocar 49V8. Inter-urbain.

1 / a / 100V8. Caractéristiques

b / Chassis 100V8. Sites des pièces

737.049 (A)

699.174 (B)

Descriptif (A)

Descriptif (B)

2 / a / Autocar 49V8. Caractéristiques.

b / Site de la pièce 672.707 (c)

Descriptif (c)

## Bibliographie

- Revue technique 100V8 C.V. I

- Revue technique 49V8 C.V. I

-AUTCBUS 100 V 8 -URBAIN

L'AUTOBUS 100 V 8 est l'une des productions que la SCNACOME (société nationale ~~XXXXXXXXXX~~ constructionmécanique) met sur le marché national actuellement .Il resouf, et d'une façon efficace le probleme du transport urbain et, en conséquence , plusieurs entreprises (RSTA) en sont des clients .

On ne peut dire de particulier sur la qualité du confort qui bien que moyen ,la nécessité passeavant la suffisance.

Parmis les caractéristiques du 100 V 8, il presente à l'interieur un plancher en bois backéalisé, deux portes de 61cm .

\_ Une commande electro-pneumatique

\_ Un reservoir d'air 40 litres ,commun avec circuits de suspension.

\_ Des glaces en verre de sécurité .

\_ MOTEUR 8cylindres en V ,alimenté par pompe à injection

\_ Boite à vitesse :type WILSON HVD à trains épicycloidaux.

N	1	2	3	4	AR
<i>Km/h</i> Vitesse max	13.5	22.5	38.5	60.5	11.7

\_ Essieux AR :type RI 6A à roues indépendantes.

\_ Chassis : conception structure autoportante en TREILLIS .

*- POIDS SUR ESSIEU A.V : MAX = 6000 Kg*

- Suspension mixte

La suspension mixte est composéé de ressorts (hélicoidaux a l'avant ) avec lames à l'arriere ,de barres de stabilisation \$ une à l'avant et une autre à l'arriere) et de coussins d'air (deux a l'avant et quatre a l'arriere) qui ont pour but d'assurer un meilleur confort et une hauteur constante par rapport au sol ,la charge étant quelconque .

\_ Transmission : Par arbre à cadran entre boite et pont.

\_ Direction :Diametre de balayage 21.6 m .En cas de defaillance du systeme hydraulique, la commande manuelle est suffisante pour assurer la conduite du vehicule .

-DESCRIPTIF DE LA PIECE 731.049

La piece occupe une superficie de 24x165 et sur une epaisseur de 90 .Elle presente des soudures auxniveaux 049-1 et 049-2. Elle est soudée au chassis(treillis) et presente un usinage au niveau 049-3.

Au niveau 049-2, une barre stabilisatrice y est soudée pour rejoindre le coté symétrique du véhicule (roue droite).

Elle est placée juste derriere la roue (vue de l'exterieur).Au deux points A et B est assemblé un des bras de la paire superieure du demi-train avant .Son role est de maintenir la roue en position aussi verticale que possible ainsi que du libre mouvement de suspension.

731.049		Acier doux M	Ech 1/2
BERLIET F.	Rôle : barre fixe du bras sup. de suspension	section max	365
		section min	5
		Voluma	
		masse brut	5200

-DESCRIPTIF DE LA PCECE 699.174

La piece occupe une superficie de 230x230 est sur une épaisseur minimale de 85 .Elle presente une soudure au niveau 174-1 seulement, au chassis (treillis) Elle presente aussi un usinage au niveau 174-2. La piece fixe le 2eme point (avant) du ressort lame.

Elle <sup>est</sup> placée avant la poue . Son role est de fixer ce point de lame sur lequel repose environ le 1/20 du poids du véhicule en circulation.

( 1/20 Moyenne supposée )

699.174		Acier doux M	Ech 1/2
BERLIET F.	Rôle Cadre chassis. fixation de fix point fixe Ress. Arriere .	section max	25
		section min	6
		voluma	
		masse brute	4900

-Les deux pieces en question sont peintes en rouge dans le but de les proteger contre les agents corrosifs.

chassis

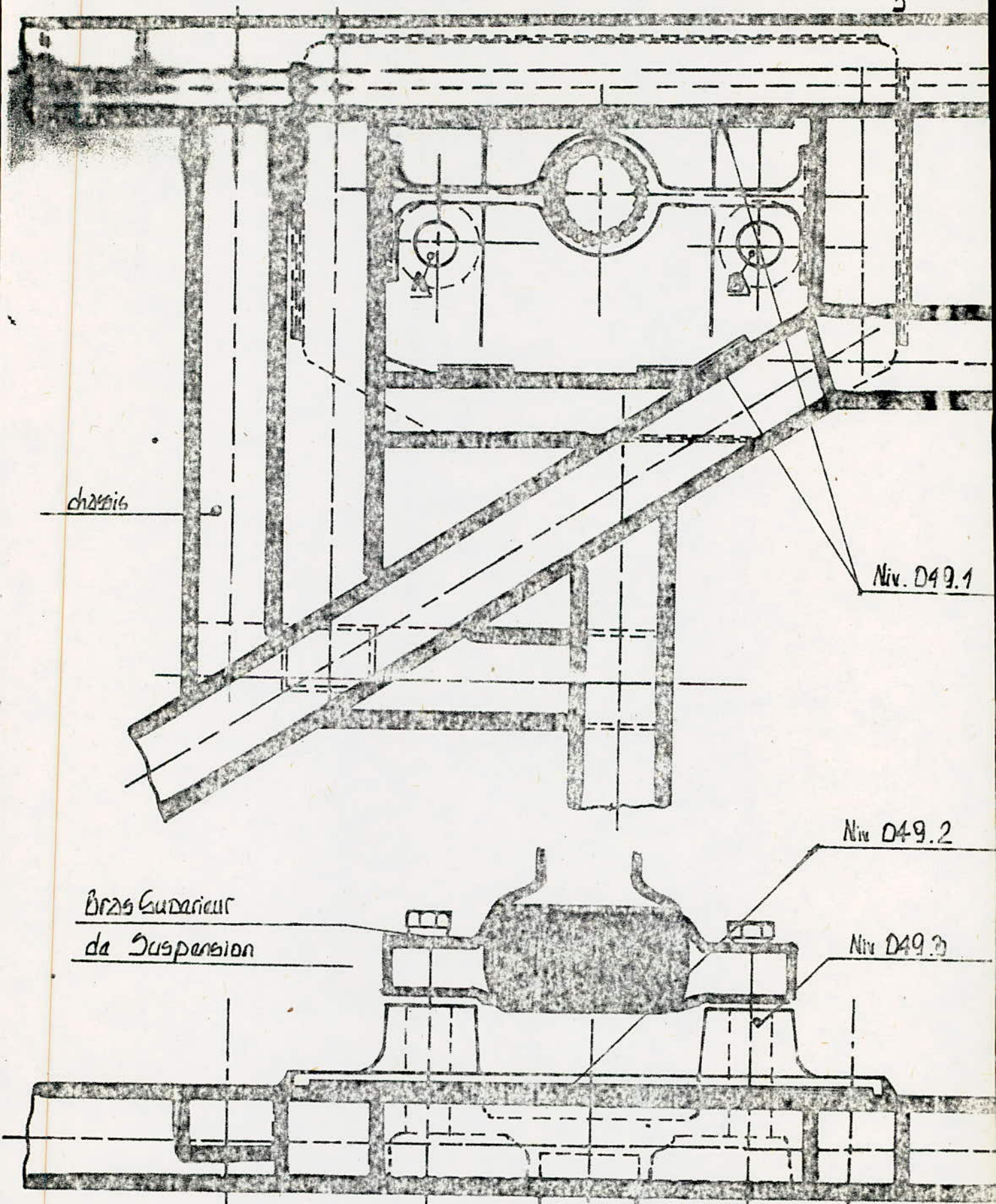
Niv. D49.1

Niv D49.2

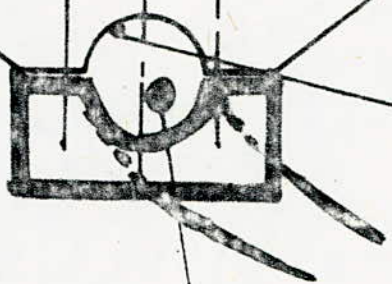
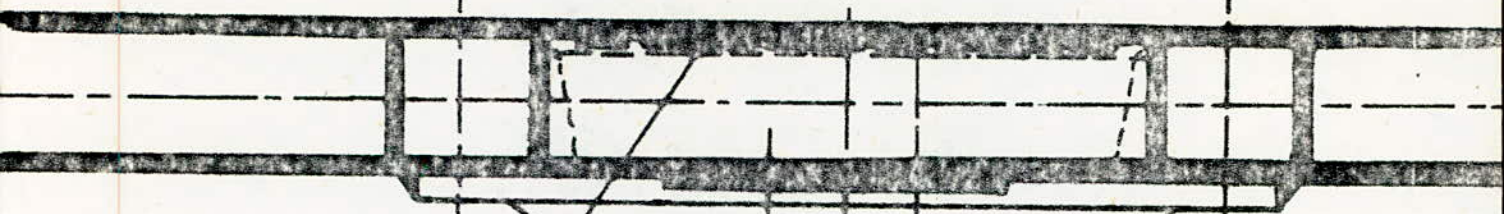
Bras Supérieur  
de Suspension

Niv D49.3

Ech 1/2. 731.049





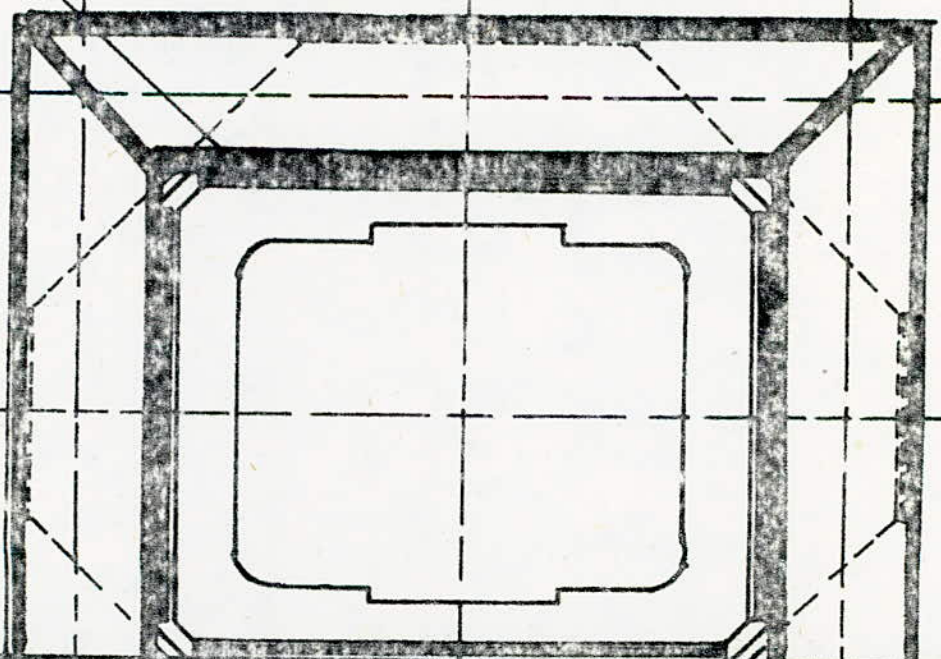


Niv. 174.2

Niv 174.1

Point fixe Rassort Ar.

2:1



châssis

699.174 Ech 1/2.

-AUTOCAR 49-V8 .URBAIN

C'est aussi une production de la C.V.I. Inter-urbain, il est surtout utilisé par les sociétés clientes pour le transport du personnel. Il a une capacité de 49 places et un confort moyen .

-CARACTERISTIQUES DE L'AUTOCAR 49.V8

\_boite a vitesse

6 vitesses avant entièrement synchronisées et une vitesse arriere.

N	1	2	3	4	5	6	AR
Vitesse <sup>km/h</sup> max	13	23	36	51.5	72	101	14.4

\_transmission

par arbre a manchon coulissant .

\_suspension:

Mixte , air-lames semi élliptiques à l'avant et à l'arriere amortisseur hydraulique et télescopique à double effet à l'arriere et à l'avant .

\_Pneumatique:

Roues avant simples , arriere jumelés .

-Chassis :

cadre droit constitué de deux longerons en tole d'acier emboutie en forme de "U" entretoisés par des traverses rivetées . Traverse centrale en X .

CHARGES ( KG )

V. TOURISME

V. LIGNE

Maxi autorisé	14000	14000
Essieu AV à charge	4800	4800
Pont AR à charge	9200	9200
Total à vide	9770	9220
Essieu AV à vide	3140	3000
Pont AR à vide	6630	6000

-DESCRIPTIF DE LA PIECE 672.707 (C)

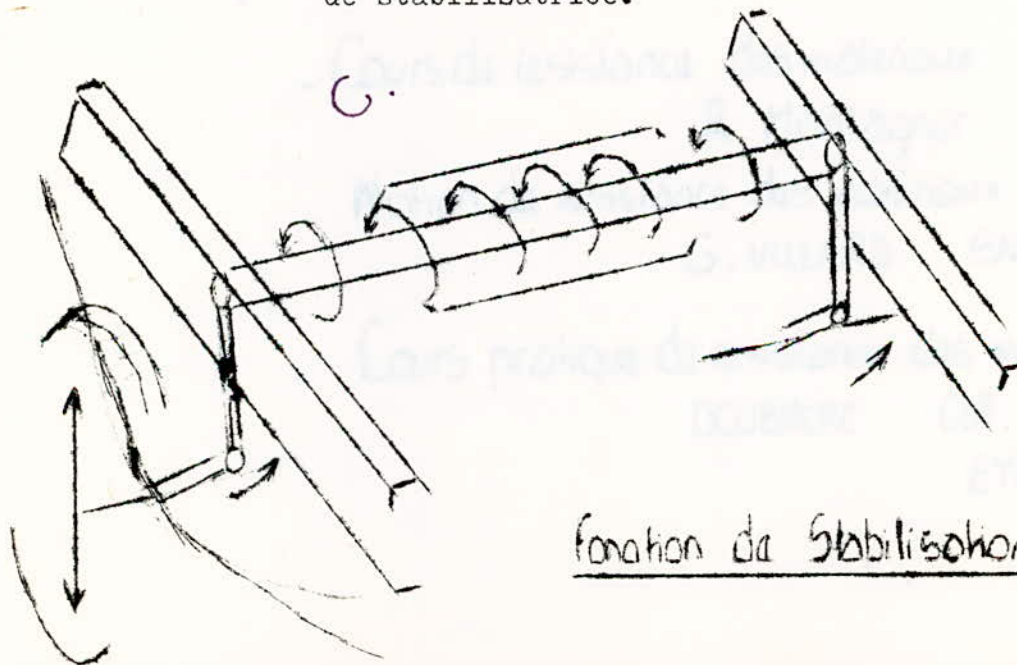
La piece occupe une superficie de 240.170 et sur une épaisseur de 60 (majorée) .Elle ne presente aucun état de soudure et elle est posée sur la lame - ressort .Sur laquelle est fixée le coussin d'air (Plan d'ensemble) Elle presente un usinage au niveau 707-1 et deux perçages aux niveaux 707-2 et 707-3. le 707-1 sert à fixer le coussin d'air et le perçage du niveau 707-3 à fixer la barre stabilisatrice (plan d'ensemble).

672.707		Acier doux M	Ech 1
BERLIET	Rôle	Section max 35	
	Suspension Au Ensemble guide à triar.	Section min 7	
	- Support bielle de stabilisation (Gauche)	Volume	
		masse brute 5500	

- Elle est placée derriere la roue avant (Plan d'ensemble) et en general, elle <sup>est</sup> sous état de compression. Son role est jointif ,fixateur, et stabilisateur .

-NIVEAU 707-3

La barre stabilisatrice a pour role de diminuer le denivellement des roues afin que le véhicule ait au maximum une position horizontale (parallement à la route). Pour cela ,les efforts de suspenssion sont transmis à la barre stabilisatrice qui sous effets de Torsion-Inertie, joue son role de stabilisatrice.



fonction de Stabilisation

## Chapitre II

- a/ Théorie de la résistance des matériaux  
 b/ Sollicitations sur site des pièces.

1/699.174

2/731.049

3/672.707

3.1 - Points critiques : Localisation

3.2 - Estimation des contraintes  
 appliquées

## Bibliographie

- Cours de résistance des matériaux.  
 R. MONTAGNER EYROLLES
- Notion de résistance des matériaux. Tome 1  
 G. VILLARD SNED. ALGER
- Cours pratique de résistance des matériaux.  
 DOUBRERE Coll. SC9  
 EYROLLES.

A/ELEMENTS DE RESISTANCE DES MATERIAUX

a/Statique : La statique est la partie de la mecanique qui étudie les conditions d'équilibre des forces appliquées à un point materiel ou à un corps solide .

b/Resistance des materiaux : La R.D.M etudie la stabilité (équilibre) des corps presentants certaines particularités de forme et qu'on appelle PIECES .

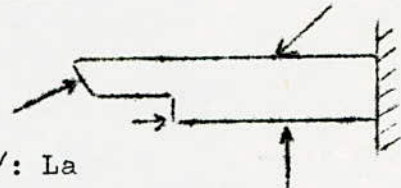
c/Forces appliquées aux pieces : La R.D.M étudie les pieces qui sont soumises à l'action de forces .Cependant ,nous etudierons seulement les forces extérieures au systeme choisie (piece).

Ils sont de deux types

- Forces directement appliquées .
- Réactions d'appuis .

d/ Forces directement appliquées :Se sont

- Forces concentrées:forces appliquées ponctuellement ou sur une surface relativement faible: ex.

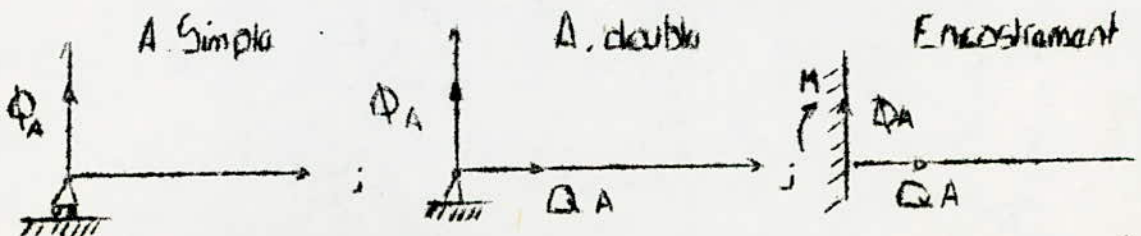


-Forces réparties /: La charge appliquée est un ensemble de forces réparties .Cette repartition peut etre uniforme (x) ou variable(xx) . Le lieu de repartition de la charge est appelée LIGNE DE CHARGE .



e/ Réactions d'appuis :Se sont des forces qui permettent d'équilibrer le systeme et évitent que la piece se déplace ,des obstacles appelés APPUIS .Lesysteme composé est un systeme équivalent à zéro.

On distingue :Appuis simples,double (Fig 1.2.3)



f/ Effort normal, tranchant, fléchissant

Considérons le système de forces suivant :



-Effort NORMAL "N" est égal à la somme de projections sur l'axe de la pièce de toutes les forces appliquées .

-Effort TRANCHANT "T" est égal à la somme des projections de ces memes forces sur Oy .

-Le moment FLECHISSANT est égal à la somme des moments des deux forces par rapport au point G .

g/ Diagramme N.T.M : Chacun des efforts pour un système isostatique doit vérifier :

$$\sum M(x) = 0 ; \sum T(x) = 0 ; \sum N(x) = 0 .$$

-Relation T-M : En tout point , autre que le point d'application d'une force concentrée, l'effort tranchant est égal à la dérivée du moment fléchissant par rapport à l'abscisse du point considéré .

