

وزارة التعليم العالي

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
المكتبة — BIBLIOTHEQUE  
Ecole Nationale Polytechnique

2/2

## ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT GENIE INDUSTRIEL

# PROJET DE FIN D'ETUDES

### S U J E T

PROCEDE ET IMPLANTATION D'EQUIPEMENTS  
POUR LA FABRICATION DE CINTRES METALLIQUES  
DESTINES A L'ETAIEMENT DES TUNNELS SOUTERRAINS

Proposé par :

E. N. E. M.

Etudié par :

A. N. HAMITOU

A. BENBACHIR

Dirigé par :

M<sup>me</sup> GASMI

PROMOTION : JUIN 1989

وزارة التعليم العالي

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

# ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT GENIE INDUSTRIEL

## PROJET DE FIN D'ETUDES

### S U J E T

PROCEDE ET IMPLANTATION D'EQUIPEMENTS  
POUR LA FABRICATION DE CINTRES METALLIQUES  
DESTINES A L'ETAITEMENT DES TUNNELS SOUTERRAINS

Proposé par :

E. N. E. M.

Etudié par :

A. N. HAMITOU

A. BENBACHIR

Dirigé par :

M<sup>me</sup> GASMI

PROMOTION : JUIN 1989

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

SUJET : Procédé et implantation d'équipements pour la  
fabrication de cintres métalliques destinés à  
l'étalement de tunnels souterrains

Elèves ingénieurs : A.N. HAMITOU  
A.BENBACHIR

Promotrice : Mme GASMI

خلاصة المؤلف:  
في هذا المشروع لنا أن ندرس طريقة صنع منحنيات حديدية خالصة  
لتدعيم الأنفاق وكيفية توزيع التجهيزات اللازمة لإنتاجها.  
وإن هدفنا كان أن نحدد الطريقة التي يمكن أن ننتجها بأقل تكلفة  
إنشائها.

RESUME :

Dans le présent projet, nous avons à étudier le procédé de  
fabrication de cintres métalliques destinés à l'étalement de  
tunnels souterrains ainsi que l'implantation des équipements  
nécessaires à leurs fabrication.  
Notre objectif a été de déterminer un procédé économique et  
une implantation efficace.

SUMMARY :

In the present plan we have to study the manufacturing  
process of metallic arches intended to prop underground  
tunnels as to set up the required equipments to their  
production.  
our target was to calculate an efficient settlement and an  
economic manufacturing process.

### REMERCIEMENTS

Nous remercions nos professeurs, en particulier Mme GASMI, notre promotrice, pour son aimable assistance, ainsi que Dr SALHI et Dr KERBACHE pour leurs conseils.

Le personnel de l'ENEM en particulier Mr AIDEL pour l'aide indispensable qu'il nous a apportée.

### DEDICACES

Nous dédions cette étude :

- à nos parents, frères et soeurs pour leurs encouragements constants

- à nos amis pour leur soutien moral

Nous remercions chaleureusement toutes ces personnes pour la contribution morale et matérielle qu'ils nous ont apportée.

Qu'ils trouvent ici, l'expression de toute notre gratitude.

A.N HAMITOU  
A. BENBACHIR

Table des matières

Introduction

I. Préparation du procédé de fabrication	1
A. Etude des produits	2
B. Détermination des gammes de fabrication	7
C. Gammes de fabrication retenues pour les cales et les rondelles sphériques	7
D. Les types d'équipements	9
II. Présentation du procédé de fabrication	11
III. Détermination des quantités de produits à réaliser	17
IV. Détermination des quantités de matières premières	21
V. Détermination du nombre d'équipements	26
A. La charge par type d'équipement	26
B. Détermination du nombre d'équipements	28
VI. Méthodes d'implantation	30
1. Méthode matricielle	30
2. Méthode des gammes fictives	32
3. Méthode des chainons	36
4. Méthode retenue	40
VII. Implantation des équipements	41
Conclusion	
Annexes	
Bibliographie	

## INTRODUCTION

Les grandes entreprises bâtissent leur réussite et leur développement sur des études approfondies de leurs procédés de fabrication et sur l'implantation efficace de leurs équipements.

Dans le cadre de notre projet, il nous est proposé par l'Entreprise Nationale d'Engineering Mécanique (ENEM) d'élaborer une étude sur le procédé et l'implantation d'équipements pour la fabrication de cintres métalliques destinés à l'étalement des tunnels souterrains.

A cet effet nous avons disposé de deux données seulement :

- les dessins de pièces à fabriquer
- la quantité de la matière première principale

A partir de ces éléments, nous avons dû étudier et élaborer les différentes opérations de fabrication, déterminer les autres matières premières nécessaires, choisir les équipements et proposer leur implantation.

En industrie, une mauvaise implantation aboutit inévitablement à des pertes de temps et peut mener à des reconfigurations coûteuses ou même à des destructions importantes de structures.

Afin d'éviter ces erreurs, une préparation est nécessaire pour arriver à une bonne installation.

## PROBLEMATIQUE

Cette étude est destinée à un projet de réalisation d'une unité de production de cintres métalliques.

A partir de deux éléments seulement: Les dessins des pièces et la quantité de matière première principale (HEB 180) , il nous est demandé de déterminer d'une part un procédé de fabrication permettant de connaître les types d'équipements conventionnels, et d'autre part le nombre de ces équipements et leur implantation théorique.

Cette implantation théorique donnera un schéma directeur qui permettra d'orienter l'installation finale.

Le sujet étant ainsi défini, il appartient à l'entreprise concernée, et suivant sa stratégie de réalisation de faire l'évaluation économique de son projet .

Pour cela, nous citerons à la fin de cette étude, les éléments principaux dont l'entreprise devra tenir compte.

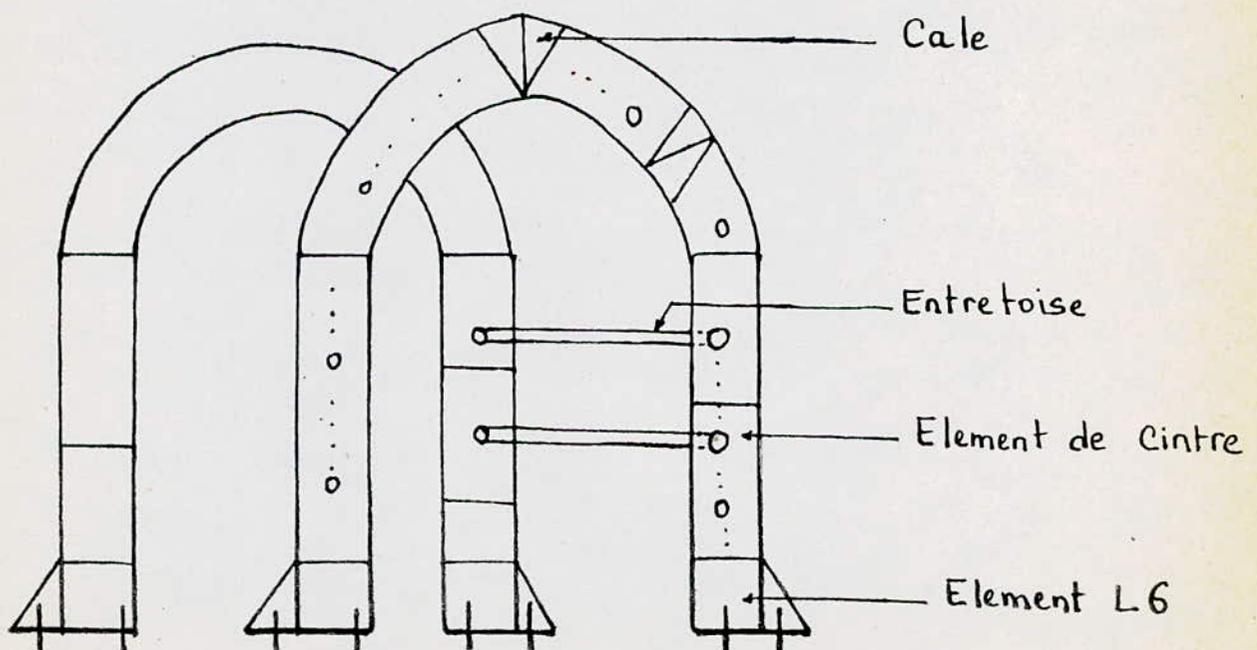
## I. PREPARATION DU PROCEDE DE FABRICATION :

Dans l'étude que nous présentons, nous avons cinq classes de produits. Chacune de ces classes englobe un ou plusieurs types de produits dont l'assemblage doit constituer des cintres destinés à l'étalement des tunnels routiers ou ferroviaires.  
 (voir figure ci-dessous)

L'étude des produits et la détermination des gammes de fabrication représentent les éléments essentiels pour la préparation du procédé de fabrication.

Les produits à fabriquer sont les suivants :

1. Les éléments de cintres : Sept (7) types d'éléments de longueurs différentes qui sont: L1, L4, L5, E1, E2, E3 et E4 (annexes 1, 2, 3 et 4).
2. Les éléments de base L6 : Un seul type d'élément (Annexe 5).
3. Les cales : Cinq (5) types de cales de dimensions différentes : K1, K2, K3, K5 et K12 (Annexe 6).
4. Les entretoises : Trois (3) types d'entretoises de dimensions différentes : T50, T80 et T100 (Annexe 7).
5. Les rondelles sphériques : Un seul type de rondelle (Annexe 7).



A. ETUDE DES PRODUITS :

A partir des dessins de pièces, chaque produit est décomposé en produits semi-finis et sera étudié selon le modèle suivant :

- Constitution des produits
- Matières premières à utiliser
- Dimensions des produits
- Opérations pour l'obtention des produits

1. Les éléments de cintres :

a) Constitution :

- Une longueur de profilé HEB 180
- Deux plaques de base

b) Matière première :

- HEB 180, longueur marchande de 12 m
- Tôle de 1X2m, épaisseur 20

c) Dimensions :

- Longueurs des HEB:

- . L1 : 180 X 180 X 760 mm
- . L4 : 180 X 180 X 210 mm
- . L5 : 180 X 180 X 860 mm
- . E1 : 180 X 180 X 210 mm
- . E2 : 180 X 180 X 960 mm
- . E3 : 180 X 180 X 1460 mm
- . E4 : 180 X 180 X 1960 mm

- Plaque de base:

180 X 180 X 20 mm

d) Opérations sur les produits :

- Sur HEB :

- . sciage
- . perçage

=====

!

!

!

=====

HEB préparé

=====

!

- Sur tôle de 20 :

- . oxycoupage
- . perçage
- . lamage
- . chanfreinage trous

=====

!

=====

Plaque de base

=====

!

----- soudage -----

!

ELEMENT DE CINTRE

2. LES ELEMENTS DE BASE L6 :

a) Constitution :

- Un HEB préparé
- Une plaque de base
- Une plaque de base inférieure
- Un raidisseur
- Quatre tiges d'ancrage

b) Matières premières :