-Diagramme N.T.M: En considérant chacun des efforts, ils sont fonction de l'abscisse x :  $N=N(x)$ ,  $T=T(x)$ ,  $M=M(x)$  .

On définit pour cela , des diagrammes pouvant nous renseigner d'une façon directe sur la répartition des efforts et la localisation des points critiques le long de la pièce.

-MECANIQUE ET RESISTANCE DES MATERIAUX

Le calcul d'effort et la realisation des diagrammes N.T.M ne suffisent pas pour décider de l'équilibre de la piece ( équilibre statique), cependant ,la piece ou le corps constituant la piece doit etre caracterisé par certains parametres qui sont liés à sa structure .Ces parametres lui attribuent ce qu'on l' on appelle EQUILIBRE STATIQUE ELASTIQUE .Dans ce cas , on ne doit pas seulement verifier la stabilité du systeme mais aussi sa solidité sous l'effet des charges appliqués .

EQUILIBRE ELASTIQUE ,CONTRAINTE

L'equilibre élastique est l'équilibre qui assure la stabilité et la solidité du systeme .

La contrainte est une pression définie par la variation de la force élastique par unité de surface .

On en distingue deux types :

- Contrainte normale  $\sigma$
- contrainte tangentielle  $\tau$

LOI DE HOOKE

La deformation en un point est proportionnelle à la contrainte normale.

$$\sigma = E \delta n \quad ; \quad \tau = G \delta t \quad \left| \begin{array}{l} E : M. d'YOUNG \\ G : M. de COULOMB \end{array} \right.$$

CONTRAINTE ADMISSIBLE-TRACTION  $[\sigma_t]$

Il est preferable et dans un but sécuritaire que la contrainte admissible soit inferieure à la limite élastique car il est fort possible que des imprevisions de structure aient lieu .

On définit ainsi un coefficient de sécurité  $\mu /$

$$\sigma_{el} = \text{limite élastique} , \quad [\sigma_t] = \sigma_{el} / \mu \quad (\mu = 1.5)$$

5

CONTRAINTE ADMISSIBLE-COMPRESSION ( Pieces courtes )  $[\sigma_c]$

Pour un acier doux ,il existe un domaine équivalent à la traction . On en distingue des valeurs analogues .

La fonte resiste mieux à la compression que l'acier doux .  $[\sigma_c] > [\sigma_t]$  .

$$[\sigma_c] = E \cdot \sigma_{el} \quad E_{1/2} \cdot 1/3$$

CONTRAİNTE ADMISSIBLE DE CISAILLEMENT

Une valeur maximale de contrainte tangentielle  $\tau$  se trouve évidemment au point où  $T$  est maximale, ou  $\Omega$  surface soumise est faible. La valeur admissible  $[\tau]$  est prise comme:

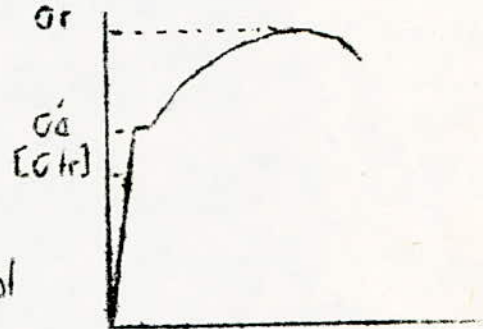
$$[\tau] = 4/5 \text{ Min } [\sigma_c], [\sigma_c'] \quad \text{Par une fonte } [\tau] = 4/5 [\sigma_c] \text{ car } [\sigma_c] > [\sigma_c']$$

RESUME

-CONTRAİNTE ADMISSIBLE DE TRACTION

$$[\sigma_{tr}] = \sigma_{\text{élast}} / \mu \quad \mu = 1/5$$

Aussi  $[\sigma_{tr}] = \sigma_{\text{rupture}} / \mu'$   
 $\mu = 5$   
 en général



-CONTRAİNTE ADMISSIBLE DE COMPRESSION - Pièces courtes

$$[\sigma_{comp}] = \sigma_{\text{élast}} / \mu \quad \mu = 1/2 - 1/3$$

$$= \sigma_{\text{rupture}} / \mu' \quad \mu' = 1/5 - 1/10$$

Par une fonte,  $\sigma_{\text{élast}} \approx 5 \cdot \sigma_{\text{rupture}}$

-CONTRAİNTE ADMISSIBLE DE CISAILLEMENT

$$[\tau] = 4/5 \text{ Min } ([\sigma_{tr}], [\sigma_{comp}])$$

Par une fonte  $[\tau] = 4/5 [\sigma_{tr}]$

-CONDITION DE STABILITE

Il faut toujours vérifier que les contraintes maximales sont inférieures aux valeurs admissibles.

$$\begin{aligned} \max \sigma_{tr} &\leq [\sigma_{tr}] \\ \max \sigma_{co} &\leq [\sigma_{co}] \\ \max \tau &\leq [\tau] \end{aligned}$$



## SOLLICITATIONS MECANIQUES DE LA PIECE 699.174

On a considéré le cas le plus défavorable ,la piece sur site presente un état de compression au niveau (a) ,ou s'appuie le point avant de la lame ressort et en conséquence ,l'état le plus défavorable sera considéré comme suit

On a considéré que la charge totale arriere reposait sur deux appuis au lieu de quatre .  
( état au virage ) .

P:CHARGE TOTALE AR. 10800 KG

S:SURFACE D'APPUI

$$S = 32.15 \times 25.7 = 826.25 \text{ mm}^2$$

N1:Nombre d'appuis

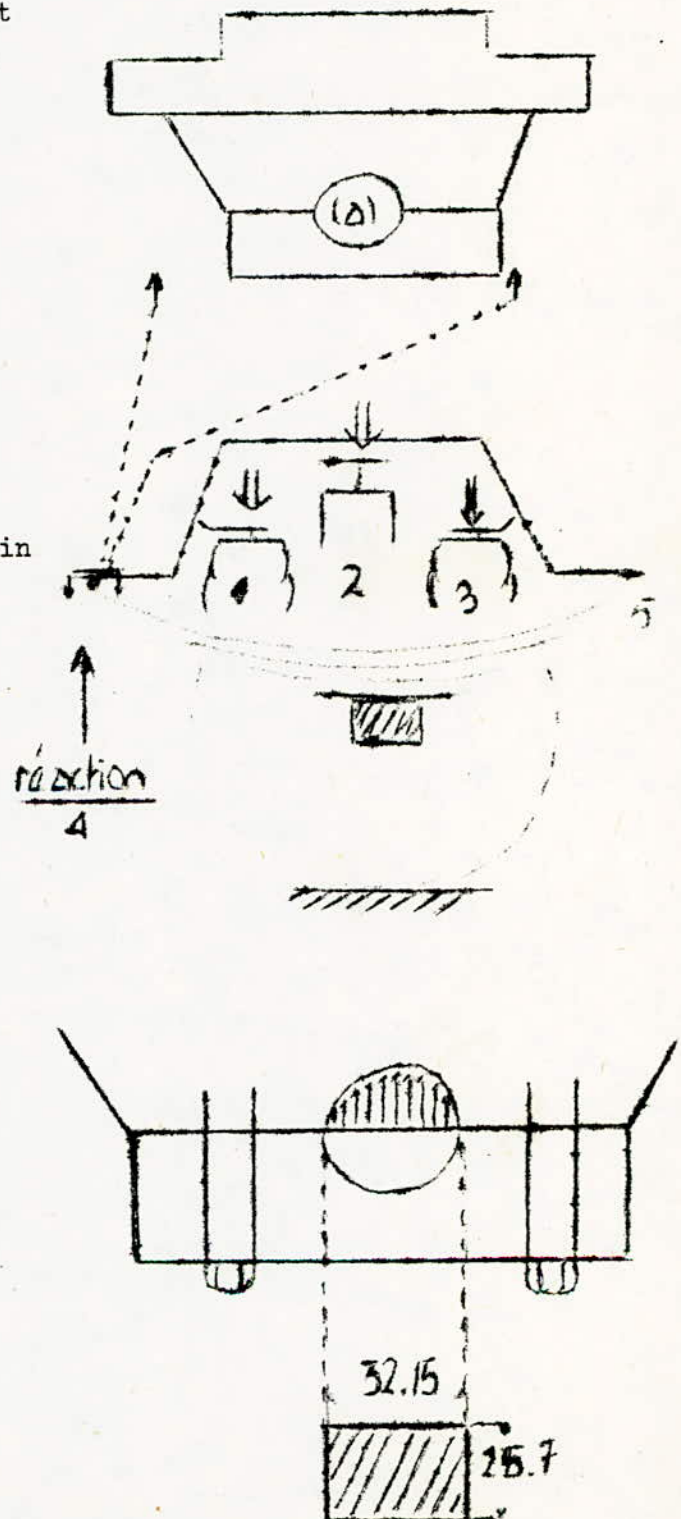
$$N1 = 2 \text{ ( deux appui 4.5 )}$$

L'effet de l'amortisseur et du coussin d'air nul ).

N2=2 (La piece a deux surfaces de contact ) .

$$\Rightarrow \sigma = P/S = 10800 / 826.25 \text{ N/mm}^2 \\ = 3.26 \text{ Kg/mm}^2$$

max de compression estimée  
= 3.26 KG/MM2



SOLLICITATIONS MECANQUES DE LA PIECE 731.049

Je considere le cas le plus défavorable pour determiner les sollicitations maximales ,et en conséquence ,lorsque le vehicule à tendance à prendre un virage .

La chage P s'oppose aux frottements qui par suite, represente la valeur de l'inertie centrifuge . (Fig b,c ) . qui s'applique au niveaux a1 ,b1 .

Pour determiner la contrainte maximale ou avoir une estimation de sa valeur ,il suffit de considerer comme cas défavorable un virage à grande vitesse .

Au virage limite,on a

$$R=21.6 \text{ m}$$

M= 6000 Kg (on suppose que le vehicule prend un virage sur presque deux roues seulement )

$$V=80\text{Km/H} = 22.22\text{m/s} .$$

n=1 ( une roue supposée résiste )

$$P=MV^2/R = 13715 \text{ dan}$$

R=P/8 (il y a 8 points de traction) .

$$R= 1715 \text{ daN}$$

Il y a état de traction aux points a1 ,b1, la contrainte estimée moy. maximale est :

$$\sigma = 1715 / (9.9 \cdot \pi) = 6.74 \text{ Kg/mm}^2$$

estimée

$$( S = \pi R^2 = 9.9 \cdot \pi )$$

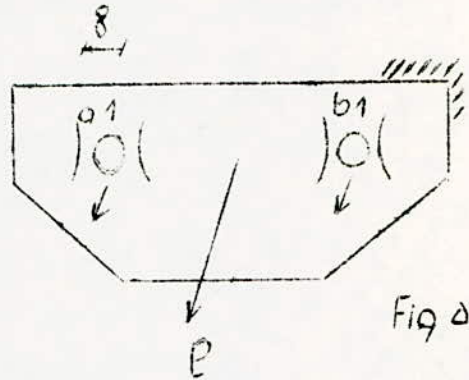


Fig a

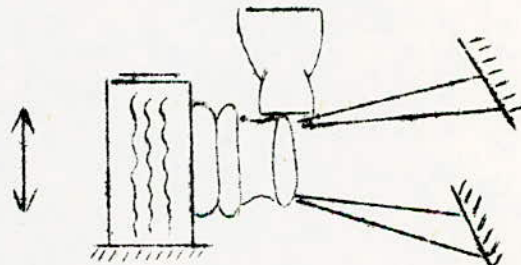
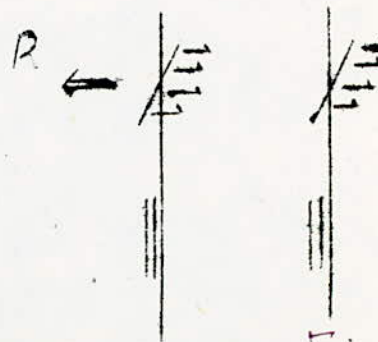


Fig b



Au virage

Fig c

SOLLICITATION MECANIQUE DE LA PIECE 672.707

Cette piece presente quatre lieux qui peuvent etre considerés comme dangereux ,assez importants pour que les charges dynamiques puissent avoir un effet :Charges qui sont en grand rapport avec la resistance du materiau et en conséquence sa resilience .

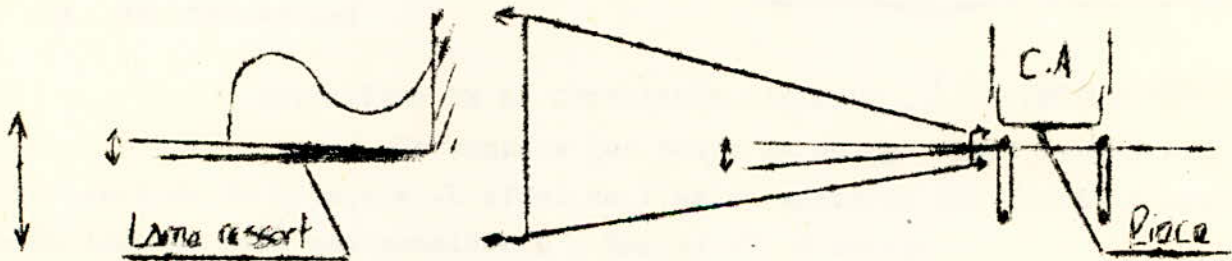
ou choc

LIEU 1

Etat de compression sur presque toute la surface de la piece (Dessus:Lame ressort.Dessus:Coussin d'air .).

LIEU 2

On suppose qu'il puisse y avoir des sollicitations dynamiques assez importantes et cela lorsque la lame ressort est assez comprimée ou en position limite , ce qui fait un angle de jeu .



LIEU 3

La bielle de la barre stabilisatrice :sous l'effet des charges dynamiques ,peut presenter un état critique : Une flexion complexe brusque, au cours d'un soulèvement instantané de la roue ou denivellement de l'essieu .

LIEU 4

Un usinage ou est assemblé le coussin d'air . On pense que l'intensité du probleme est minimale de ce coté la .

NOUS ALLONS ETUDIER CHACUN DE CES LIEUX ET LEURS ETAT DE CONTRAINTE AFIN D'AVOIR UNE ESTIMATION SUR L'EFFET DES EFFORTS DYNAMIQUES . POUR POUVOIR AUSSI ESPERER L'ETAT DE CHOC SURTOUT DANS LES LIEUX . 2 ET 3 .

## -LIEU 1/ ETAT DE COMPRESSION DE LA PIECE

Surface de contact : Piece-Coussin d'air.

Surface du coussin d'air S

$$S = \pi R^2, R = 70 \text{ mm},$$

$$\Rightarrow S = 153.94 \text{ cm}^2$$

Le coussin d'air (partie inferieure)  
est en contact avec la piece sur  
une surface S2 /

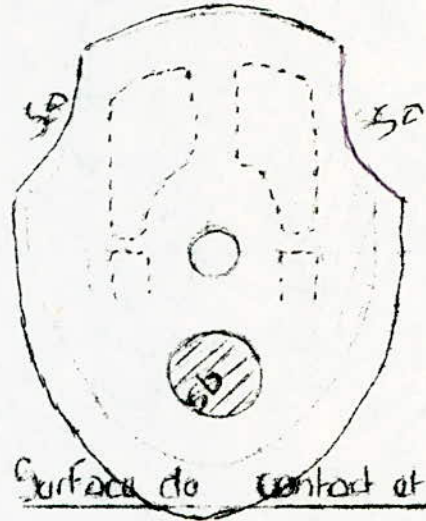
$$S2 = S - S_b - 2S_a \quad (\text{Fig c})$$

$$S_a = 6.99 \approx 7 \text{ cm}^2$$

$$S_b = \pi R^2 = 5.515 \text{ cm}^2$$

$$(R = 1.325 \text{ cm})$$

$$\Rightarrow S2 = 134.424 \text{ cm}^2$$



## ESTIMATION DE LA CONTRAINTE MAXIMALE . (Cas defavorable)

On suppose que toute la charge avant repose sur  
cette surface de la piece .L'effet de l'amortisseur et des points d'appui  
de la lame ne sont pas considerés . Essieu AV. à charge

$$\text{On a } P: \text{Charge} = 4800 \text{ KG}$$

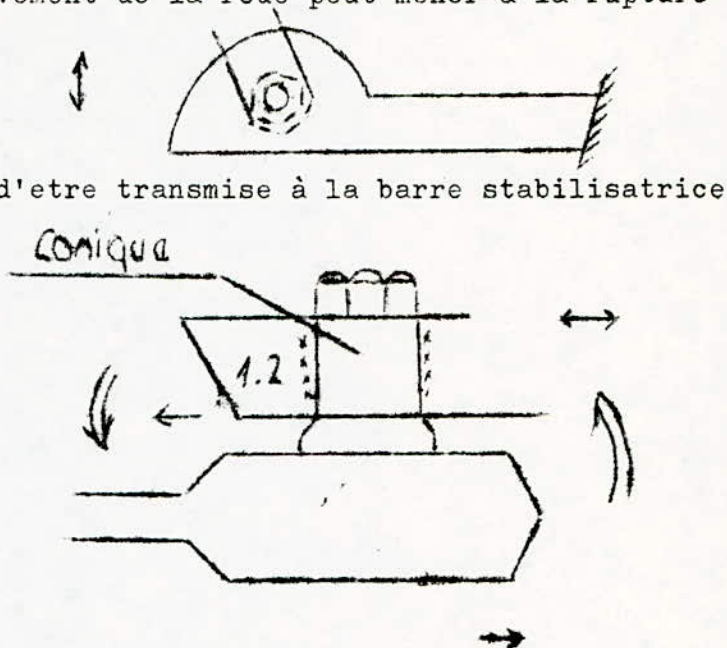
$$\begin{aligned} \text{D'ou :} \quad & \text{max. de compression estimée .} \\ & = P/S2 = 4800/134.425 \\ & = 0.3570 \text{ KG/mm}^2 . \end{aligned}$$

On remarque bien, que meme dans un cas defavorable comme celui-ci,  
la contrainte de compression est assez faible devant la contrainte admissible .

## -LIEU 3: EFFET DYNAMIQUE DE LA BARRE STABILISATRICE

Ce niveau presente un point très dangereux dans l'état dynamique du systeme .Un brusque soulevement de la roue peut mener à la rupture de la piece au niveau 1.2 .

La cause principale en est que l'énergie emmagasinée et d'une façon instantannée n'ait pas le temps d'être transmise à la barre stabilisatrice qui elle la dissipe sous forme reaction TORSION qui se transmet ensuite à l'autre roue provoquant ainsi son soulevement du niveau du sol .Aussile véhicule gardera toujours son état horizontal stable .Cependant, si jamais un jeu mécanique se presentait à ce niveau (couple de serrage non respecté ), toute cette energie travaillera en choc .En resultat ,un risque absolument certain de rupture.

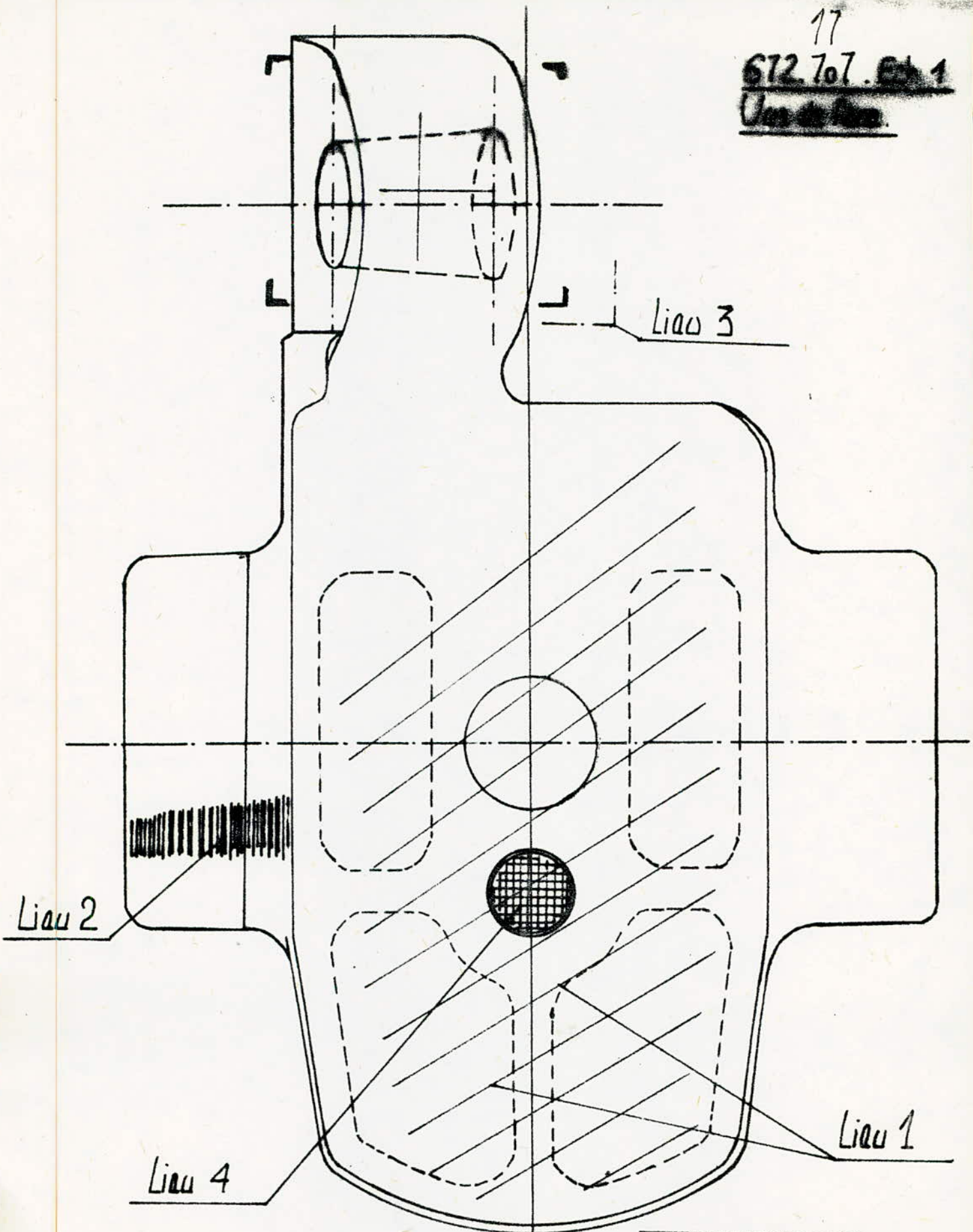


Etat dynamique dans la region 3.

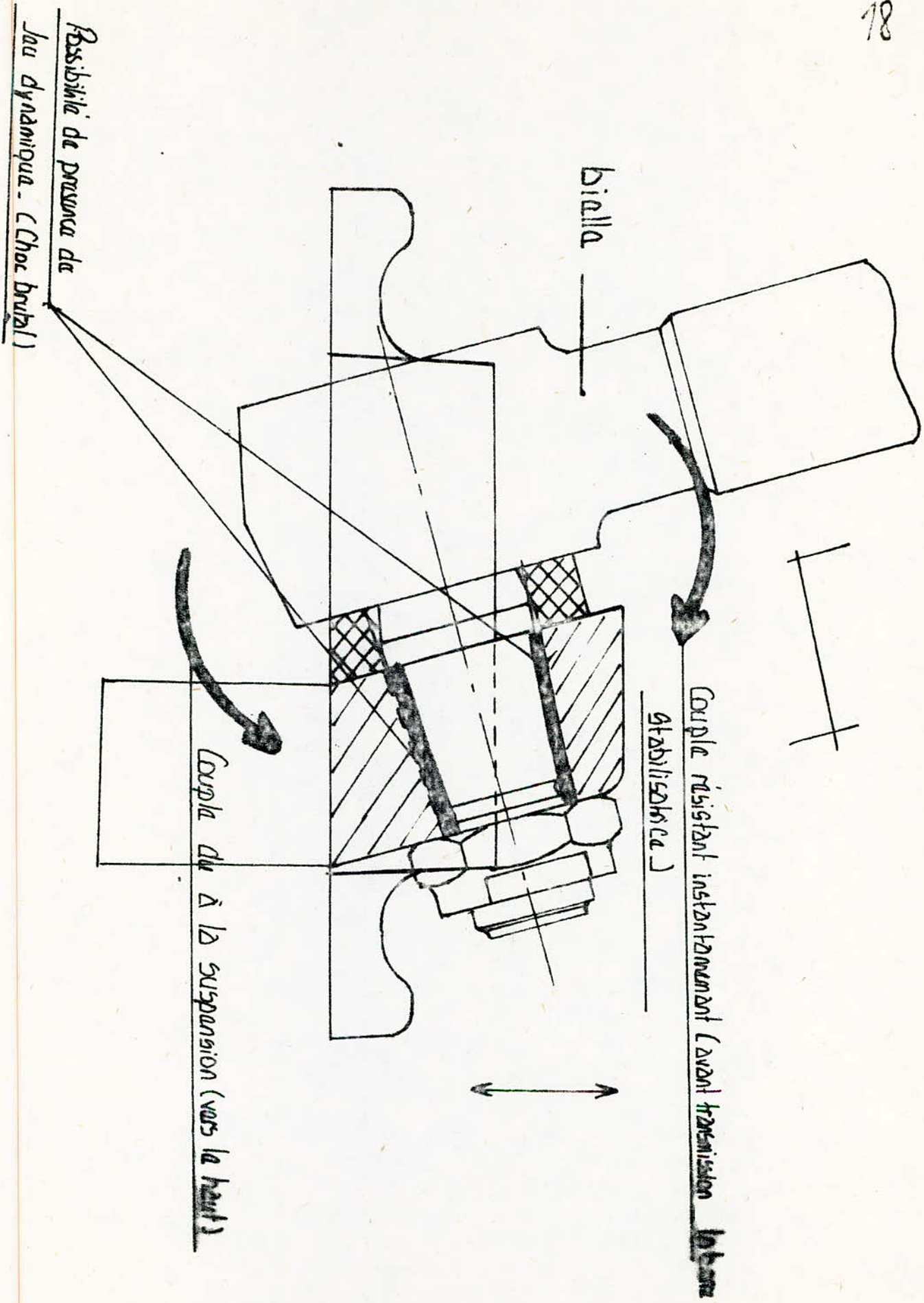
Malheureusement, on ne peut proceder à des calculs de contraintes ou simulation de cet état dynamique.La seule reponse affirmative et de proceder à un essai sur site .

17

672.707. Ex 1  
Unid. No.



Liaux Sollicitas



Couples résistants instantanément (avant transmission) (avant stabilisatrice)

Couples due à la suspension (vers le haut)

Possibilité de présence de jeu dynamique. (Choc brutal)

## Chapitre 3

- Généralités : Notion de Soudure.
- Partie expérimentale
- Résultats
- Conclusion : Non élaboration de la pièce A et la pièce B on F65.565

## Bibliographie

- Projet de fin d'étude 33.85.
- Métallurgie de Soudure R. SNVI.

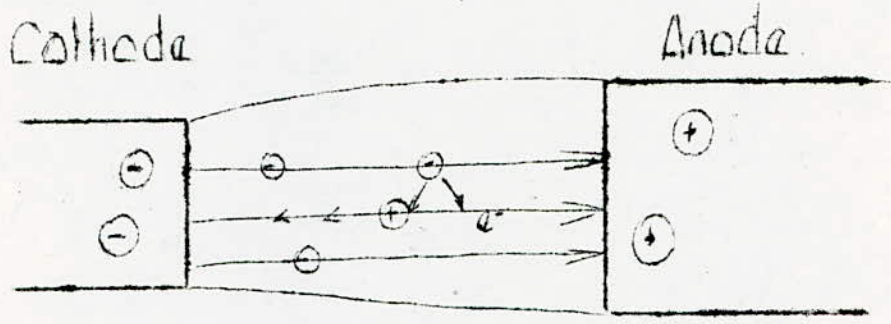


-GENERALITES

Le procédé de soudage à l'arc s'est considerablement developpé dans de nombreux domaines et secteurs industriels tels que charpente metallique ,ponts ,appareils de levage ,reservoirs sous pression navires,pipe line etc... .

La source d'énergie est du type électrique ,la quantité de chaleur dégagée pendant l'amorçage de l'arc électrique entre le fil électrode et les pieces à assembler permet une fusion instantannée des bords des pieces à souder et du métal d'apport .

-PRINCIPE



-FIL ELECTRODE :METAL D'APFORT

Les fils sont de nuances approchées à la nuance de l'acier à souder ,le diametre varie entre 2 et 6mm en fonction de l'intensité du courant . les fils sont livrés en forme de bobine de plusieurs centaines de metres ,generalement recouverts par une pellicule de cuivre ,ceci les protege la corrosion superficielle pendant le stockage ,et permet un contact facil pour l'arrivée du courant .

-Fil en acier doux; ELECTRODE E.L 12 Diametre 2-6

\_Composition chimique :

C: 0.17 , Si: 0.02 , Mn: 0.5

\_Caracteristiques mecaniques :

Rr : 550 - 450 N

Re : 470 - 550 N

### -CHOIX DU METAL DE BASE

Le choix du metal de base pour une telle conception depend de plusieurs facteurs économiques, metallurgiques et constructifs. Il doit satisfaire à un certain nombre d'exigences qui conditionnent une bonne qualité de fabrication ,telque :

- meilleure soudabilité possible
- composition chimique adéquate

Le metal de base doit assurer:

- .Stabilité de l'ensemble
- .Stabilité fonctionnelle
- .Stabilité reglementaire (condition de travail climatique ) .

### -INFLUENCE DES ELEMENTS SUR LA SOUDABILITE .

L'apptitude au soudage depend de la composition chimique ,dans le sens qu'ils sont les éléments constitutifs de la matiere de base .Cependant ,en raison du phenomene de dilution , la composition chimique du joint soudé peut varier au regard de celle du metal de base ,par l'utilisation d'un metal d'apport ayant des caracteristiques chimiques et mecaniques differentes .

### -INFLUENCE DU CARBONE

Il accroît la resistance à la rupture et la dureté .sa teneur ne doit pas dépasser 0.25% en general , car il favorise lors du cycle thermique la presence de la martensite dans le metal de base de la zone affectée par la chaleur . Audela de 0.8% ,le le soudage des aciers est prospere .

Le soudage des pieces à forte epaisseur ou dont la teneur en carbone est élevée sera effectué avec prechauffage , ce qui permettra d'écarter les risques de fissuration .

### -INFLUENCE DU MANGANESE

Sa presence pour une teneur 0.9-1.5 dans les aciers ameliore la soudabilité .Element gammagene ,favorise la trempe des aciers ,desoxydant énergique .

## -INFLUENCE DU SILICIUM

Sa teneur est limitée à 0.5% car il augmente la sensibilité à la fissuration lors de la soudure .mais il reste intéressant jusqu'a une teneur de 1.1% car il améliore la ductilité .

## -INFLUENCE DU NICKEL

Améliore la plasticité et la ductilité (-1%) , mais sa teneur dépassant 3% ,il affecte la fragilité de l'assemblage

-Aluminium :Action benefique sur les dimensions des grains ( Affinage )

## -Influence des IMPURETES

## -SOUFRE

Donne la formation de Fe-S aux joints des grains et augmente la sensibilité à la fissuration du metal.

-

## PHOSPHORE

Augmente la fragilité par formation de Fe-P

## RESUME

Syb.Met	Syb.Ch	Rr	Re	A %	HB	K	Soudab.	Resist.Corr.
C	C	++	+	=	++	-	-	o
M	Mn	+	+	-	+	-	o	+
S	Si	+	+	-	+	=	-	-
N	Ni	+	+	o	+	+	+	+
U	Cu	o	o	o	o	o	o	++
A	Al	o	o	o	o	-	o	o
F	S	-	-	o	-	-	=	o
P	P	+	+	=	+	=	-	-

++ Influence forte positivement , -- Influence forte négativement, o Influ.nulle

-METAL DE BASE

Lasoudabilité est l'apptitude d'un metal à etre assemblé par soudage ,qui assure la continuité metallique du materiaux.

-SOUDABILITE DES ACIERS

Elle depend de la teneur en carbone , si  $C_{max}=0.23\%$  les aciers sont parfaitement soudables .

-----

PARTIE EXPERIMENTALE

1/ PREPARATION DES ECHATILLONS

- SCUDURE ACIER C.25 - METAL D'APPORT

-SOUDURE F.G.S - METAL D'APPORT

2/EXAMEN MICROGRAPHIQUE

3/ANALYSE SPECTRALE :EVOLUTION DE LA COMPOSITON  
CHIMIQUE DE LA ZONE SCUDEE F.G.S - METAL D'APPORT .

5/ CARACTERISTIQUES MECANIKES DE LA ZONE SOUDEE .

6/ CONCLUSION

-----

CHANGEMENT DE LA COMPOSITION CHIMIQUE DE LA ZONE SOUDEE .

Le metal d'apport de la zone soudée se mélange avec le metal de base en vertu du phénomène de dilution .

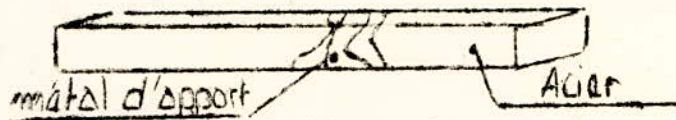
D % = 100.  $\frac{\text{masse du metal de base fondu}}{\text{masse de toute la zone fondue}}$

Ce facteur permet d'apprécier la composition chimique de la zone fondue

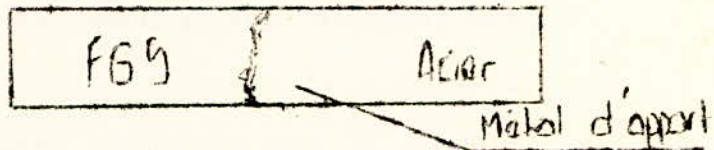
PREPARATION DES ECHANTILLONS

a/ acier -acier ( Metal d'apport )

On a préparé un échantillons soudé de dimensions voisines aux dimensions des lieux soudés sur site .



B/ fonte G.S - Metal d'apport



EXAMEN MICROGRAPHIQUE

a/ acier-metal d'apport

Avec le NITAL comme attaque chimique , on a pu distinguer 4 zones . ( NITAL 95% CH3COOH- 5% HNO3 )

- 1-Zone: metal de base, structure non changée.
- 2-Zone: zone affectée par la chaleur ,il y a eu changement de structure .
- 3-Zone: zone fondue .
- 4-Zone/ frontiere .

Microdureté VICKERS .On a pri des microduretés le long de la zone METAL D'apport -ACIER avec un pas de 1/2 mm (FIG. V)

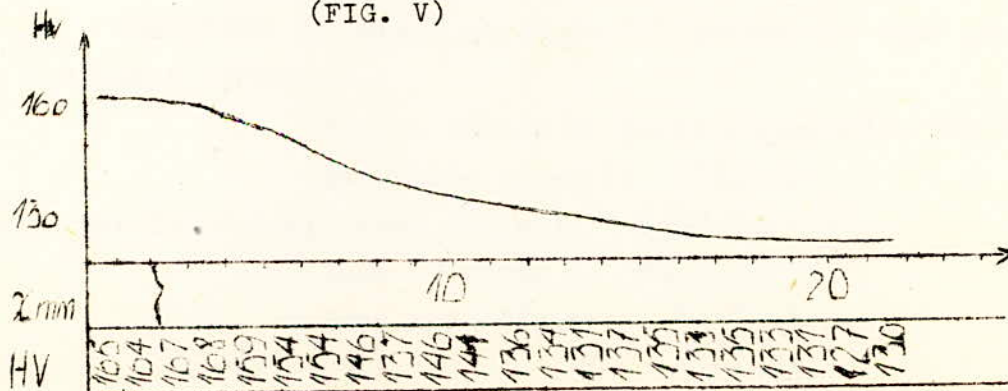


FIG. V

-ESSAIS MECANIKES: Effectués sur la zone soudée

$R_c$ (daN/mm <sup>2</sup> )	$R_a$ (daN/mm <sup>2</sup> )	A%	K (daN/cm <sup>2</sup> )
47	29.27	-	-

EXAMEN MICROGRAPHIQUE: FONTE: G.S-Metal d'apport.

a/ Micrographie

On avait préparé la zone soudée FGS-Metal d'apport  
comme suit :

- Polissage
- Microscopie sans attaque
- Microscopie avec attaque ( NITAL)

CONSTATATIONS

Une nette dégenérescence du graphite qui a tendance  
à donner une forme déchiquetée (La sphéroidisation est perdue).

Une augmentation de la surface de l'auréole autour  
du graphite qui est devenu un mélange de perlite et de cémentite Fe<sub>3</sub>C .

La présence de cémentite est due à:

- Enrichissement de la zone en carbone .
- refroidissement assez rapide . (épaisseur

faible de l'échantillon et en conséquence de la pièce

Une hétérogénéité structurale qui conduit à une fragilité  
locale (Hétérogénéité chimique et présence de cémentite qui est une structure  
fragile .

b/ Microdureté: Analyse des différentes zones observées

RESULTATS : (Masse utilisée 200 grammes) - Voir photos

FRONTIERE F.G.S-M.D'APPORT-

Oreole formée de perlite-cémentite 540 HV  
structure orientée 310 HV

Zone affectée par la chaleur (coté fonte ) 440 HV

Zone affectée 440 HV

Zone non affectée 380 HV

Metal d'apport 380 HV

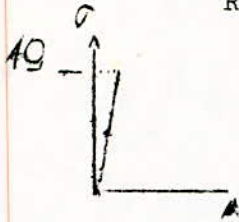
( Voir photos)

## CARACTERISTIQUES MECANQUES DE LA ZONE SOUDEE F.G.S-M.D'apport

## -Essai de traction

On avait réalisé 5 éprouvettes soudées, 3 par le meme soudeur et 2 par d'autres. L'éprouvette présentait deux parties F.G.S et acier. (Métal d'apport)

## RESULTATS



Epr.	1	2	3	4	5
σ (rupt)	26	27	19	22	21

daN/mm<sup>2</sup>

On n'a pas pu remarqué de domaines plastiques, c'était toute des ruptures brutales.

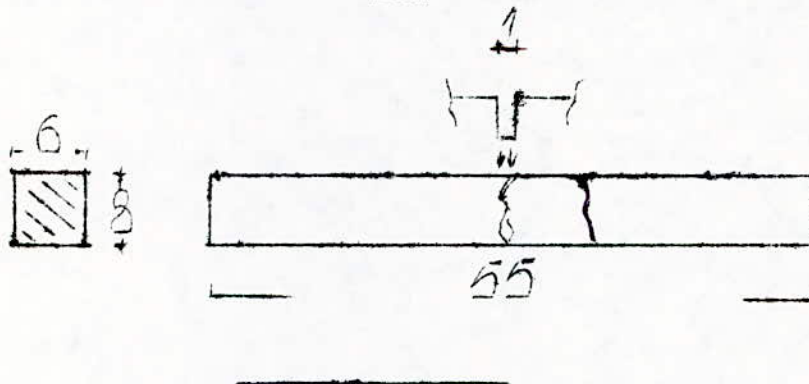
$$\sigma_{\min} = 19 \text{ daN/mm}^2$$

## -Essai de resilience

On avait préparé une éprouvette normalisée et l'usinage de l'entaille était fait au niveau de la soudure.