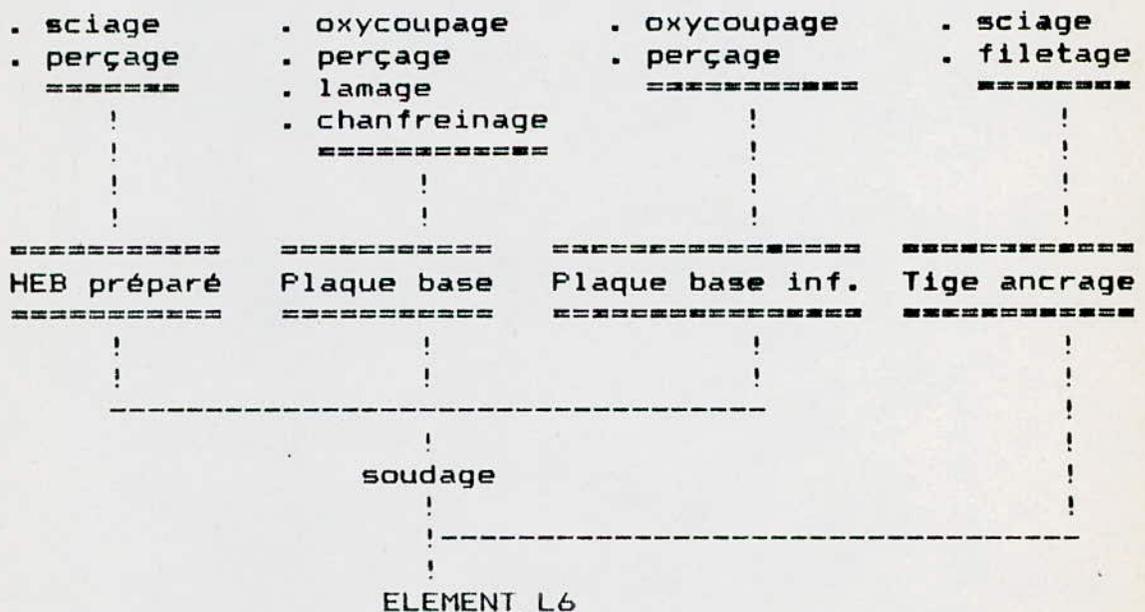
- HEB 180, longueur marchande de 12m
- Tôle de 1X2 m, épaisseur 20
- Tôle de 1X2 m, épaisseur 30
- Barre d'acier, diamètre 20, long. marchande 12m

c) Dimensions :

- HEB préparé 180 X 180 X 400
- Plaque de base 180 X 180 X 20
- Raidisseur : Hauteur 370 mm; Base 170 mm; Epaisseur 20 mm
- Plaque de base inférieure 180 X 350 X 30
- Tige d'ancrage : Diamètre 20 ; longueur 340 mm

d) Opérations sur les produits :

sur HEB    sur tôle 20    sur tôle 30    sur barre acier de 20



### 3. LES CALES :

#### a) Constitution :

- tôle d'acier découpée ou laminé

#### b) Matières premières :

- Tôle d'acier 1x2, épaisseur 30
- Tôle d'acier 1x2, épaisseur 10
- Tôle d'acier 1x2, épaisseur 15 ou
- Laminé, longueur marchande de 12 m  
épaisseurs : 7 ; 9 ; 11 ; 15 ; 27

#### c) Dimensions :

- |       |             |                |                |
|-------|-------------|----------------|----------------|
| - K1  | : 180 X 170 | épaisseur 7mm  | pente 0,5% X 2 |
| - K2  | : 180 X 170 | épaisseur 9mm  | pente 1,0% X 2 |
| - K3  | : 180 X 170 | épaisseur 11mm | pente 1,5% X 2 |
| - K5  | : 180 X 170 | épaisseur 15mm | pente 2,5% X 2 |
| - K12 | : 180 X 170 | épaisseur 27mm | pente 6,0% X 2 |

#### d) Opérations :

sur tôles de 30, 15 et 10 ou

sur laminés

- . oxycoupage
- . perçage
- . usinage plan
- . poinçonnage

=====

!  
!  
!

C A L E

- . sciage
- . perçage
- . poinçonnage

=====

!  
!  
!

C A L E

### 4. LES ENTRETOISES :

#### a) Constitution :

- Barre d'acier découpée, diamètre 20

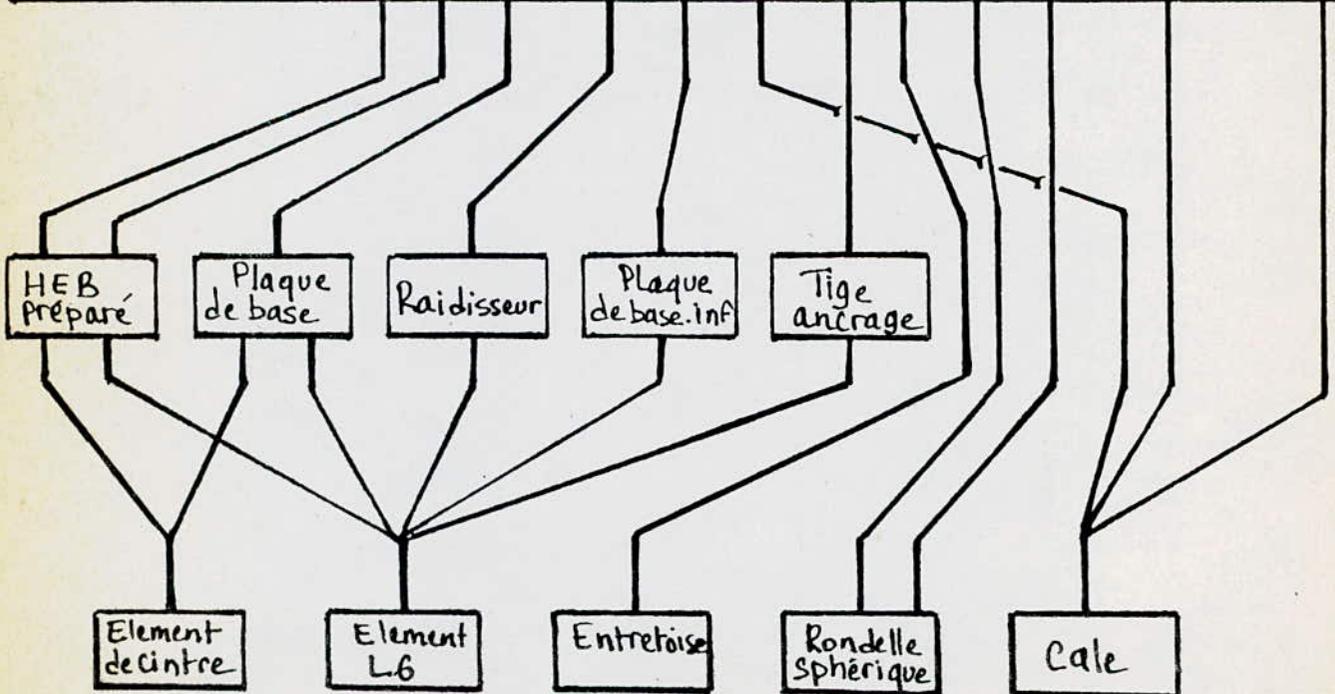
#### b) Matière première :