## RESULTATS

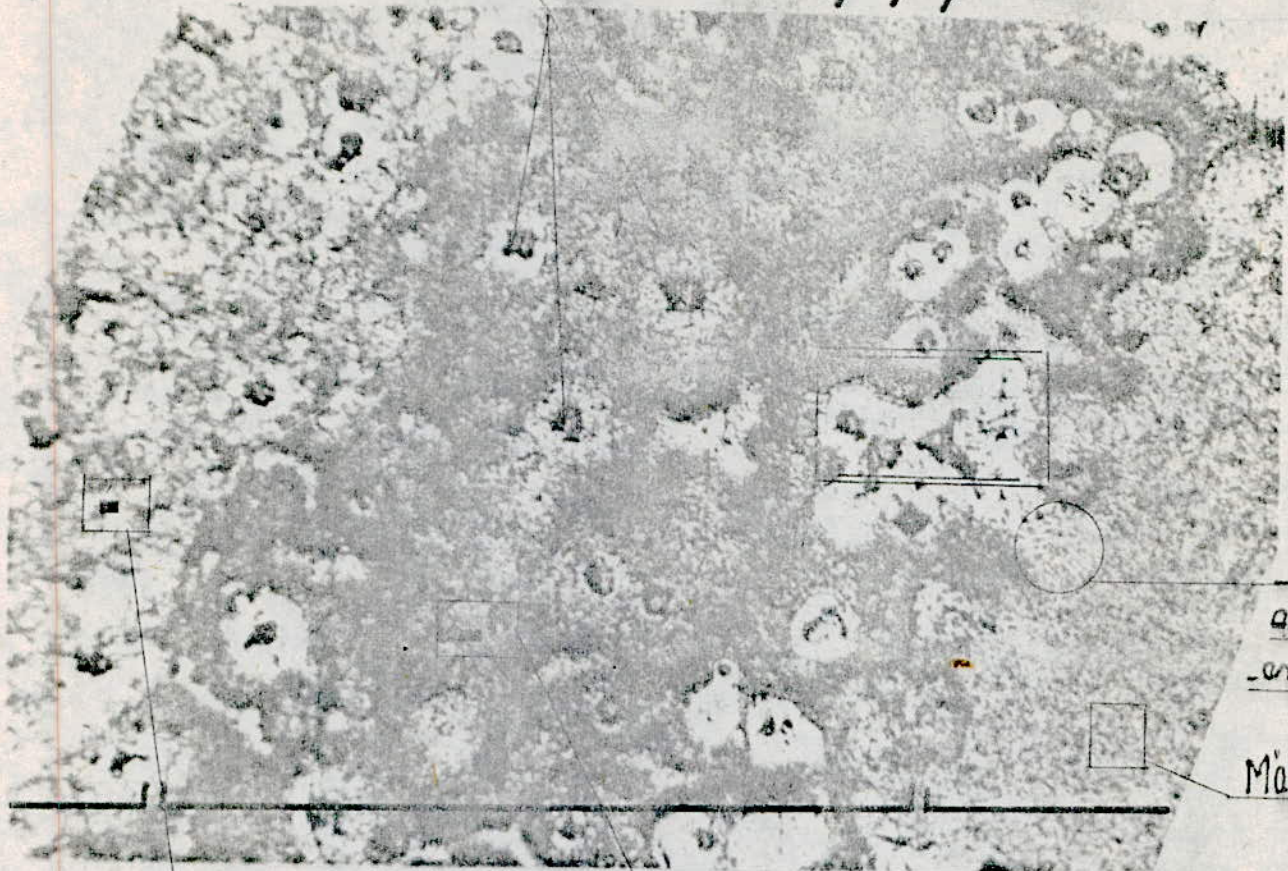
Ep	1	2	3	4	5
K	2	0.41	1.2	0.72	0.47

daJ/cm<sup>2</sup>

Graphite



27



G:100

Mélange  
qui a été traité  
-ent liquifida

Métal d'apport

Zone non affectée

Zone affectée par la chaleur



G:250

En haut : Distinction de -

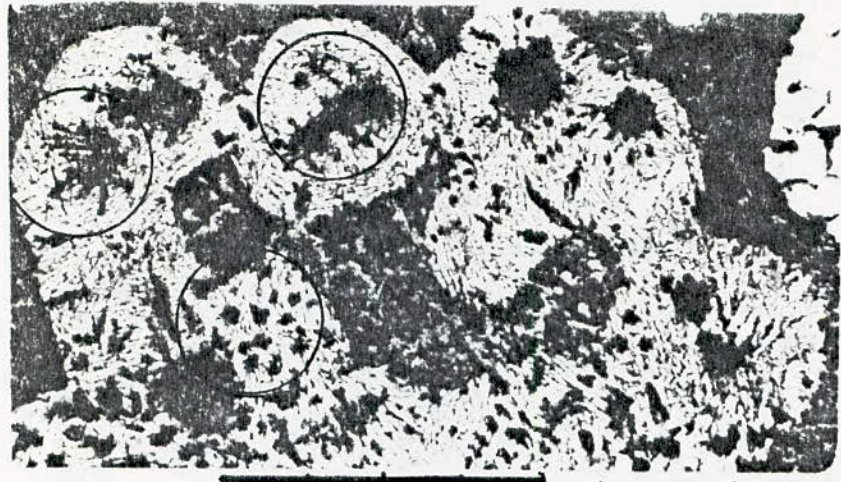
- . Métal d'apport
- . Zone affectée par la cha
- . Zone non affectée - F.G.S

← . Zone frontiera





Déchiquettement du Graphite qui forme autour de lui une zone riche en carbone et orientée vers la matrice d'apport. (Zone moins riche en Carbone.)

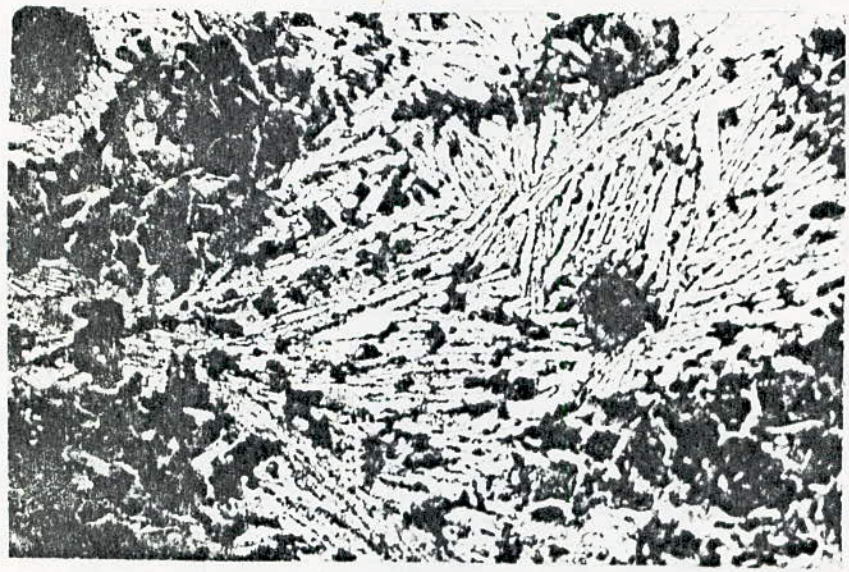


G: 250      ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ Vars M. d'apport

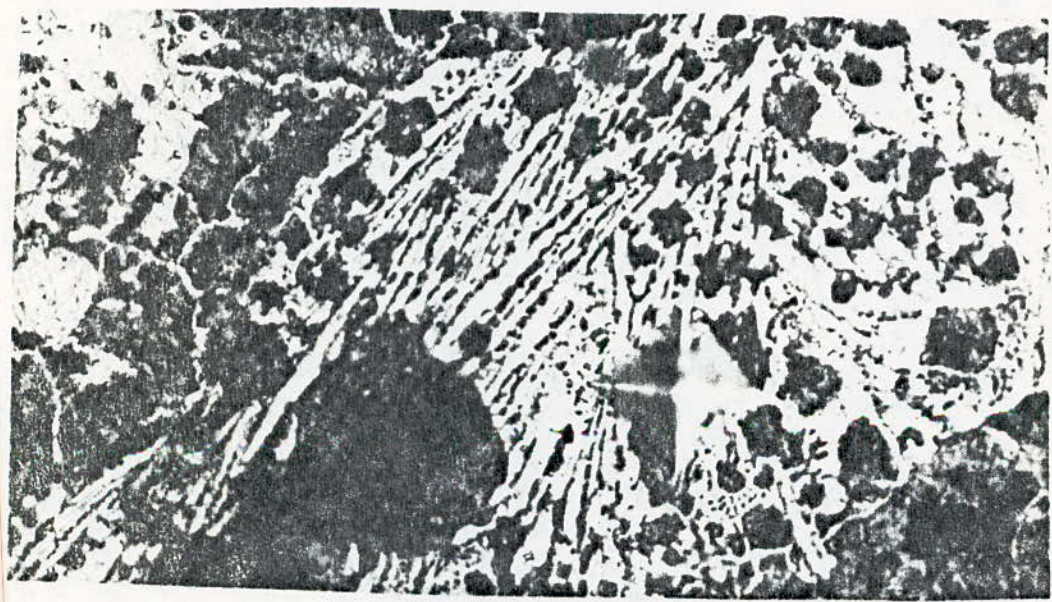
Attaque à l'acide Picrique

(l'attaque à l'acide picrique a fait reconnaître la présence en grande partie de fa3C. Aussi on doute la présence d'autres carbones (C5i en ex.)

A. / Diffusion du carbone aux premiers instants.



G: 500



G: 1000

la graphite se décompose en petites sphéroïdes ou amas

CHPITRE . ETUDE METALLOGRAPHIQUE DE LA FONTE G.S.A 56.5  
ELABOREE A LA CVI- S.N.V.I ROUBA (ALGER )

A/ GENERALITES

- 1/ FUSION
- 2/COMPOSITION CHIMIQUE
- 3/INOCULATION .TRAITEMENT
- 4/GRAPHITE SPHEROIDAL
- 5/TRAITEMENTS THERMIQUES
- 6/CARACTERISTIQUES MECANQUES

B/

B/ ELABORATION DE LA F.G.S.A 56.5

- 1/ELABORATION
- 2/ COMPOSITION CHIMIQUE

C/ PARTIE EXPERIMENTALE

- 1/CARACTERISTIQUES MECANQUES
- 2/limite de fatigue , Generalites
- 3/ METALLOGRAPHIE

D/ ALIMENTATION DES MOULES

- 1/MOULAGE
- 2/COULEE

E/ DEFAUTS DES MOULAGES

- 1/DEFAUTS DE STRUCTURE
- 2//DEFAUTS DE STRUCTURE : GRAPHITE
- 3/ RETASSURES

## -FUSION

## .Introduction

La fonte à graphite spheroidal est un alliage ferreux à une teneur de : %C > 3 - Si à 1\_4 % - Mn jusqu'à 1% . Le soufre et le phosphore doivent être à très basse teneur ( P<sub>Max</sub>=0.1% ) . Le magnésium , élément important pour la sphéroidisation , doit être toujours présent (0.02-0.08).

## .Fonte de base

Les considérations précédentes montrent la nécessité , pour élaborer une fonte G.S., d'en disposer d'une fonte à basse teneur en soufre. Le soufre n'a pas seulement l'inconvénient d'augmenter la consommation de magnésium, mais aussi la formation de sulfure de magnésium MgS qui sera considéré comme inclusion et jouera négativement sur les caractéristiques mécaniques .

## .Installations de fusion

-Fours électriques : La fusion électrique permet d'obtenir une fonte liquide. Dans ces fours , on a l'avantage de régler la température et l'analyse ainsi que le débit du métal .

-Fours à arc : Se sont des fours à trois électrodes de graphite régies par un système de coulisse automatique.

Prod. H (t)	Capac. (t)	Puiss. MVA	Cuve Ø m	Haut. m	Ep. total mm
6	10	21	3,5	2,41	25,5

## -Fours à induction .

Ils ont pour rôle :

- Maintien
- Montée en température
- stockage
- Température de maintien 1500°C
- Capacité 13 tonnes
- Puissance 3MVA
- Diamètre creuset intérieur 1.232 m
- Hauteur 2.1 m

-COMPOSITION CHIMIQUE .INFLUENCE DES ELEMENTS

Page suite. C ? Si ? Mn ? S ? P ? Mg ?

- STRUCTURE

Pour réaliser les caractéristiques exigées de la fonte à graphite sphéroïdal ,il faut pouvoir obtenir une structure bien déterminée.

- a/ Allongement- Ductilité-Resistance au choc: STRUCTURE FERRITIQUE
- b/ Resistance à la traction-Resistance à l'usure: STRUC.PERLITIQUE
- c/ Compromis entre les deux structures a.b :STRUCTURE FERRITO<sup>6</sup>PER.

LITIQUE .

Il faut signaler que certaines impuretés peuvent affaiblir les joints de grains et diminuer la résistance au choc .

---

Éléments	Teneur	Rôle ... effet.
C	2.8 - 4%	<p>Joue sur la coulabilité, évite les défauts de trame et de ratissures.</p> <p>Pour pièces épaisses, Carbone équivalent <math>3.8 \leq CE \leq 4.3</math></p> <p>la réalisation du maximum de coulabilité et pour la composition EUTECTIQUE. Pour les pièces minces: Carbone équivalent <math>CE &gt; 4.3</math> (<math>CE = C + 1/3 Si</math>) ... Refroidissement hors équilibre de la fonte et décalage vers la droite de l'eutectique et abaissement de la température.</p>
Si	16 - 3%	<p>le Silicium durcit la ferrite, augmente la résistance à la traction.</p> <p>Diminue la résistance au choc - facteur graphitisant</p> <p>- teneur finale dans les moules varie entre 1.8 - 3%.</p>
Mn	0.15 - 0.9%	<p>So teneur doit être limitée si on veut réaliser une structure ferritique brute de coulée.</p> <p><math>Mn \leq 0.2\%</math> - Au contraire, la teneur doit aller de 0.2 à 0.4 - si on veut réaliser la structure ferrite-perlitique ou perlitique. la Mn est un facteur perlitisant (Stabilise la Fe3C).</p>
Mg	0.01 - 0.1%	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Blanchissent de la nodosité - Sphéroidisent du Graphite.</li> <li>- la teneur du Magnésium doit augmenter avec l'épaisseur du moule.</li> <li>- Il se perd par évaporation lors du coulage. <math>\Rightarrow</math> perte de teneur en Magnésium et ceci d'autant plus que la température de la fonte est élevée.</li> <li>- Une Grande partie est perdue sous forme de MgS (Sulfure de Mg) qui provoque une mauvaise sphéroidisation.</li> </ul>
P	$\leq 0.1\%$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Éléments fragilisant des F.G.S. Pour conserver une bonne ductilité dynamique, on maintient la teneur en Phosphore aussi basse que possible. <math>P \leq 0.08\%</math>.</li> </ul>
S	$\leq 0.015\%$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Doit être en très faible quantité, communique au liquide un pouvoir mouillant <math>\Rightarrow</math> G.L.</li> <li>- Consomme beaucoup de Mg. Perte de Mg sous forme de MgS et en conséquence mauvaise sphéroidisation, formation d'inclusions de MgS néfaste à la santé des pièces moulées.</li> </ul>

## TRAITEMENTS INOCULATION

## a/ Alliages utilisés.

-Les alliages utilisés au Magnésium permettent d'obtenir , dans des proportions économiques, le graphite sphéroïdal bien qu'il existe d'autres méthodes et alliages.

Alliage	Se sont les plus utilisés
Fe-Si-Mg	Utilisés pour l'élaboration de la FGS ferritique et perlitique
Alliage	Utilisés pour l'élaboration de la FGS perlitique, car le Nickel confère à la GS une hérédité perlitique.
Ni-Mg	
Alliage	Si inoculant, Mg sphéroïdisant.
Ni-Si-Mg	
Mg	TF = 650°C TE = 1110°C M.V = 1.75

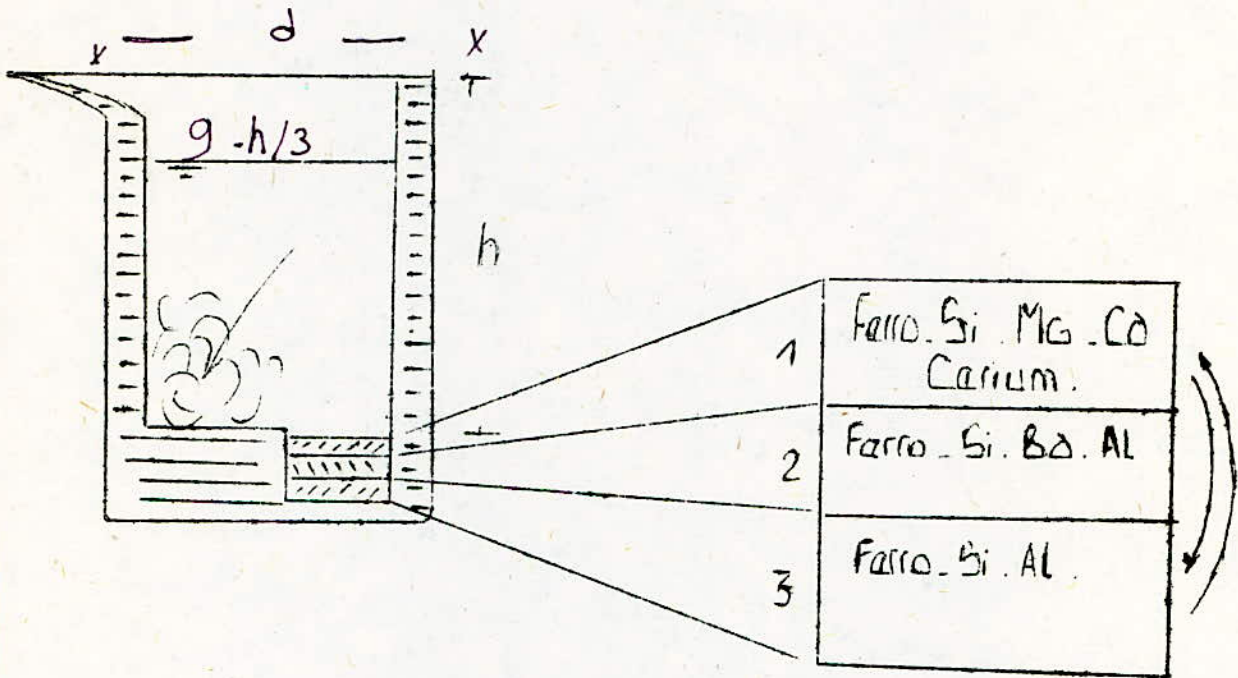
b/ Méthode de traitement = Méthode sandwich.

L'introduction du magnésium n'est pas aussi facile qu'on le pense. Car, aux températures de fusion de la fonte (1420-1520), le Magnésium s'évapore, ce qui provoquerait un mauvais rendement tel que perte de Mg et projection de la fonte.

## METHODE SANDWICH (Fig 1)

Cette méthode consiste à utiliser une poche de coulée profonde présentant une réduction de section vers le bas. C'est dans cette section que sera introduit un genre de sandwich composé d'additions inoculantes et sphéroïdisantes qui est lui même recouvert d'une tôle mince d'acier.

Methode "SANDWICH" - traitement en poche,



## FORMATION DU GRAPHITE SPHEROIDAL

L'apparition du graphite sous la forme sphéroïdale est due surtout à la décomposition de la cémentite  $Fe_3C \rightarrow 3Fe + C$  à l'état liquide, ce raisonnement est confirmé par l'apparition des sphéroïdes lors de leurs accumulation dans les moulages massifs. La sphéroïde au cours de son refroidissement s'entoure d'austénite à travers laquelle le carbone diffuse.

L'amorçage de la cristallisation du graphite sphéroïdal est du surtout à la présence de germes (Oxydes, carbures), cette théorie étant acceptée pour les fontes lamellaires ; avec les germes de silice.

À part le Magnésium et son effet sphéroïdisant, il existe d'autres éléments comme Ce;Li;Ba;Sr;Na; . Ils présentent comme particularité d'être

a/Grande avidité pour le soufre et l'oxygène .

b/Reduisent la tension superficielle

c/Faible solubilité dans le fer

Le magnésium agit sur la tension superficielle favorablement comme nodulisant jusqu'à une teneur maximum de 0.1% . Dépassant cette valeur son rôle s'inverse .

En fin de compte, la réalisation d'une tension superficielle déterminée serait un indice pour la sphéroïdisation du graphite .

La théorie du  $SiFe$ , vérifiée par une recherche sur l'inoculation, addition à la fonte liquide au moment de la coulée, d'un produit riche en silicium (Fe-Si) apporte sur ce sujet des éléments expérimentaux importants .

L'examen micrographique d'échantillons trempés ont révélé qu'il se formait des cristaux de carbure de silicium (C-Si) dans les zones riches en silicium (17-22%) de la fonte liquide développée par l'inoculation, qui du reste présente une consistance pâteuse. ( $T=1410^{\circ}C$ )

À mesure que la diffusion fait baisser ces concentrations en silicium, les cristaux CSi se décomposent pour régénérer sa teneur, le carbone apparaît alors sur place sous forme de graphite à l'intérieur même des cristaux de CSi qui finissent par disparaître complètement en dessous d'une teneur limite en silicium (17%), laissant le graphite subsister seul .



## TRAITEMENTS THERMIQUES .

Pour la fonte à graphite sphéroidale , la structure est un élément nécessaire mais pas suffisant dans la décision des caractéristiques mécaniques .Cependant ,en jouant sur les différentes proportions de ferrite et perlite ,on peut aboutir aux caractéristiques voulues.

Parmi les différents traitements thermiques pratiqués , on cite :

- .Traitement thermique de graphitisation
- . - de ferritisation
- . - de normalisation
- . - de trempe et revenu
- . - de relaxation des contraintes

### a/ Traitement thermique de graphitisation

Il est pratiqué quand on craint la présence de carbures (Moulage mince). Il comprend :

- deux heures à 900°C ( Temp. > AC3 )
- refroidissement lent pour la structure ferritique ( 800 - 700 ) .
- refroidissement à l'air à partir de 650°C (éviter la fragilisation .

### b/ Traitement thermique de ferritisation

Même avec un refroidissement lent, les pièces moulées contiennent toujours une certaine proportion de perlite, donc:

- Chauffage et maintien au-dessous de AC1 (≈740) pour graphitiser la perlite .
- Chauffage à la température de 850°C , puis refroidissement lent .

### c/ Traitement thermique de normalisation

C'est un traitement réglé pour une structure totalement perlitique .

- Chauffage à 830 - 860 °C ; 2 heures maximum
- Refroidissement à l'air agité .

Point de vue économique ,on avait signalé que le Cuivre,étain et le Manganese étaient des éléments perlitisants .

d/ Trempe et revenu .

On peut augmenter la dureté de la fonte sphéroïdale par trempe + Chauffage à 875°C puis refroidissement dans l'huile ,on obtient alors une structure martensitique .( HB 350-500 )

+ Un revenu à basse température permet de diminuer les contraintes de trempe et régler la dureté .

e/Relaxations des contraintes .

C'est un traitement thermique utilisé pour éliminer les ~~tensions~~ tensions intrinsèques .

-Chauffage jusqu'a 600°C environ

-Maintien 3 à 4 heures

-Refroidissement lent ( dans le four)

### CARACTERISTIQUES MECANIQUES

Comme tout matériau , les caractéristiques mécaniques dependent essentiellement de la structure et de sa morphologie ( forme bien sphéroïdale du graphite .)

Ces caractéristiques peuvent varier d'une structure ferritique ( Rr: 40-55 , A%:24-15) à une structure perlitique ayant (60-90, 8-3 ) . Les valeurs intermédiaires resultent de la presence à la fois de ferrite et perlite .

Le tableau ci-dessous donne un résumé des caractéristiques mécaniques des fontes G.S non alliées .

PROPRIETES PHYSIQUES A 20°C / MASSE SPECIFIQUE 7.0 - 7.3g/cm <sup>3</sup>					
CARACTERISTIQUES MECANIQUES	F.G.S	F.G.S	F.G.S	F.G.S	F.G.S
	70-2	60-2	50-7	42-12	38-15
Rr(dan/mm <sup>2</sup> )	68.6-80	58.8-75	49-65	41.2-55	37.2 - 50
Limite Re 0.2% (dan/mm <sup>2</sup> )	46-60	39.2-55	34.3-52	27.4-45	23.5 - 38
A %%	5 - 2	6 - 2	10 6 7	18-12	25- 15
RESILIENCE K (daj/cm <sup>2</sup> )	0.8-0.3	1-0.4	1.5-0.5	2.8-1.3	3 - 1.7
DURETE HB	240 - 310	230 - 280	210 6 260	220	200

## BIBLIOGRAPHIE

- Projet de fin d'étude :  
 ETUDE METALLOGRAPHIQUE DES F.G.S 56.5 ET 38.15 .
- FONTES A GRAPHITE SPHEROIDAL .Saulines et uckange .
- Reglage des caracteristiques mécaniques des fontes FGS .  
 FONDERIE N° 337.1974 .
- A.RCOS :Precie de metallographie appliquée .
- Metallurgie de fonderie :Michel Geiger - Fontes G.S,Application  
 Aciers moulés .
- METALLURGIE GENERALE : J.BENARD A.MICHEL .
- METALLURGIE :CHAUSSIN ET HILLY .

LA FONTE A GRAPHITE SPHEROIDAL 56.5 ELABORE A LA S.N.V.I-C/V/I  
RCUIBA.

- Elaboration

a/ Matieres premieres

Retouré de fonderie ( G.S.C et G.S.A )

63% .Pieces rebutées ,masselottes, de l'acier 15%. Fonte neuve SOREL 20%.

b/Les additions/: Ferroalliages .

.1.7% de Fe-Si-Mg-Ca

.1% de Fe-Si à 80% Si

.Fe-Mn à 80% de Mn pour l'élaboration

de la G.S.A 56.5

c/Fusion-Coulée

Le chargement se fait dans des proportions bien définies ,de façon proche de la nuance désirée.Ces charges sont versées dans le four à arc.Après fusion, on coule le bain dans une poche de transfert dans laquelle se fait la desulfuration au carbure de calcium .Puis élimination de scories par brassage .

La fonte est ensuite transférée au four à induction qui servira de maintien surtout .Puis on verse le bain dans la poche de traitement contenant du Fe-Si-Mg-Ca ; Fe-Si ; et surtout Fe-Mn .

Suivant la methode SANDWICH ,on procede la aussi à un décarburage decrassage superficiel

Enfin ,la fonte est versée dans la poche de coulée et transférée au secteur "Coulée dans les moules "

-COMPOSITION CHIMIQUE

NUANCE.	C	Si	Mn	S	P	Mg	Ni	Cr	Mo
GSA	3.51	2.75	0.78	0.013	0.031	0.069	0.081	0.041	0.019

Cu: 0.053 ; Pb: 0.078 .

Analyse faite le 26 Mai 10h30

(COULE DU 26 MAI -10h 30 )

A l'état brute de coulée ,la fonte G.S.A peut ne pas avoir la structure désirée .(Presence de ferrite assez importante) due à un refroidissement lent dans le moule ou ou l'existence de contrainte assez importantes qu'il faudra éliminer .

En conséquence ,suite aux opérations de coulé dans les moules ,les pieces subissent un traitement thermique de normalisation qui consiste à une élévation de température jusqu'à  $\sim 900^{\circ}\text{C}$  avec un maintien de deux heures .

.Trempe et revenu

Suite au maintien ,une trempe à l'huile à lieu ou suivra un revenu à une temepature de  $600^{\circ}\text{C}$  pour relaxation des contraintes et obtenir la structure perlitique .

PARTIE EXPERIMENTALE

-CARACTERISTIQUES MECANIQUES

-ETUDE MICROGRAPHIQUE

-LIMITE DE FATIGUE

ESSAIS MECANIQUES

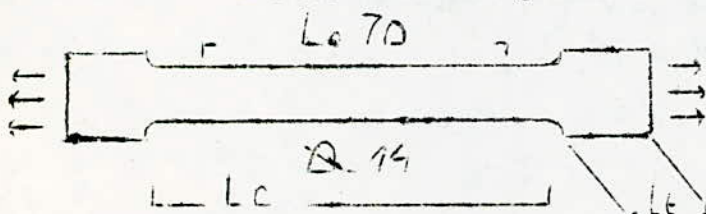
Ils permettent de determiner :

- La plasticité et l'élasticité: essai de traction .
- Resistance au choc : essai de resilience
- Resistance à l'usure : essai de dureté

1.Essai de traction

On soumet une éprouvette normalisé à un essai de traction et un dispositif enregistre à chaque instant la charge en fonction de l'allongement  $\Delta L$  .

Pour cela les grandeurs suivantes ont été considérées :



$L_0$ :Longueur AV traction

$L$  :Longueur AP essai

$C$  :Charge maximale appliquée

$S_0$ :Section initiale

$$d < L_t < 2d$$

$$A\% = [(L - L_0) / L_0] \cdot 100$$

$$R = C / S_0$$

## 2. Essai de résilience

41

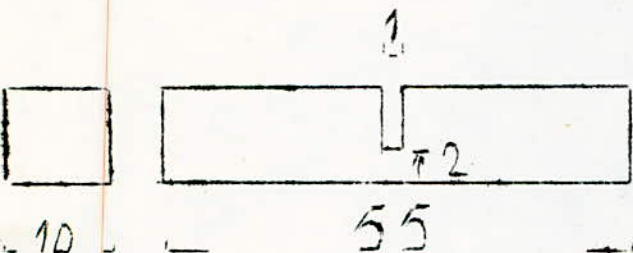
C'est l'essai qui détermine la fragilité du matériau ( fragilité dynamique ) .

Une éprouvette en U a été conçue, suivant les normes, spécialement pour recevoir une certaine énergie à l'entaille sous forme de choc. Cette éprouvette étant reposée sur deux appuis . NORME AFNOR n° NC 2701

La résilience (K) est déterminée comme :

$$K = W/S_0 \text{ ( daj/cm}^2 \text{ )}$$

ou W est l'énergie ou travail dépensé pour rompre l'éprouvette est  $S_0$  l'aire initiale de l'entaille .



## 3. Essai de dureté

C'est l'essai qui détermine la résistance à l'usure, ou aux efforts de pénétration. Pour cela la méthode BRINELL consiste à pratiquer un effort de pénétration créant ainsi une empreinte dont la mesure nous renseigne effectivement sur cette résistance à la pénétration .

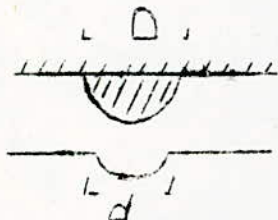
-METHODE BRINELL § NORME NF.A.03.201 )

Le poinçon est en ~~acier~~ <sup>acier</sup> : (extra dur )  
de diamètre D .

On définit la dureté BRINELL comme

$$HB = P/S \text{ ( dan/mm}^2 \text{ )}$$

$$S = \pi D/2 \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2})$$



### CARACTERISTIQUES MECANIQUES

A l'état brut de coulée, la fonte G.S.A présente un taux de graphite  $\geq 80\%$  avec des sphéroides ~~correctes~~ ; ou la ferrite constitue une auréole autour de ces sphéroides car la formation du graphite appauvrit le métal avoisinant en carbone ( VCIR PHOTOS ).

RESULTATS

## CHARGE A LA RUPTURE

$$C = 9150 \text{ daN} \quad S_0 = 154 \text{ mm}^2 \quad R_r = 59.41$$

## CHARGE A LA LIMITE ELASTIQUE

$$C = 6670 \text{ daN} \quad S_0 = 154 \text{ mm}^2 \quad R_e = 43.31$$

## ALLONGEMENT A LA RUPTURE

$$\Delta L = 6.3 \text{ mm} \quad L_0 = 70 \text{ mm} \quad A = 9.00\%$$

## DURETE BRINELL

$$HB = 221$$

## RESILIENCE

$$K = 1,64 \text{ daJ/cm}^2$$

Eprouvettes utilisées correspondent aux coulées des dates suivantes:

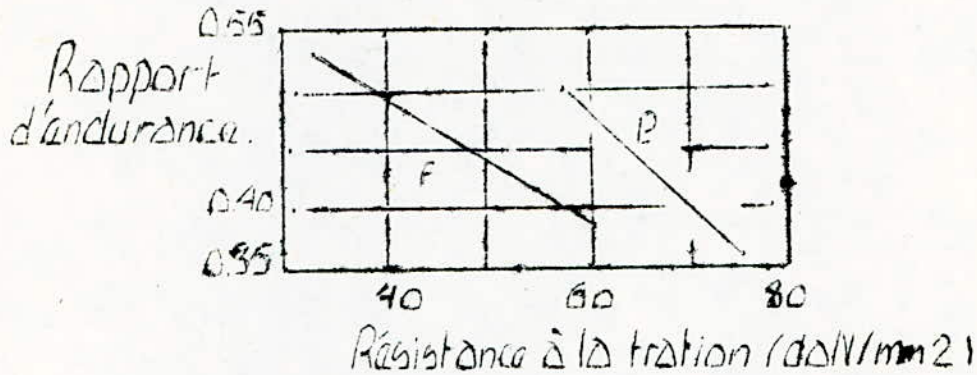
- COULEE du 4 Mai à 11hs.
- COULEE du 17 " à 21hs.
- COULEE du 19 " à 13hs.

EP5 : 25 30 25 30 : 22 28 ; ca 25 ; 17 22

Loi de fatigue pour EP5

## LIMITE DE FATIGUE .GENERALITES

Lorsqu'on soumet un alliage à un grand nombre de cycles d'efforts alternés ,on peut obtenir la rupture ;même pour une contrainte très inférieure à la limite élastique .Dans ce cas ,la cassure est d'aspect fragile et on dit qu'on a une rupture de fatigue.



Dans l'essai de fatigue ,la contrainte diminue avec le nombre de cycles jusqu'à une valeur limite appelé LIMITE DE FATIGUE , qui est l'effort maximum pour lequel le matériau peut supporter un nombre d'alternances infini.

Le rapport de la limite de fatigue à la resistance de traction est appelé RAPPORT D'ENDURANCE  $r$   $(0.33 < r < 0.52)$

Lorsque la resistance de traction augmente ,la limite de fatigue augmente ,mais le rapport d'endurance diminue.

FGS	70.2	60.2	50.7	42.12	38.15
L.Fat.	26.32	25.30	22.28	20.25	17.22

Limite de fatigue pour + FGS



Resistance  $R_r, R_e$  (daN/mm<sup>2</sup>)

44

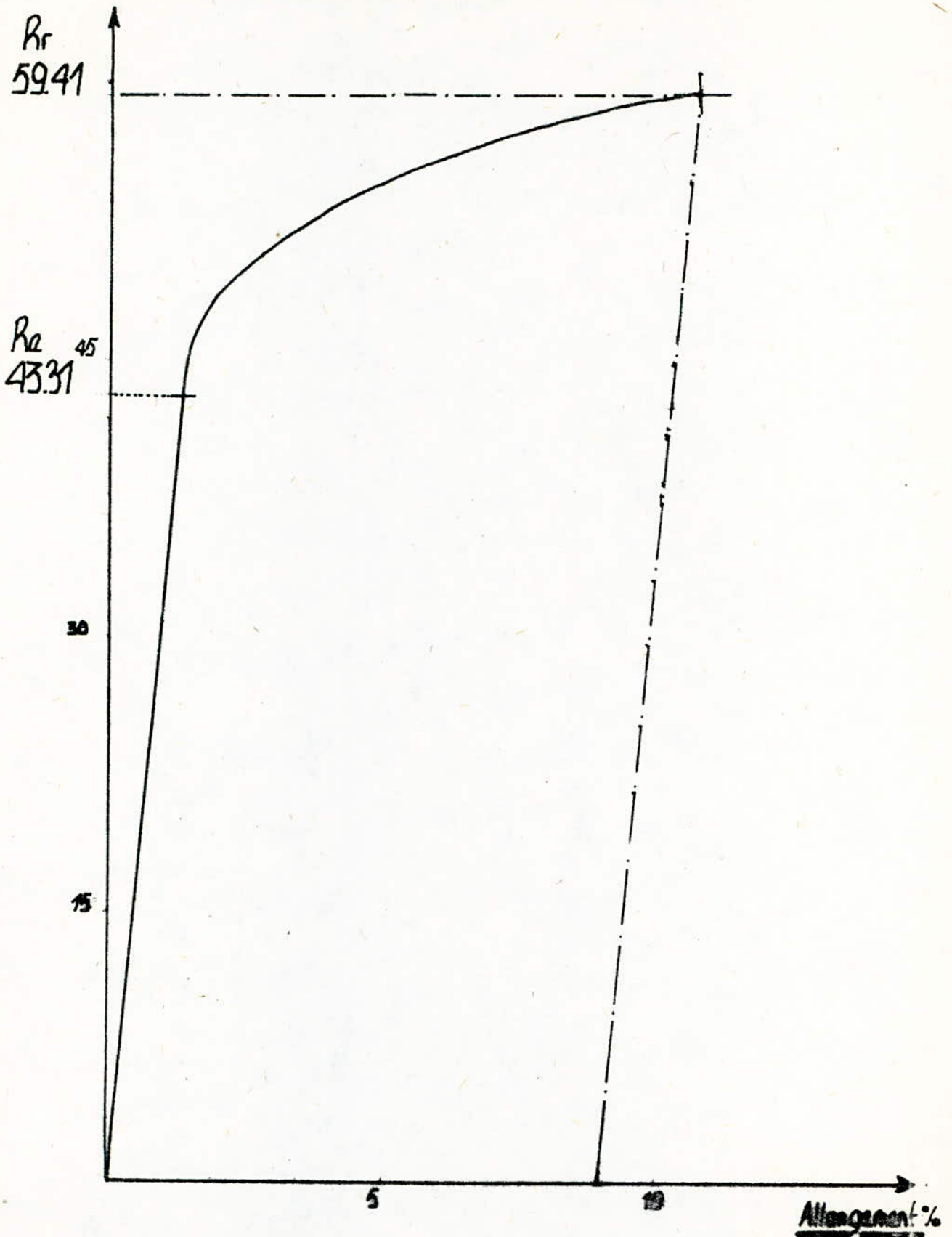
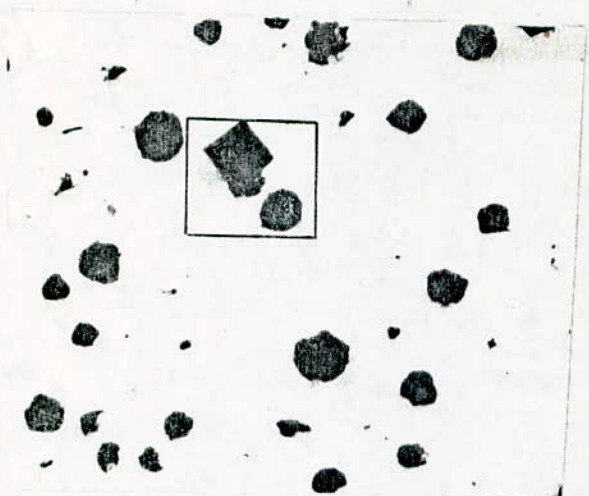
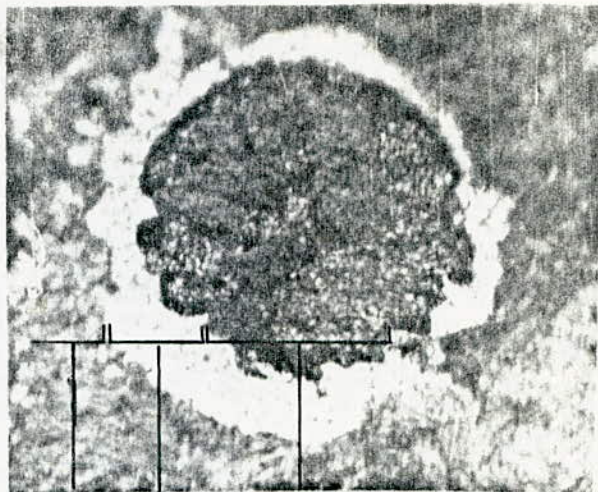