- Barre d'acier de 20, longueur marchande de 12 m



# SCHEMA RECAPITULATIF

Matière première opérations	HEB180	TOLE ep 20	TOLE ep 30	BARRE $\phi$ 20	BARRE $\phi$ 44	TOLE ep 5, 10	LAMINE
Lamage		○					
Sciage	○ ○			○ ○	○ ○	○	○
Encochage				○		○	○
Percage	○	○	○	○	○	○	○
Tournage					○		
Fraisage				○		○	
Forgeage						○	
Filetage					○ ○		
Oxycoupage		○	○	○			
Ebarbage		○	○	○			
Ebavurage	○ ○		○				
Chanfreinage		○					
Chauffage						○	



## B. DETERMINATION DES GAMMES DE FABRICATION [ 5 ], [ 6 ], [ 9 ], [ 10 ]

En s'aidant du schéma récapitulatif des opérations, on établit les gammes de fabrication. Celles-ci nous indiquent les différentes opérations à réaliser sur la matière première, le type d'équipement adéquat et le temps nécessaire à l'exécution de chaque opération.

Nos gammes de fabrication comprennent :

- 1) Les phases : A chaque type d'opération ou d'équipement correspond une phase d'intervention.
- 2) Les croquis : Ils illustrent les transformations de la matière pour chaque opération.
- 3) Les opérations : Elles constituent l'ensemble des transformations que l'on effectue sur la matière première ou sur les produits semi-finis.
- 4) Les machines : Elles représentent le type d'équipement nécessaire à l'exécution des opérations.
- 5) Le temps : Il détermine la durée relative à l'exécution de chaque opération.

Les gammes de fabrications établies pour chaque produit se trouvent dans les annexes (9 à 20 inclus).

## C. GAMMES DE FABRICATION RETENUES POUR LES CALES ET LES RONDELLES SPHERIQUES :

La gamme de fabrication à retenir lorsqu'il y a plusieurs choix doit nous permettre de réaliser le produit en un minimum de temps, avec un minimum de déchets.

1) LES CALES: Elles sont obtenues soit :

- à partir des tôles (épais. 10, 15 et 30 mm) (Annexe 12)
- à partir de laminés (annexe 11)

Le second procédé consiste à obtenir les rondelles par forgeage.

La forme sphérique ainsi que le trou des rondelles sont obtenues en même temps à la forge en partant de barres d'acier découpées préalablement en épaisseurs de 15 mm. L'opération se réalise en un temps relativement court.

Ce procédé présente l'avantage sur le précédent par un gain important de temps.

#### D. LES TYPES D'EQUIPEMENTS :

Dans ce chapitre nous définissons les différents types d'équipements à utiliser. Leurs nombres respectifs seront calculés dans un autre chapitre.

1) Grenailleuse : Son rôle consiste à éliminer, par projection de grenailles, la couche d'oxyde qui se trouve sur les métaux.

2) Scie circulaire : Elle est utilisée pour découper les profilés. Le déroulement du cycle de sciage est automatique.

3) Meule manuelle : de forme circulaire, cette machine agit par abrasion pour enlever les bavures après le perçage ou le sciage des profilés.

4) Ferceuse à colonne : Equipée de forets aux diamètres voulus, elle est utilisée pour le perçage des profilés.

5) Poste de soudure : Le type de soudage adéquat est le soudage à l'arc.

6) Banc d'oxycoupage : Utilisé pour le découpage des tôles, le banc d'oxycoupage est constitué d'un ensemble de chalumeaux fixés à un support et se déplaçant tous ensemble dans le même sens.

Les chalumeaux peuvent être réglés sous tous les angles. C'est ainsi par exemple qu'ils sont utilisés pour l'opération de chanfreinage relative à la plaque de base.

Dans notre cas, le découpage par oxycoupage d'une tôle (1X2) d'épaisseur 20 mm donnera 55 plaques de base. La même tôle peut donner 50 raidisseurs. Tandis qu'avec une tôle (1X2) d'épaisseur 30, on obtiendra 25 plaques de base inférieure.

Le premier procédé nécessite l'utilisation de tôles de différentes épaisseurs qui passent à l'oxycoupage, puis au perçage avant d'aboutir au fraisage.

Cette dernière opération prend un temps relativement important pour l'usinage plan des tôles afin d'obtenir la forme finale des cales. (Annexe 12)

Elle est en outre coûteuse en raison d'une perte importante de matière première lors de l'usinage de la pente. La matière éliminée en copeaux est sensiblement équivalente au poids-même de la cale finale.

Par ailleurs, l'usinage des pentes, de l'ordre de 0,5 à 0,6% s'avère être une opération délicate du fait de la faible épaisseur des cales.

Enfin l'opération d'usinage plan requiert des équipements importants dont les outils s'usent rapidement et doivent être changés fréquemment.

Le second procédé par lequel les cales sont obtenues à partir de laminés, ne nécessite guère d'usinage ni pour l'obtention de la pente, ni pour l'épaisseur des cales.

Les laminés que l'on emploie pour les cales sont fabriqués à l'origine avec les pentes et les épaisseurs voulues. Les opérations se limitant alors au sciage et au perçage.

Par conséquent, le second procédé est totalement différent du premier. Il présente des avantages à plusieurs égards, notamment :

- gain de temps pour la fabrication des cales
- minimum de déchets

2) LES RONDELLES SPHERIQUES : Elles sont obtenues à partir de barres d'acier de 44 mm de diamètre, selon deux procédés.

Le premier procédé consiste à usiner les rondelles en deux opérations distinctes : le tournage pour l'obtention de la forme sphérique, puis le perçage.

L'usinage au tour est une opération relativement lente. Elle se répercute sur le rendement qui se trouve par ailleurs altéré par le réglage des machines et les changements fréquents des outils de travail.

7) Perceuse d'établi : Elle est utilisée pour le perçage des plaques de base ainsi que pour leur lamage et chanfreinage sphérique. On l'utilise également pour le perçage des cales.

8) Scie alternative : Les barres d'acier de diamètres 20 et 44 sont coupées à l'aide de cette scie.