Diagramme caractéristique de traction  
Fonta BSA



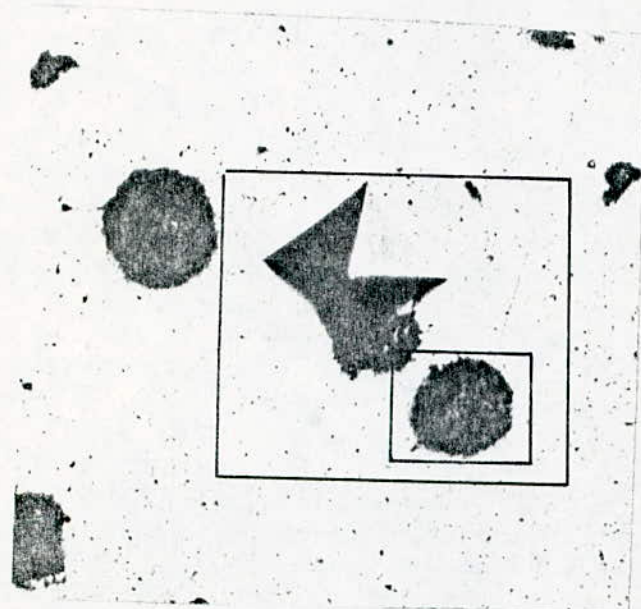
G: 100



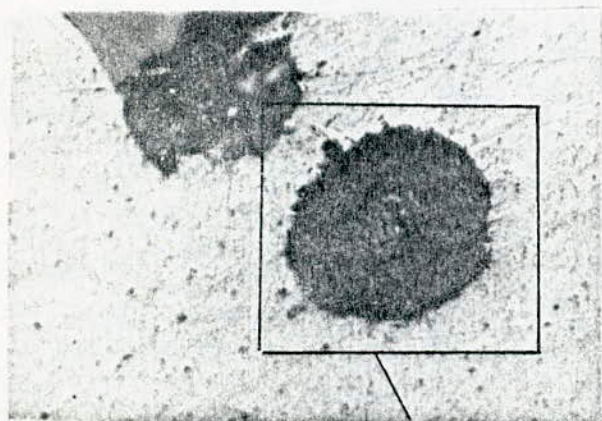
Graphite

ferrite (duréola)

Ferrite G: 1000



G: 250



G: 500

Graphite correct

Présence de Graphite dégenéré  
"Sphéroïdisation incomplète"

## A. Remplissage des moules

## -Coulée et decrassage

Le traitement de la fonte G.S produit beaucoup de crasses d'une part lors de la desulfuration (CaS) et d'autre part lors du traitement au magnésium (MgS). Les crasses étant plus abondants que le niveau initial du soufre est plus élevé. Il est donc nécessaire de bien éliminer ces crasses susceptibles de provoquer des inclusions dans les pièces.

Généralement, la température de coulée est fixée à 1400°C pour les pièces minces et moins pour les grosses pièces (1300°C). En fait la coulabilité de la fonte G.S est bonne, l'inconvénient d'une basse température est la formation d'oxydes sur le jet du métal, d'où risque d'inclusions.

## -Systeme d'attaque

Le système d'attaque doit répondre aux impératifs suivants :

- a/ Remplissage avec turbulence minimum afin d'éviter la formation d'oxydes.
- b/ Vitesse de remplissage déterminée
- c/ Assurer une bonne distribution du métal

Le point a/ satisfait à un système d'attaque convergent où la section d'attaque est plus petite que celle de la descente. Mais pour les moules de grandes hauteurs, il faut un dispositif pour limiter la vitesse d'entrée.

Le point b/, pour faciliter la bonne distribution du métal, il est préférable de prévoir des attaques petites et nombreuses ce qui facilite la séparation des pièces et contribue à retenir les crasses.

## -Calcul des systèmes d'attaques

Le calcul des sections d'attaques fait intervenir les facteurs suivants :

- .Volume de la pièce
- .Épaisseur de la partie la plus mince s'étendant sur toute sa hauteur.
- .Temps de refroidissement de la pièce jusqu'au liquidus pour cette épaisseur. Le temps de refroidissement dépend de la surchauffe du métal de coulée, ainsi que de la perte de température dans le système d'attaque.

## B/ DEFAUTS DE MOULAGE

On en distingue plusieurs types de défauts parmi lesquels on cite :

- 1/ -Défaut de structure
  - Défaut de structure du graphite
- 2/ -Défaut de la matrice
- 3/ -Inclusions non métalliques
- 4/ -Retassures

## Défaut de structure

a/ Graphite : Le graphite peut présenter une forme sphéroïdale imparfaite sous forme dégénérée

Il peut être sous forme de :

- Lamelles courtes et épaisses
- Sphéroïdes déchiquetés et éclatés
- Graphite ponctiformes (Flocons)

Une accumulation de MgS peut provoquer la formation de graphite en lamelles (généralement parties supérieures des pièces épaisses). Aussi faut-il tenir compte de l'évaporation du Mg avec le temps et ceci d'autant que la température est élevée. Et en conséquence, un risque de présence de graphite lamellaires dans les derniers moules remplis .

## b/ Matrice

Il peut y avoir apparition de carbures

cause de :

- Magnésium trop élevé
- silicium trop faible
- Présence d'impuretés

Généralement dans le cas des pièces épaisses, on a des alignements de carbures dans les joints de grains dus à une ségrégation des impuretés carburigènes (BORE) provoquant ainsi la fragilité au choc. De ce fait, il faudra toujours utiliser des charges métalliques très pures.

c/ Inclusions<sup>non</sup> métalliques

Généralement, il y a une accumulation des sphéroïdes dans les parties supérieures des moules (FLOTTATION). Il peut y avoir des inclusions MgS et d'autres oxydes (MgO; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; SiO<sub>2</sub>; FeO; ) .

Il ne faut pas que :

- Teneur initiale en soufre élevée
- Forte addition de Magnesium
- Presence de Al dans les Ferroalliages
- Faible temperature de coulée  $< 1340^{\circ}\text{C}$
- ( Oxydation )
- Forte humidité du sable de moulage

#### REMEDES

- Coulée rapide et sans turbulence .
- Conserver une temperature de coulée élevée .

#### RETASSURES

Un moule dur peut constituer une face d'appui suffisante pour la surface extérieure de la pièce permettant au gonflement de s'exercer vers l'intérieur du moulage .L'expérience montre que de bons résultats sont obtenus avec les sables au silicate  $\text{CO}_2$  .

L'emploi des masselottes reste cependant utilisé pour alimenter la pièce pendant l'état liquide -Les porosités étant d'autant plus à craindre que le maintien dans cet état liquide est plus long (Temp. de coulée )

Réalisation de La pièce

672.707 an 669 56.5

a/ Partie expérimentale

Pièces réalisées

On réalisé 5 pièces (2 sans moule complet)

Pièce 1 : non acceptée = Présence de carbure

Pièce 2 : non acceptée = Retrait du métal

Pièce 3 : Réussie

b/ Etapes de réalisation

Etape 1: Moulage

Etape 2: Usinage

Etape 3: Control

c/ Défauts des pièces refusées

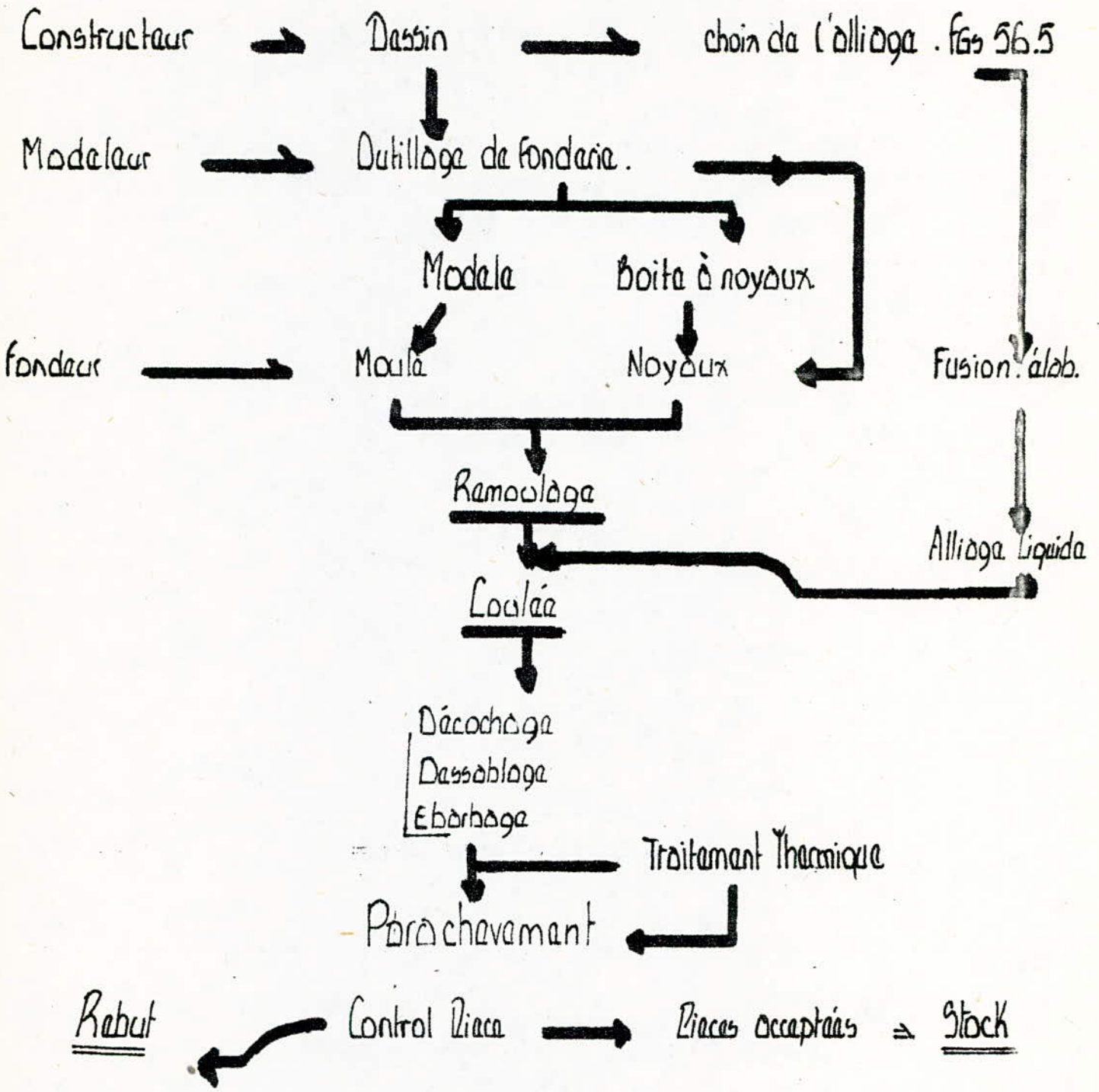
- Retrait

- Soufflures

- Structure : Matrice

: Graphite

Realisation de la piece I.fes 672.707. Organigramme



## DESSIN

Lapiece en acier nous a beaucoup aidé (avec plan ) pour la conception du dessin du modele .Ayant la piece ,on a toute<sup>de</sup> suite pensé à chercher quelle face pouvait etre l'empreinte .Et en fin,la disposition a été choisie de telle sorte qu'une dépouille se présentait au niveau D1 une dépouille qu'il fallait éliminer .

-Face 1 en bas (empreinte )

-Face 2 vers le haut ( de telle sorte que le chassis presente des mottes sur la face superieure .



D'ou le dessin (Plan J.707 MODELE) du modele ,donne un montage :

Piece nelle -Partie en bois .

## MODELE

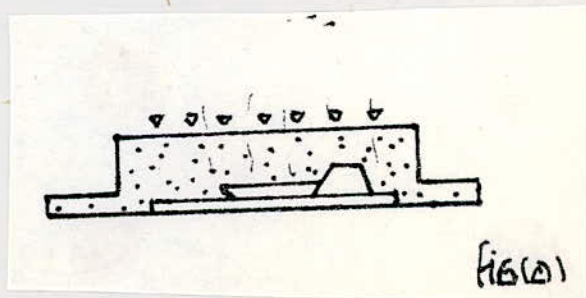
C'est un montage (bois-piece) Avant moulage,on met du talc sur la surface empreinte du chassis inferieur afin que le sable ne colle pas avec la partie superieure (sable du chassis superieur ) .

## MOULAGE

Pour le môle ,on a suivi une voie définie par les étapes suivantes .

On place le chassis inferieur à l'envers.On pose le modele comme l'indique la figure a A l'interieur ,on rempliten sable préparé ,puis durcissement par CO2 (On a perdu tout les moules au moulage sans

CO2 1.





On renverse le chassis (Fig b )  
 et prend ainsi la position  
 inferieur du moule . On enleve  
 la partie du modele en bois .

Pour la coulée ,on a prevu un bassin  
 de coulée et un event placé en position  
 a et b .

ce systeme d'attaque a été  
 choisi ainsi en raison de:

- .Eviter la turbulence au cours de  
 la coulée .
- .Partie massive .
- .b: event pour communiquer avec  
 l'atmosphere .
- .Le bassin ainsi que l'event joue  
 le role de masselotte .
- .éviter tout état de retassure .

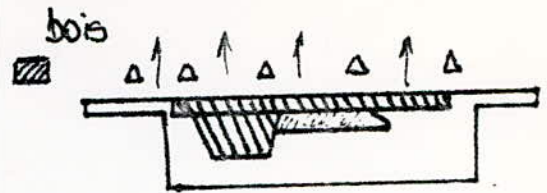
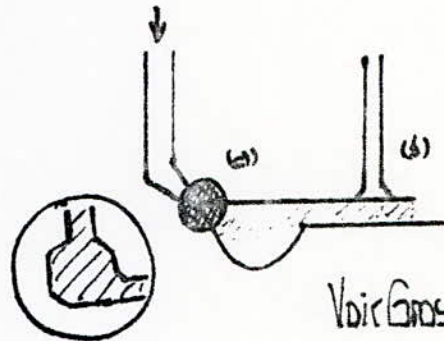
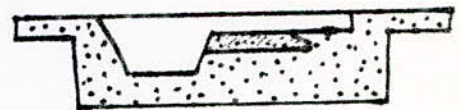


Fig b



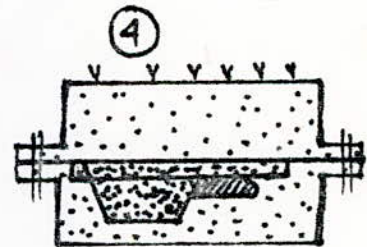
Voir Gros Plan.

CE SYSTEME DE COULEE CONCERNE LES PIECES 2 ET 3

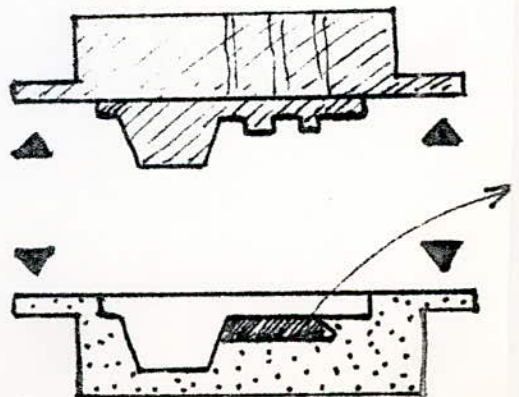
La contre dépouille laisse un vide  
 On vibre un peu la piece en acier  
 afin de faciliter son enlevement  
 après .

On met le chassis superieur et le  
 sable .On attaque pour durcissement  
 au CO2 ,surtout le point 4 .

- On souleve le chassis S.
- On enleve la piece
- On remet le chassis S en  
 place .



Diaca.  
 sable.



## COULEE

Une poche de coulée ,dans laquelle on maintenait le metal liquide ,était prete pour la coulée dans les moules .Le chassis a fait ensuite le meme cycle que les autres chassis .La temperature de la fonte était de 1430°C .EN meme temps, en memetemps, on a coulé des barreaux et une medaille pour control.

La piece est passé ensuite au décochage ,ébarbage et finition .

## USINAGE ( VOIR PLAN.)

## CONTROL ( éprouvette et medaille )

-Composition chimique

C% 3.56 Si% 2.71 Mn% 0.73 Cr% 0.04 Mo0.023 P 0/03 SO.016

-CARACTERISTIQUES MECANIQUES

Mg% 0.062 Cu% 0.05

Rr= 56.52 Re= 45.15 A%= 8.33 K= 1.6 HB= 215

-Epaisseur control

SUREPAISSEUR BRUTE . Acc.

-Structure

On a choisi 4 points ou on s'est interessé de prés sur le comportement structural pour les petits épaisseurs et surtout :

80% - Taux de sphéroidisation dans differentspoints  
CORRECTE -Forme du graphite

-Caracteristiques physiques

-Bon ébarbage .

-Surface conforme .

( CE CONTROL NE CONCERNE QUE LA PIECE REALISEE )

-----

DEFAUTS DES PIECES MOULEES REFUSEES

## A/ RETRAIT

Il est apparu dans la piece 1 ,du au premier systeme d'attaque qui n'a pas été valable.

## B/SOUFFLURES

Ils se sont apparus sur la surface en contact avec le second systeme d'attaque. Insuffisance des trous d'aeration

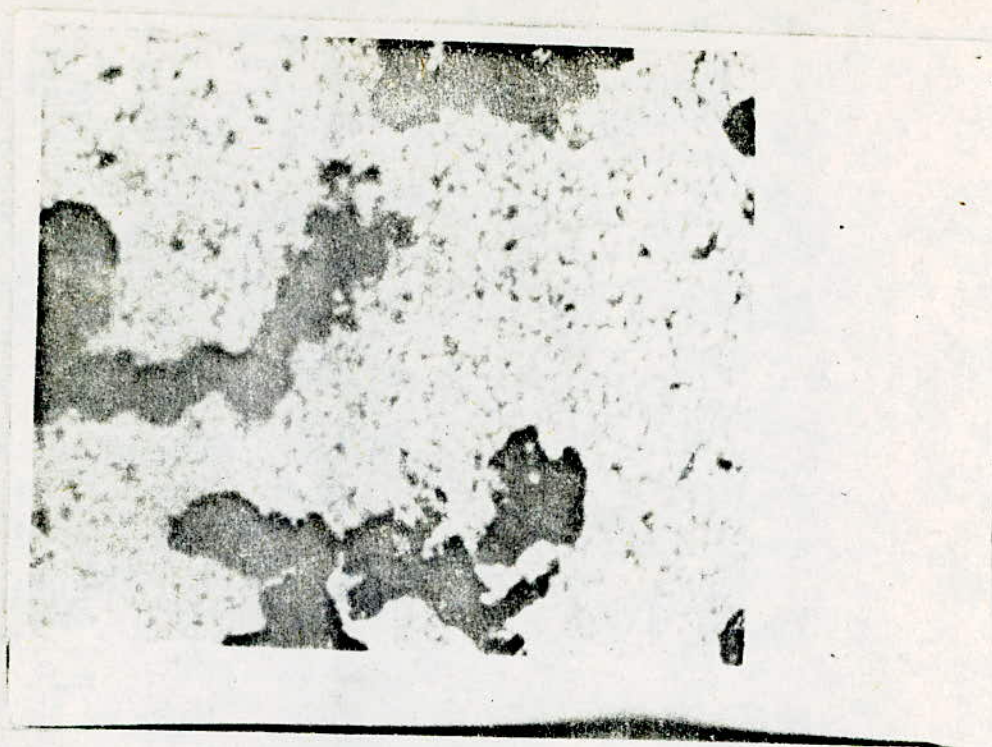
## C/conclusion

CETTE REALISATION A ETE REUSSIE MAIS IL EST NECESSAIRE DE CONFIRMER LES RESULTATS PAR UN ESSAI PRATIQUE .

## D/ STRUCTURE

Presence de graphite déoénééré .

( Voir photos )



G: Appozition et presence de graphite degenera.  
G:



A.C.I.E.R      M.O.U.L.E      C.25

-CARACTERISTIQUES MECANIQUES

-COMPOSITION CHIMIQUE

-STRUCTURE

## ANALYSE DES ACIERS MOULES .BERLIET

## 1/CARACTERISTIQUES MECANIQUES

NUANCE	Rr	Re	A%	K	HB
A48M2	48.76	31.17	33	7.1	156

## 2/ COMPOSITON CHIMIQUE

ELEMENTS	C	Si	Mn	Cr	Mo
%%	0.21	0.35	0.7	0.19	0.1

## 3/ STRUCTURE MICROGRAPHIQUE

SRUCTURE FERRITOPERLITIQUE .  
(VOIR PHOTOS ) .

## ANALYSE DES ACIERS FOCULES . S.C.N.A.C.O.M.E. BERROUAGHIA (ALGERIE)

## 1/ CARACTERISTIQUES MECANIQUES

NUANCE	Rr	Re	A%	K	HB
C.25	49.17	30 48	31	7	149

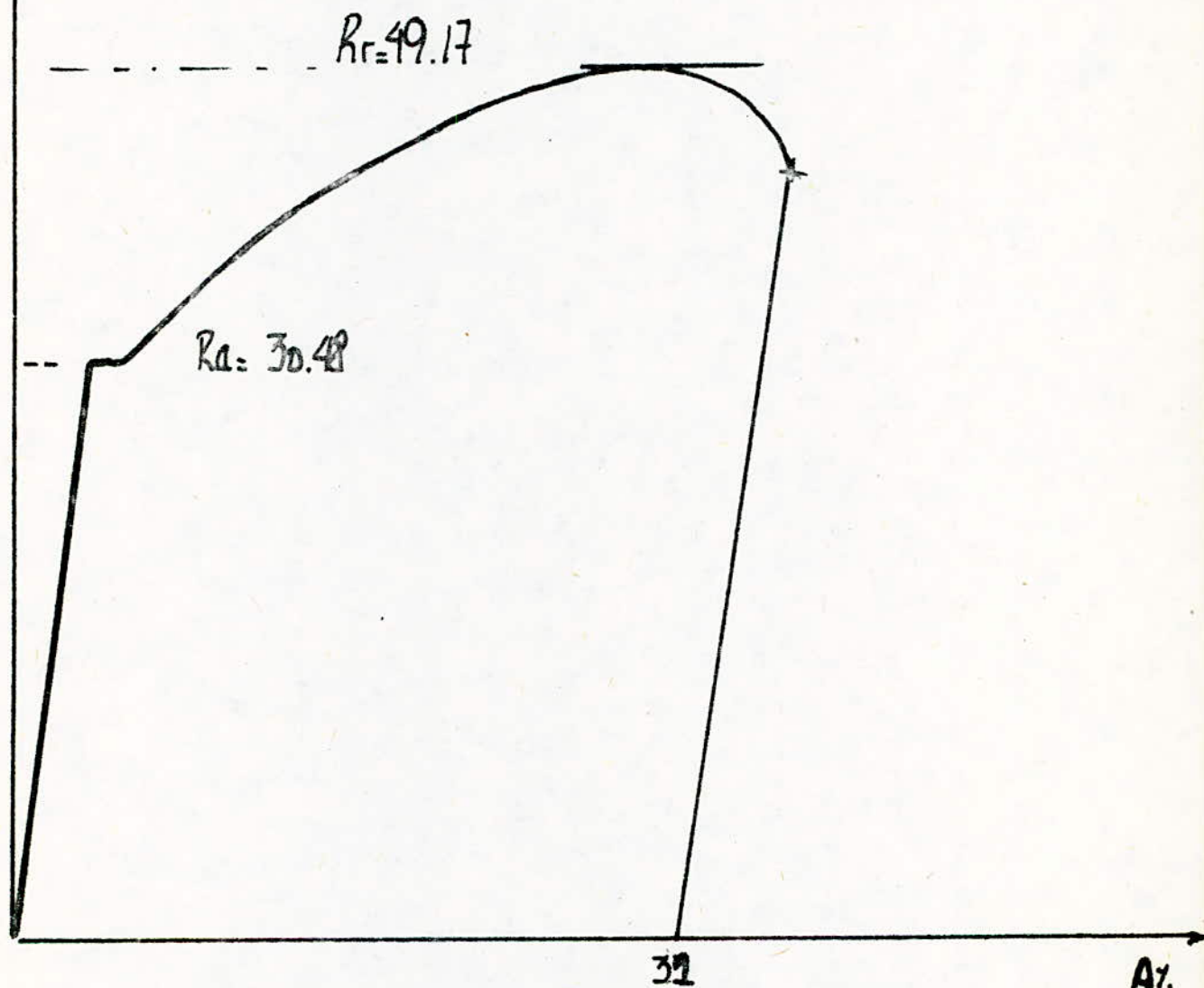
## 2/ COMPOSITION CHIMIQUE

ELEMENTS	C	Si	Mn	Cr	Mo
%	0.191	0.32	0.61	0.23	0.17

## 3/ STRUCTURE MICROGRAPHIQUE

STRUCTURE FERRITOPERLITIQUE .

(VOIR PHOTOS ).

$\sigma$   
daN/mm<sup>2</sup>

Essai de traction (éprouvette Acier C.25 Demouglia)



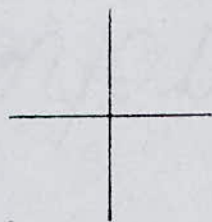


G: 250

Acier doux moule C25  
Structure Ferrite. Perlitique

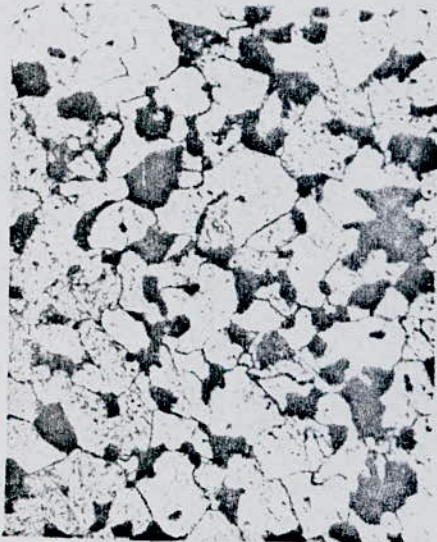


S.N.V.I Berouaghia



Acier doux moule C25  
Structure Ferrite. perlitique

BERLIET.



G: 250



G: 500

^^PROGRAMME " J.TT.FGS " :TRAITEMENT THERMIQUE DE LA FGS .

Le programme "J.TT.FGS" est un ensemble de données qui resume des resultats pratiques obtenus par des experiences mettant le lien TRAITEMENT THERMIQUE -CARACTERISTIQUES MECANIQUES .

.Il a l'avantage de porter à la connaissance des étudiants un outil avec lequel ,ils peuvent se situer ou confirmer le choix d'un traitement thermique de la fonte à graphite sphéroïdal pour des caracteristiques mécaniques déterminées .

D'autre part ,j'ai trouvé qu'il était aussi interessant que des données du type soient mémorisées et qu'on ne soit pas tout le temps obligés de se referer à des recherches donnant suite à de pertes de temps . Sur moniteur ,le programme affichera les différentes caracteristiques mécaniques (24) , ou l'utilisateur choisira une seule proche des caracteristiques mécaniques qu'il veut obtenir , il choisira donc les valeurs les plus proches de ses données et repondra au questionnaire .

Ensuite ,par la touche RETURN le programme se deroulera tout seul. Il mettera un certain temps de deroulement car :

-On a utilisé le BASIC STANDARD .

- COMPILATION LENTE .

Enfin ,il affichera :

-Le traitement thermique adéquat

-La structure avec la composition de phases.

Le programme 3 " J.TT.FGS 3 " est en langage BASIC 7.0,il est exécuté existe parmi les instructions utilisées ,certains qui sont spécifiques machine . Et ne peuvent être compilé que sur type COM.64,128, Pour cela ,je conseille à l'utilisateur de faire les modifications adéquates dans le cas d'un autre type machine .

REMARQUES

La composition chimique figurée dans l'instruction 02 est la suivante :

C	Si	S	P	Mn	Mg
3.5	2.3	max.	0.047	0.42	0.5
		0.008			

A.N.N.E.X.E.S      PROGRAMME  
" J.TT.FGS "

# Données économiques - Coûts de Production

## Diags considérés

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

672.707	Guida átriar. Suspension avant (49V8)
731.049	Ferrure Fix. Bras superior de suspension
699.174	Ferrure fix. point fixe ressort AR (100V8)

## Cours Devises 1984.

1FF = 0.556 DA

1\$ = 5.069 DA

## Frais : Port Usine

x 0.69

Coût :	672.707	87. <sup>FF</sup> 40	(Prix 1984)
bruta	731.049	80. <sup>FF</sup> 61	( " " )
	699.174	112. <sup>FF</sup> 76	( " " )

le Kg fonte. fusion 3.25 DA

```
1820 RUN 1620-1660
1840 FOR K=1 TO 30 : HIRES
1860 CURSET 30,170-K,1 : DRAW 40,170-K,1 : NEXT K
1990 FOR I=10 TO 15 : T=720
1992 READ A,B,C,D : IF (RR,RE,A,HB)=A,B,C,D GOPTO 200*I
1995 T=T+20 : NEXT I
2000 PRINT "Ferrite et Plages de Carbures"
2010 HIRES
2020 CURSET 30,10,1 : DRAW 0,100,1 : DRAW 190,0,1
2040 CURSET 30,110,1:DRAW 10,-80,1:DRAW 40,0,1:DRAW 10,80,1:DRAW 10,-T*0.0864,1
      DRAW 40,0,1:DRAW 20,60,1
2050 CURSET 30,170,1:DRAW 100,0,1:DRAW 0,-30,1:DRAW 0,-100,1:DRAW 0,30,1
2060 FOR X=1 TO 30 : CURSET 30,170-K,1:DRAW 95,0,1: NEXT K
2200 PRINT "Perlite , Ferrite et quelques Carbures"
2220 RUN 2010-2050
2240 FOR K=1 TO 30
2260 CURSET 30,170-K,1:DRAW 95,0,1: NEXT K
2400 PRINT "Perlite 50% , Ferrite 50%"
2440 RUN 2010-2050 : RUN 2050
2460 FOR K=1 TO 30 :CURSET 30,170-K,1:DRAW 50,0,1: NEXT K
2600 PRINT "Perlite 60% et Ferrite 40%"
2640 RUN 2010-2050
2660 FOR K=1 TO 30
2480 CURSET 30,170-K,1:DRAW 40,0,1:NEXT K
2800 PRINT "Perlite 85% et Ferrite 15%"
2820 RUN 2010-2050
2840 FOR K=1 TO 30: CURSET 30,170-K,1:DRAW 15,0,1: NEXT K
3000 PRINT "Ferrite 95% et traces de Perlite 5%"
3020 RUN 2010-2050
3040 FOR K=1 TO 30: CURSET 30,170-K,1:DRAW 95,0,1: NEXT K
3200 READ A,B,C,D : IF (RR,RE,A,HB)=A,B,C,D THEN 3300
3220 GOTO 3340
3300 PRINT "Perlite- trace aureoles de Ferrite autour des spherulites graphit"
3320 HIRES:CURSET 30,10,1:DRAW 0,100,1:DRAW 190,0,1
3330 CURSET 30,110,1:DRAW 10,-80,1:DRAW 40,0,1:DRAW 10,80,1
3340 FOR I=17 TO 20 : READ A,B,C,D
3350 IF (RR,RE,A,HB)=A,B,C,D THEN 200*I : NEXT I
3400 PRINT "Perlite,Graphit Spheroidal entoure d'aureoles de Ferrite" : "Ferrite 7% - P
3410 HIRES : CURSET 30,10,1:DRAW 0,100,1:DRAW 190,0,1
3430 CURSET 30,110,1:DRAW 10,-80,1:DRAW 40,0,1:DRAW 10,80,1:DRAW 10,-80,1
3440 DRAW 10,0,1:DRAW 11,810*0.0864,1:DRAW 20,60,1
3460 FOR K=1 TO 30 :CURSET 30,170-K,1:DRAW 7,0,1: NEXT K
3600 PRINT "Ferrite 50% - Perlite 50%" : HIRES
3620 RUN 3430-3440
3630 DRAW 18,750*0.0864,1:DRAW 20,60,1: RUN 2050
3640 FOR K=1 TO 30: CURSET 30,170-K,1:DRAW 50,0,1: NEXT K
3800 PRINT "Ferrite 80% , Perlite 20%" : HIRES
3820 RUN 3430-3440
3830 DRAW 20,730*0.0864,1:DRAW 20,60,1:RUN 2050
3840 FOR K=1 TO 30: CURSET 30,170-K,1:DRAW 80,0,1: NEXT K
4000 PRINT "Ferrite 93% , Perlite 7%": HIRES
4020 RUN 3430-3440
4030 DRAW 28,705*0.0864,1:DRAW 20,60,1: RUN 2050
4040 FOR K=1 TO 30 : CURSET 30,170-K,1:DRAW 93,0,1:NEXT K:GOTO 2
4200 PRINT "Recuit de ferrilisation de la fonte a Graphit Spheroidal. Ferrite
      et Spherulite de Graphit"
4220 HIRES : TEXT : ?
```

-----  
: BASIC STANDARD SOFTWARE 7.0 COMMODORE 128 :  
-----

PROGRAM "Caracteristiques Mecaniques des Structures de # traitements thermiques"

```
02 PRINT "Composition Chimique : C=3.65-3.75 Si=3.10-3.20
07 5 < 0.008 - R < 0.02 Mn=0.2-0.3 Cu < 0.3"
09 PRINT "Les caracteristiques mecaniques sont"
10 PRINT "Rr ,Re ,A% ,HB "
11 FOR J=1 TO 21: READ A,B,C,D : PRINT A,B,C,D : NEXT J
12 DATA 44,32,17,165,44,33,21,165,44,34,6,179,75,48,6,229,80,50,6,252
81,51,7,252,87,55,7,270,77,47,6,229,71,55,7,225,41,28,16,153,47,33,8,178
63,43,9,210,74,50,6,229,81,45,5,250,86,56,4,250,85,57,4,290,76,49,5,255
60,40,6,207,54,37,12,179,46,33,17,163,43,32,17,15
20 PRINT "Les caracteristiques mecaniques "
30 PRINT "Resistance a la rupture Rr = ";INPUT RR
40 PRINT "Limite elastique Re = ";INPUT RE
50 PRINT "Allongement en % . A% = ";INPUT A
60 PRINT "Durete Brinell HB = ";INPUT HB
65 T=270 : FOR I=1 TO 7 : IF I > 7 THEN 1500 : READ A,B,C,D
90 IF (RR,RE,A,HB)=A,B,C,D THEN 200*I : NEXT I [95 T=T+20]
200 PRINT "le traitement Thermique correspondant est"
230 HIRE5
240 CURSET 30,10,1 : DRAW 0,100,1 : DRAW 19,0,1
250 CURSET 30,110,1: DRAW 10,-80,1: DRAW 40,0,1: DRAW 10,80,1: DRAW 10,-80,1:
DRAW 10,0,1: DRAW 10,925-0.086* T,1: DRAW 40,0,1: DRAW 20,60,1
251 CURSET 30,170,1: DRAW 100,0,1: DRAW 0,-30,1: DRAW -100,0,1: DRAW 0,30,1
255 FOR K=1 TO 30 : CURSET 30,170-K,1: DRAW 95,0,1 : NEXT K
270 GOTO 95
400 GOTO 200 : RUN 200
600 PRINT "75% Ferrite et 25% Perlite avec aureoles de ferrite"
620 RUN 230-251
630 FOR K=1 TO 30 : CURSET 30,170-K,1 : DRAW 75,0,1
640 NEXT K : GOTO 95
800 PRINT "45% Ferrite et 55% Perlite"
820 GOTO 230-251 : RUN 230-251
830 FOR K=1 TO 30 : CURSET 30,170_K,1: DRAW 45,0,1: NEXT K : GOTO 95
1000 PRINT "95% Perlite , 15% Ferrite en aureole"
1020 RUN 230_251
1040 FOR K=1 TO 30 : CURSET 30,170-K,1: DRAW 15,0,1 : NEXT K : GOTO 95
1200 PRINT "87% Perlite et 13% Ferrite en aureoles"
1220 RUN 230-251
1240 FOR K=1 TO 30 : CURSET 30,170-K,1: DRAW 13,0,1: NEXT K : GOTO 95
1400 PRINT "93% Perlite et 3% Ferrite"
1420 RUN 230-251
1440 FOR K=1 TO 30 : CURSET 30,170-K,1: DRAW 9,170-K,1 : NEXT K : GOTO 95
1500 FOR I=8 TO 9: READ A,B,C,D: IF I>9 THEN 2000: IF (RR,RE,A,HB)=A,B,C,D
GOTO 200*I
1580 TR=TR+5 : NEXT I
1600 PRINT "Structure Ferrito-Perlitique : 70% Perlite , 30% Ferrite"
1620 HIRE5
1640 CURSET 30,10,1: DRAW 0,100,1: DRAW 190,0,1: CURSET 30,110,1: DRAW 10,-80,1:
DRAW 40,0,1: DRAW 10,80,1: DRAW 10,0,1: DRAW 10,68,1: DRAW TP,0,1
1700 FOR K=1 TO 30 : CURSET 30,170-K,1: DRAW 30,170-K,1: NEXT K: GOTO 1580
1800 PRINT "Structure Ferrito-Perlitique : 60% Perlite et 40% Ferrite"
```