9) Fileteuse : Elle permet de creuser des rainures hélicoïdales, représentant les filetages extérieurs sur les barres d'acier de diamètre 20.

10) Touret à meuler : Ce touret est employé pour ébarber les plaques de base après oxycoupage et les laminés après sciage.

11) Poinçonneuse : Elle sert à réaliser l'opération d'encochage sur les cales.

12) Four : Il permet de chauffer les rondelles de diam. 44 avant leur passage à la forge.

13) Forge : Les rondelles sphériques passent à la forge pour leur donner leur forme définitive avec le trou central.

14) Poste de peinture : Il s'agit d'une cabine de peinture dans laquelle sont peints par vaporisation les éléments de cintres et les éléments de base afin de les protéger de la corrosion.

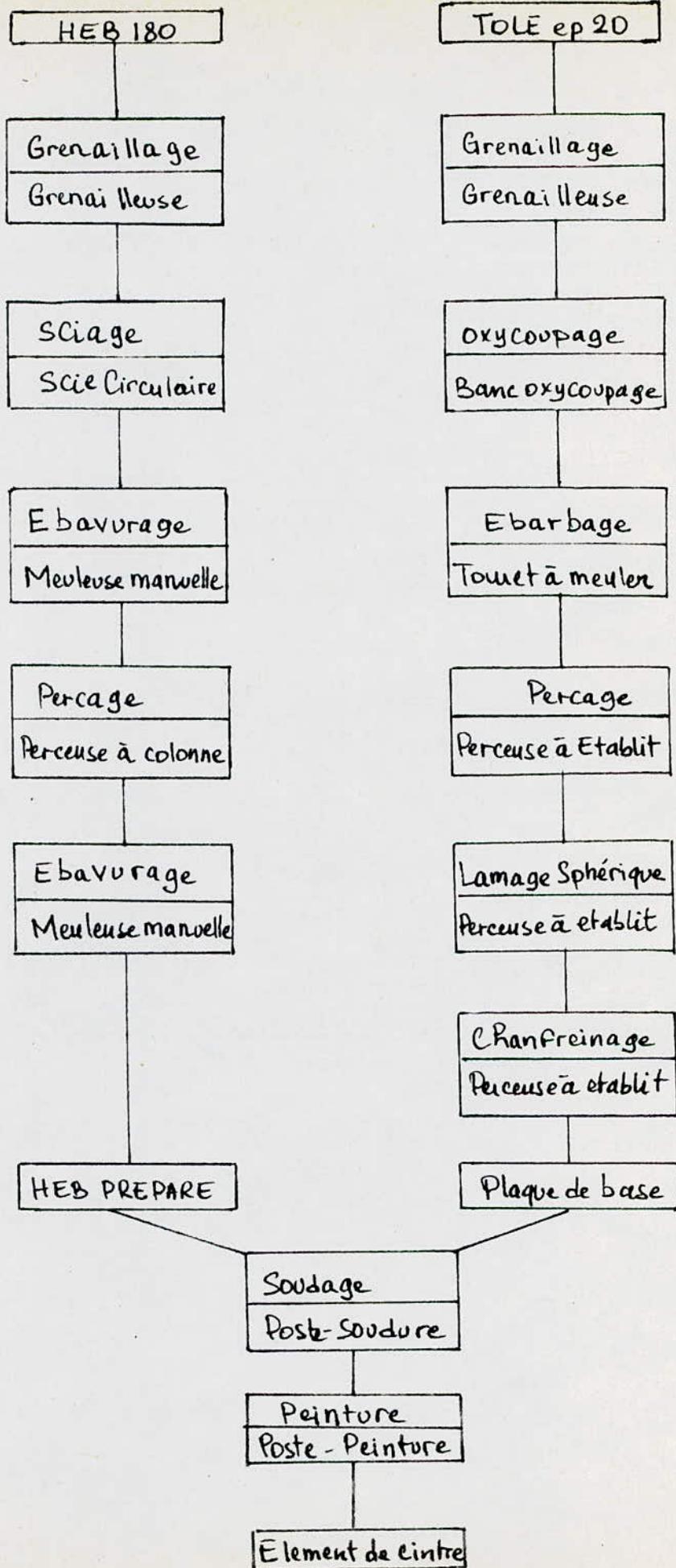
## II. PRESENTATION DU PROCEDE DE FABRICATION

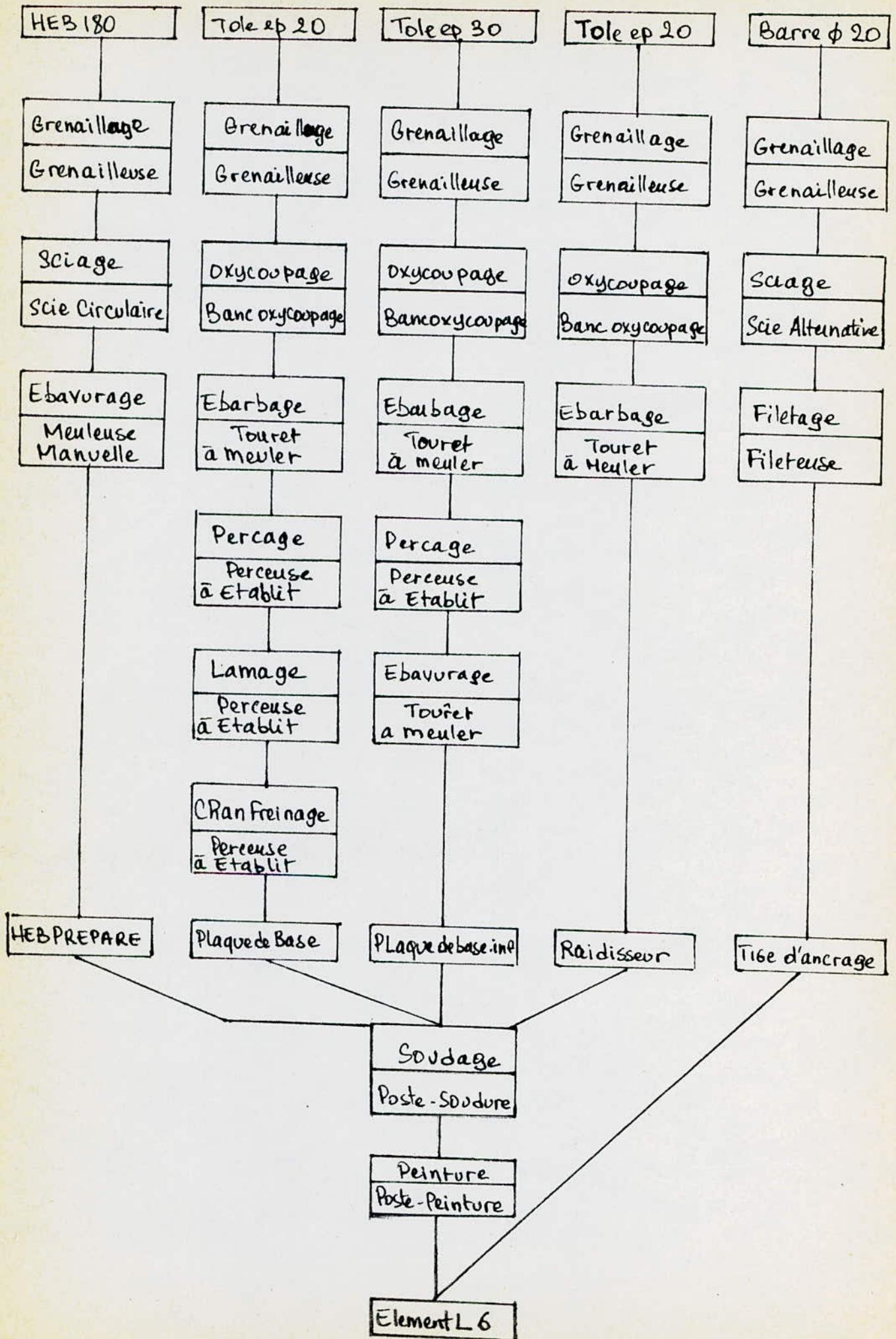
Après avoir sélectionné les gammes de fabrication, nous proposons ci-dessous le procédé de fabrication relatif aux produits finis, aux éléments de cintres, aux cales, aux entretoises et aux rondelles sphériques.

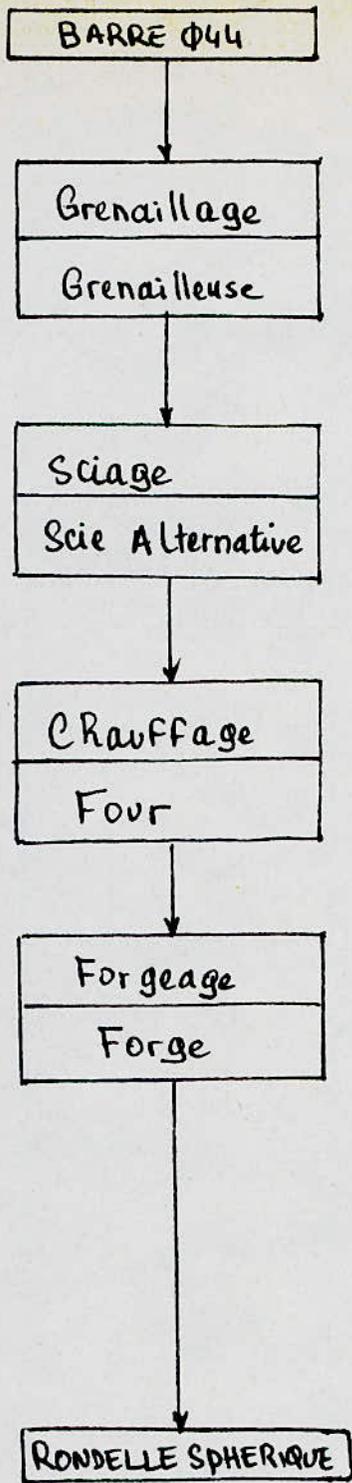
Le procédé en question est représenté par un diagramme d'acheminement pour chaque produit.

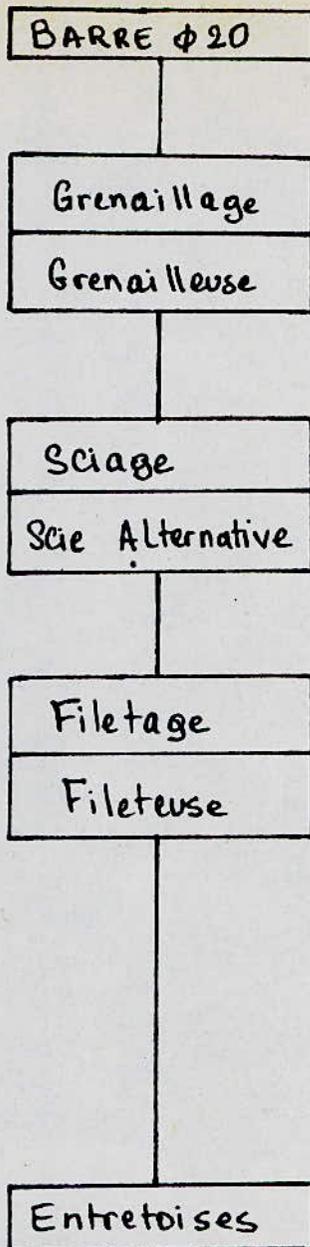
Le diagramme représente :