CONCLUSION

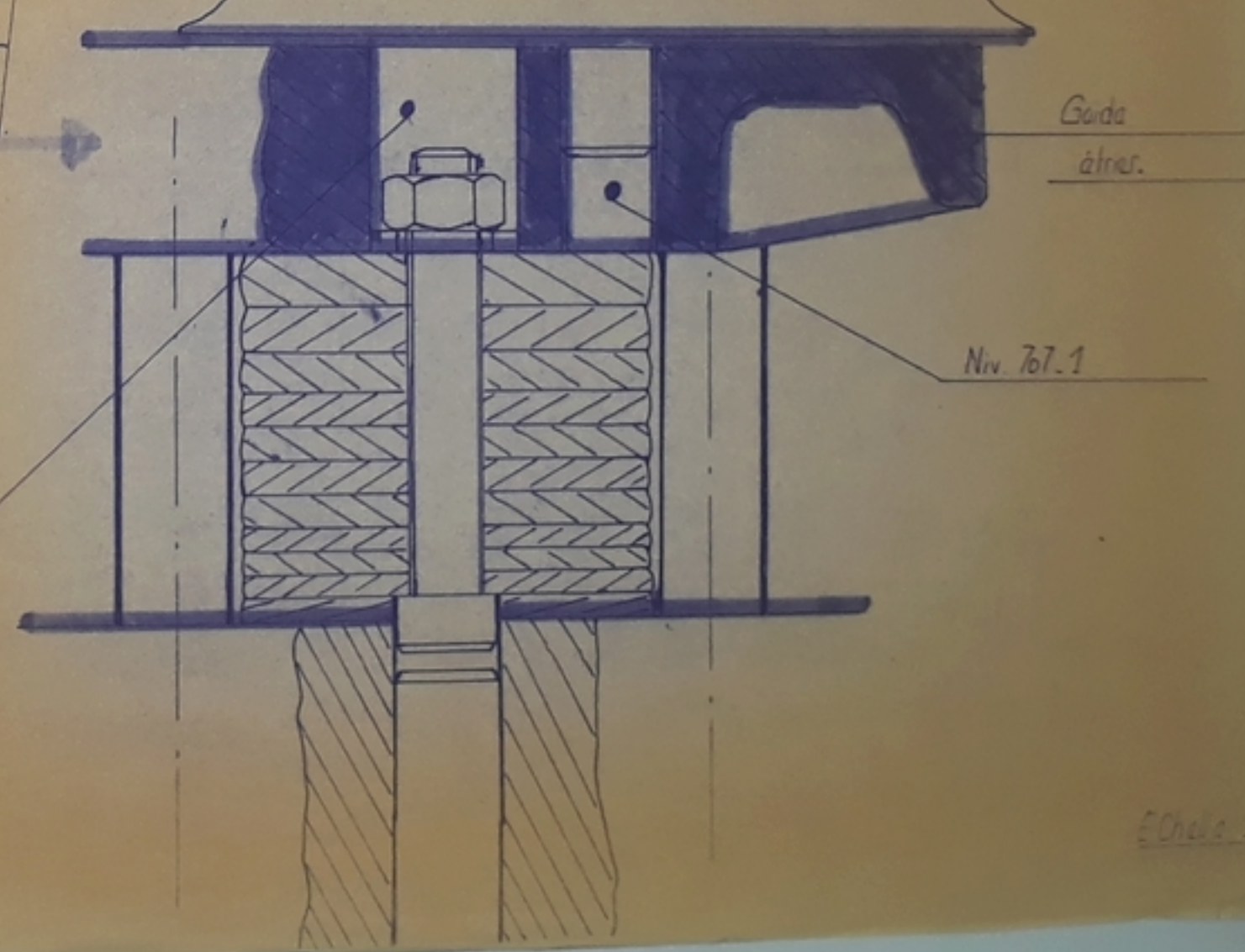
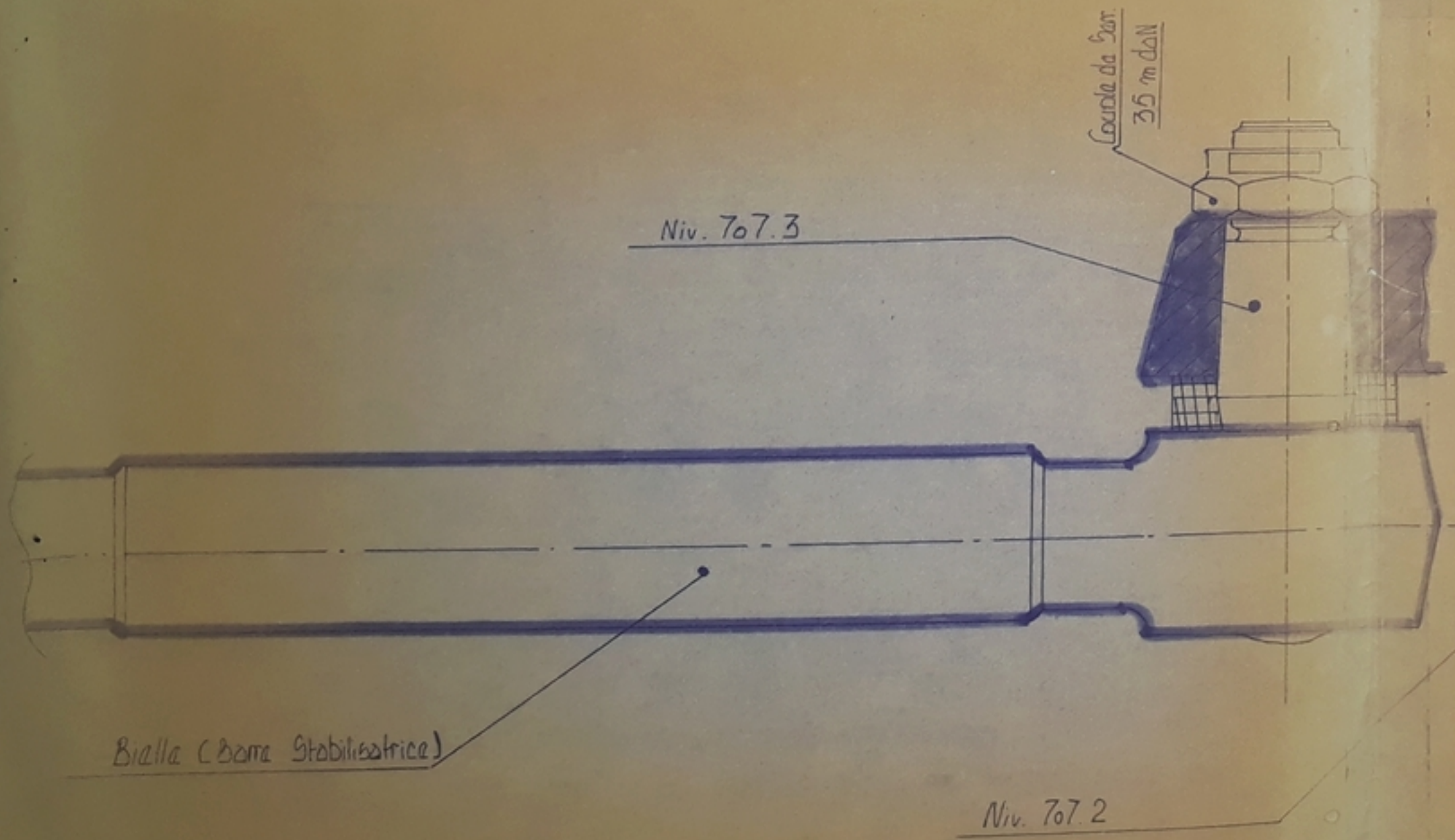
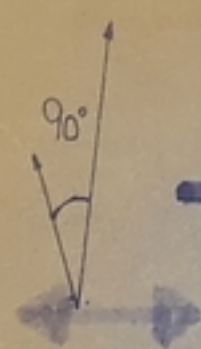
CE PROJET DE FIN D'ETUDE EST LE PREMIER DU GENRE A  
REPRENDRE A LA POLITIQUE D'INTEGRATION ENTREPRIE PAR NOTRE PAYS  
ACTUELLEMENT ET DONC DIRECTEMENT LIE AUX EVENEMENTS ET L'ACTUALITE  
MONDIALE .

JE SOUHAITE LA REUSSITE AUX ESSAIS QU'ENTREPRENDRA LE  
BUREAU D'ETUDE DE LA S.N.V.I ROUBA PAS SEULEMENT POUR MA REUSSITE  
TECHNIQUE MAIS AUSSI LE GAIN DE CONFIANCE EN SOIS MEME ET LE  
MERITE DE NE PLUS DEPENDRE DES LOIS DU MARCHE .

JE SOUHAITERAI QUE DES PROJETS DU GENRE OU SIMILAIRES  
SOIENT ETUDIES PAR NOS ETUDIANTS OU CONJOINTEMENT AVEC CEUX DU  
DEPARTEMENT MECANIQUE.

-----

Coussin D'Air



Plan d'ensemble - Coussin d'air

Echelle 1

PL00886  
Annexe A-



**DESCRIPTION DU MOULE**

Charges

Systeme d'attaque et de coulée

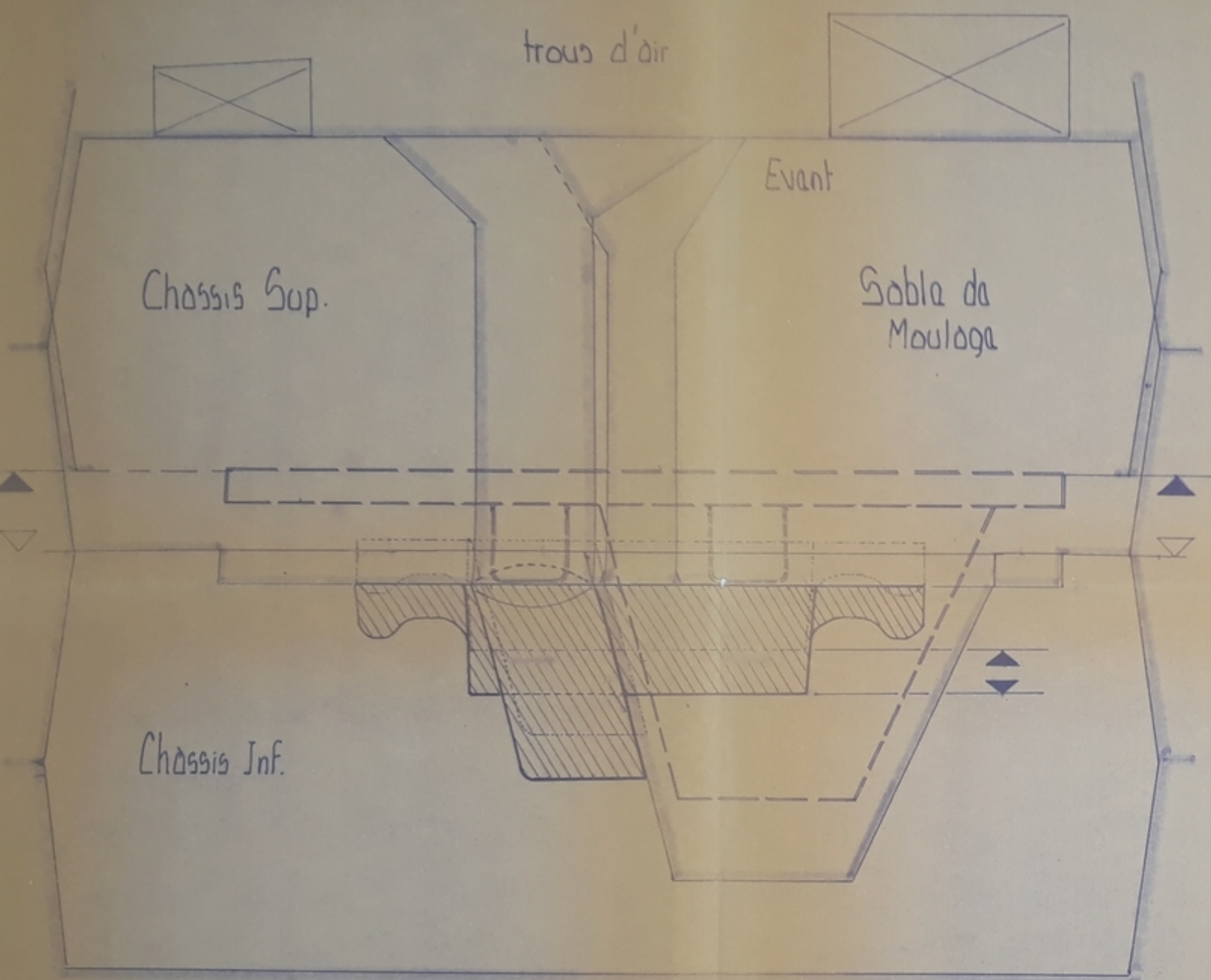
trous d'air

Evant

Sable de Moulage

Chassis Sup.

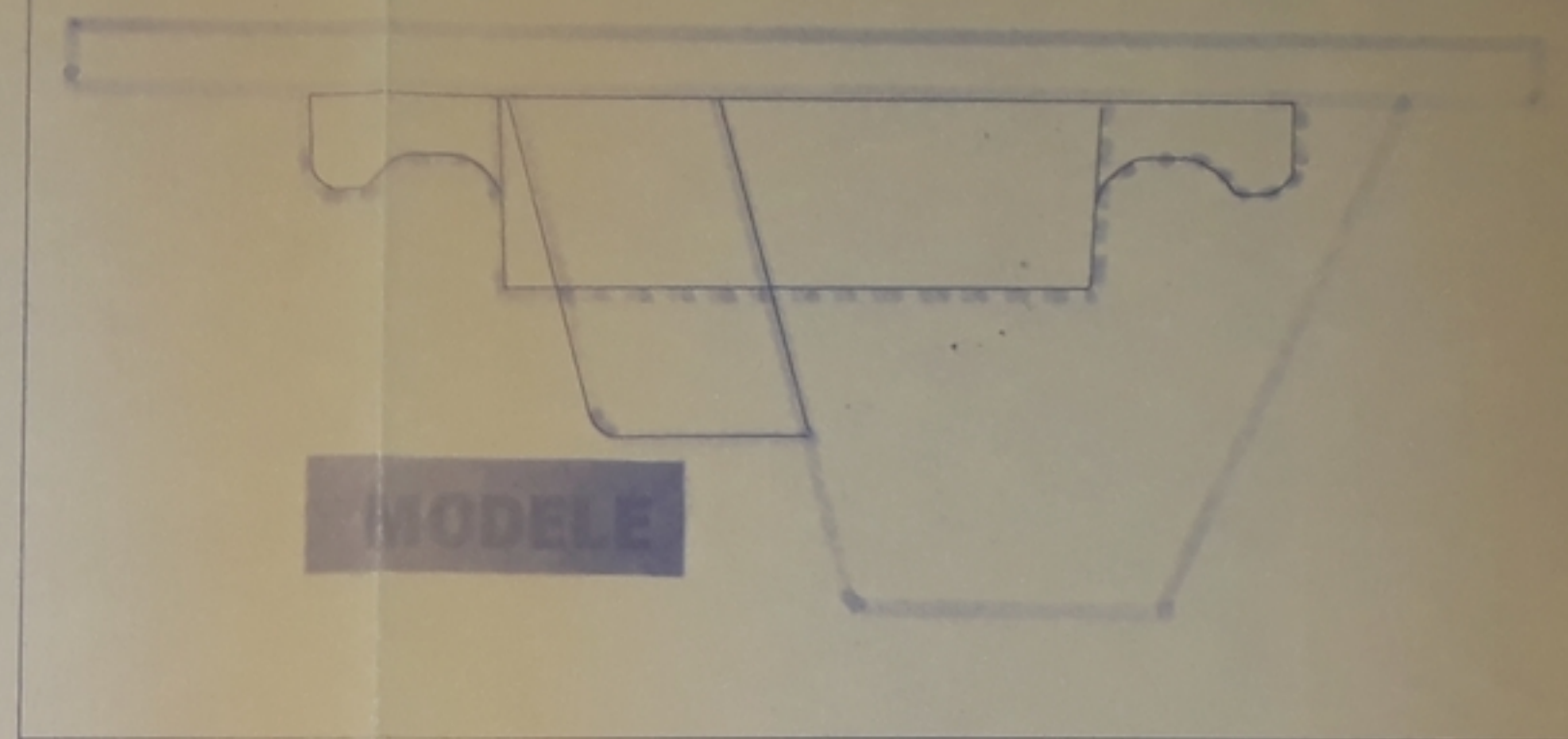
Chassis Inf.



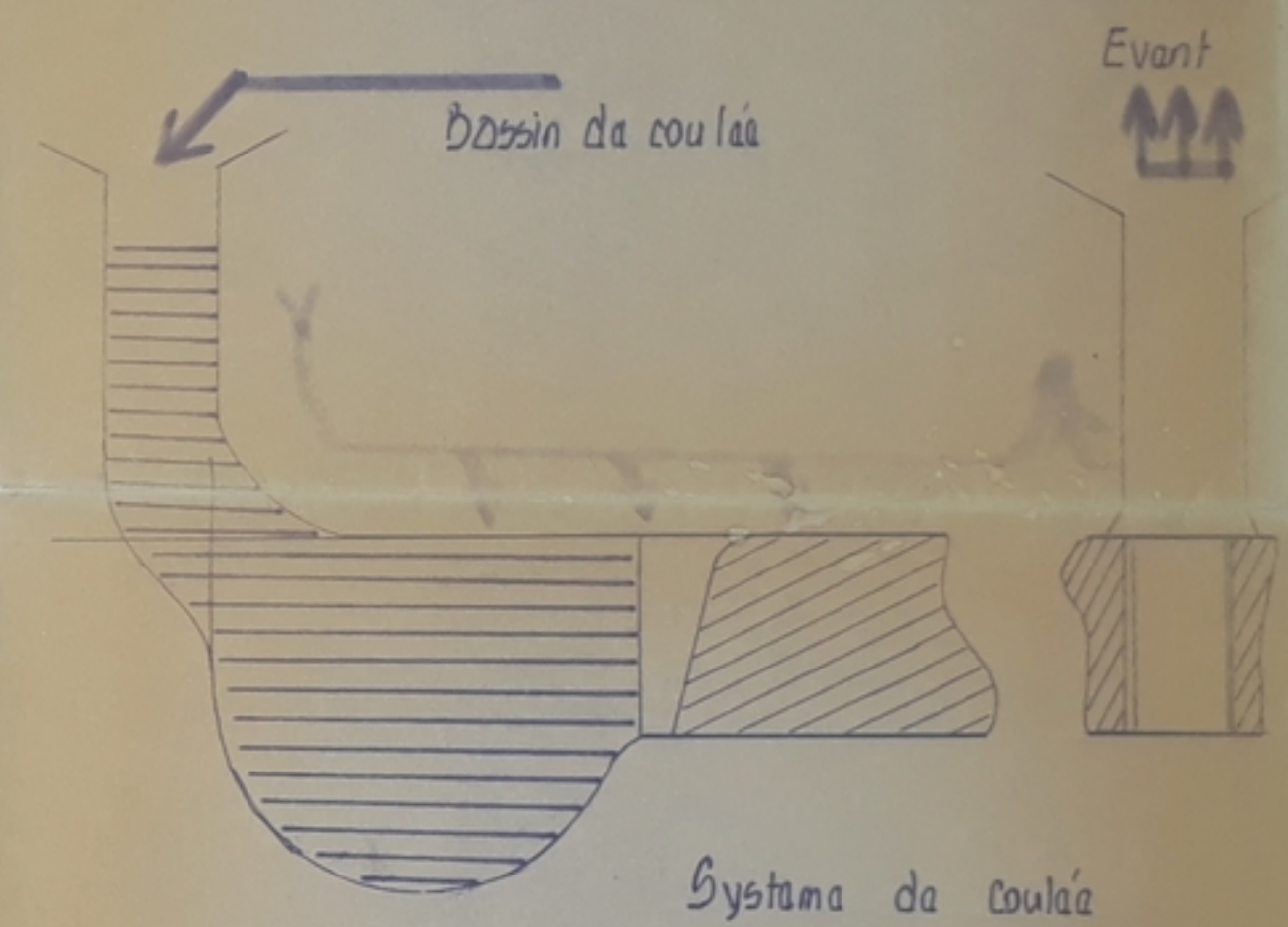
Le premier systeme d'attaque consistait à avoir comme bassin de coulée l'evant de la figure.

- Soulèvement du chassis Sup
- 2<sup>ème</sup> partie du modele enlevée - Démoulage
- Remoulage - Mettre en place la chassis Sup.
- Coulée

**MODELE**



**BASSIN**



Espace servant de moule pour l'emprunte du chassis Sup.