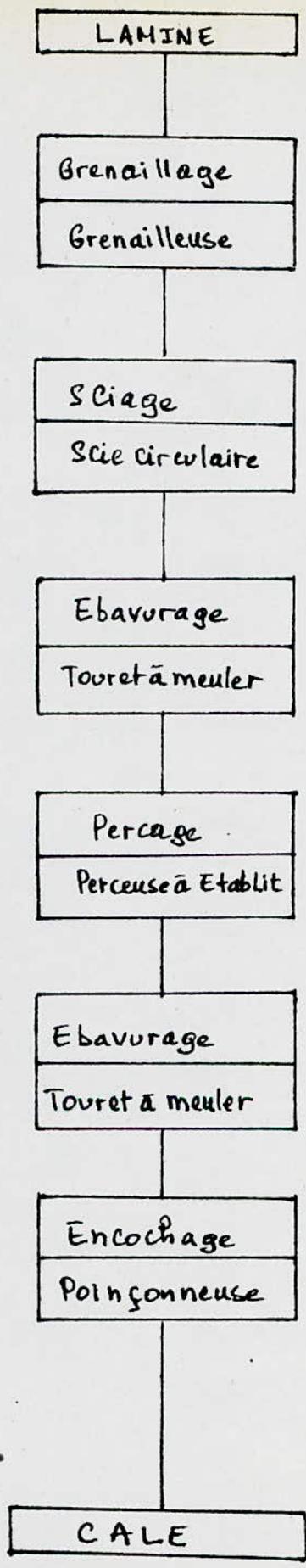
- Le type de matière première
- Les opérations à effectuer sur la matière première dans l'ordre chronologique
- L'équipement qui convient à chaque opération
- Les opérations d'assemblage
- Le produit fini











### III. DETERMINATION DES QUANTITES DE PRODUITS A REALISER

En partant de la matière HEB 180 et en considérant les proportions utilisées pour chaque élément, nous pouvons calculer en nombres et en poids toutes les quantités de produits composant les cintres ainsi que les quantités de matières premières respectives.

Pour la présente étude, l'Entreprise dispose de 500 tonnes de HEB 180 pour réaliser ses éléments de cintres et éléments L6 en une année.

Nous devons donc répartir cette quantité entre les différents types d'éléments à produire, en déduire les quantités respectives, et de là calculer les quantités pour les autres produits.

#### 1) Les éléments de cintres :

Des statistiques de l'Entreprise, il ressort que le nombre total d'éléments utilisés se décompose comme suit :

- 34% d'éléments L1
- 15% d'éléments L4 ou E2
- 30% d'éléments L5 ou E2
- 1% d'éléments E3 ou E4
- 20% d'éléments L6

Les différences de poids entre les éléments nous incitent à faire une répartition équivalente en poids de HEB 180 à utiliser pour chaque type d'éléments.

La répartition en poids équivalente est la suivante :

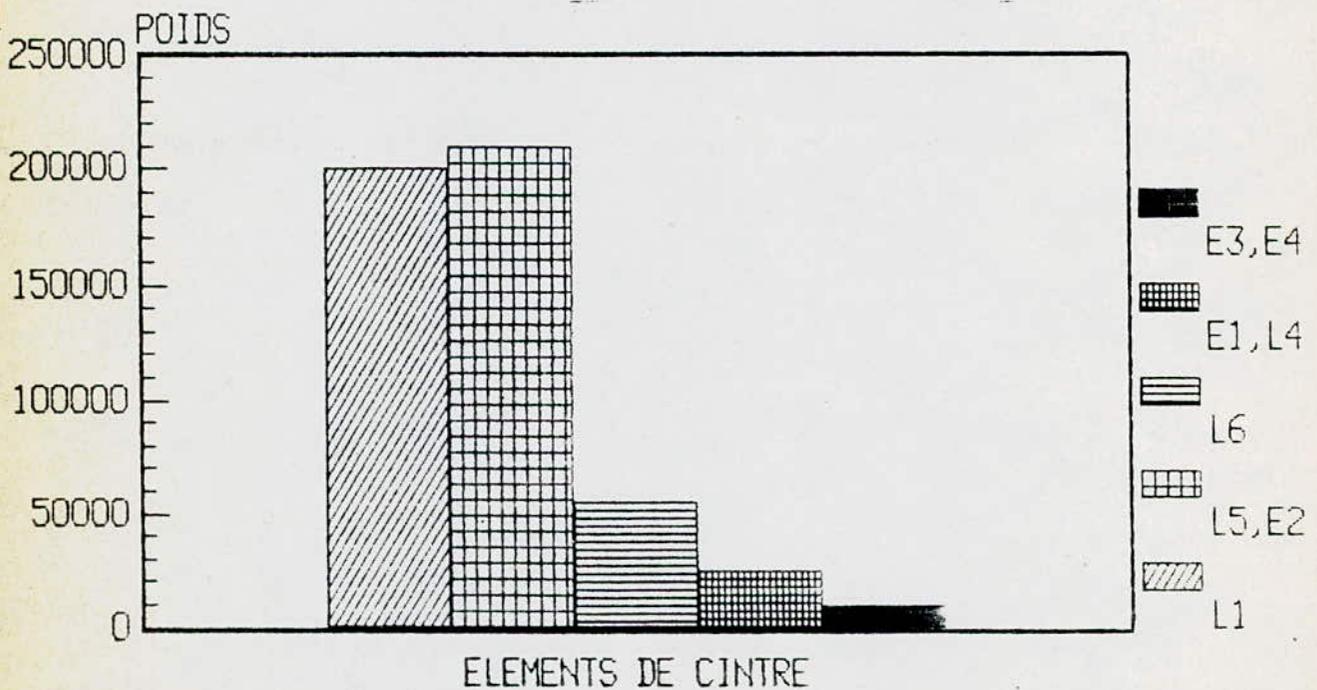
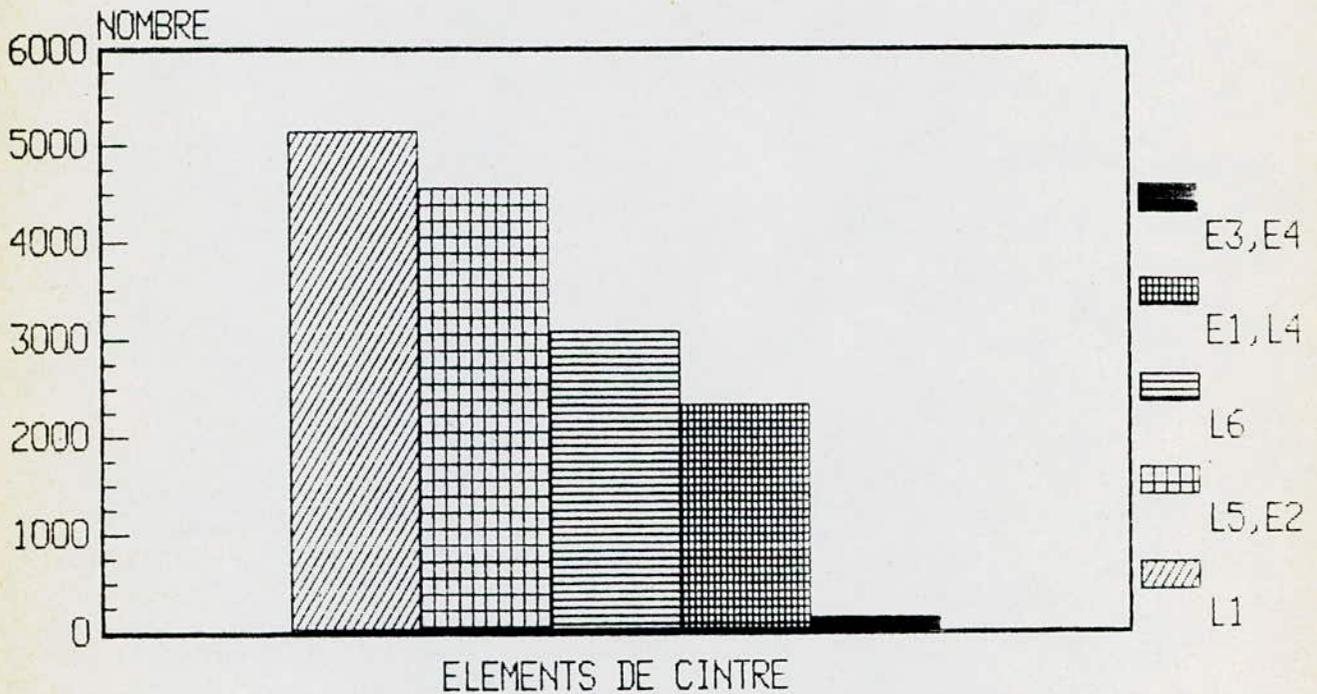
- 40% pour l'élément L1
- 5% pour l'élément L4 ou E1
- 42% pour l'élément L5 ou E2
- 2% pour l'élément E3 ou E4
- 11% pour l'élément L6

Ceci nous donne les poids correspondants :

- 200 tonnes pour L1
- 25 tonnes pour L4 ou E1
- 210 tonnes pour L5 ou E2
- 10 tonnes pour E3 ou E4

Etant donné que chaque type d'éléments n'utilise qu'une seule longueur de HEB 180, le rapport : ( Quantité HEB 180 / Poids unitaire ) nous détermine le nombre d'unités à produire par type d'éléments. (annexe 21)

Les figures ci-après nous illustrent les quantités obtenues en nombres et en poids.



## 2) Plaques de base :

Chaque élément nécessite deux plaques de base.  
L'élément L6 nécessite une plaque de base et une plaque de base inférieure.

Donc : Nbre plaques de base = Nbre d'éléments X 2  
+ Nbre d'éléments L6

et Nbre plaques base inf. = Nbre d'éléments L6

Des calculs de l'annexe (21), il ressort que nous avons un nombre d'éléments égal à 12 145 et un nombre d'éléments L6 égal à 3 070.

Donc: Nbre plaques de base = (12 145 X 2) + 3 070 = 23 360

et Nbre plaques base inf. = 3 070

## 3) Rondelles sphériques :

Chaque plaque de base nécessite quatre rondelles sphériques.

Nbre rondelles sphériques = 23 360 X 4 = 93 440 rondelles

## 4) Entretoises :

Nombre d'entretoises = Nombre de trous des HEB : 2

Ce calcul est justifié par le fait que pour tenir les cintres entre eux, chaque entretoise est reliée à deux trous.  
(voir figure 1)

$$\text{Nombre total de trous} = \sum_{i=1}^N (n_i \times T_i)$$

où  $n_i$  = nbre d'éléments  $i$   
 $T_i$  = nbre de trous par élément  
 $N$  = nbre de types d'éléments

Le total des trous étant de 43 342 (Annexe 22),

Le nombre d'entretoises est alors de 21 671.

5) Tiges d'ancrage :

Pour chaque élément L6 on utilise quatre tiges d'ancrage.

$$\text{Nombre de tiges} = 3\ 070 \times 4 = 12\ 280$$

6) Raidisseurs :

$$\text{Nombre de raidisseurs} = \text{Nombre d'éléments L6} = 3\ 070$$

7) Cales :

Le nombre de cales représente généralement, par expérience dans l'entreprise, 85% du nombre d'éléments de cintres. Leur répartition se présente ainsi :

- 4% cales K1
- 5% cales K2
- 19% cales K3
- 26% cales K5
- 46% cales K12

$$\text{Nombre de cales} = 15\ 215 \times 85\% = 12\ 932$$

La répartition par types de cales est donnée en annexe 23

Le nombre d'unités à réaliser par type de produits est résumé dans le tableau ci-dessous :

Produits	Nbre d'unités
L1	5 140
E1 L4	2 325
L5 E2	4 565
E3 E4	115
L6	3 070
Plaques base	27 360
Raidisseurs	3 070
Pl. base inf.	3 070
Rondelles sph.	109 440
Entretoises	21 671
Tiges ancrage	12 280
Cales K1	517
Cales K2	646
Cales K3	2 457
Cales K5	3 362
Cales K12	5 950

#### IV. DETERMINATION DES QUANTITES DE MATIERES PREMIERES :

Le nombre d'unités par type de produits étant connu, nous déterminons les quantités de matières premières nécessaires à leur réalisation.

##### HEB 180 :

Le poids linéaire étant de 51,2 kg/m, les 500 tonnes de HEB se répartissent donc en 814 longueurs de 12 mètres.

##### Tôles ép. 20 :

Pour réaliser les plaques de base et les raidisseurs, une tôle est découpée en 55 plaques ou en 50 raidisseurs.

Nombre de tôles ép.20 = 561

##### Tôles ép. 30 :

Une tôle est découpée en 25 plaques de base inférieure. Connaissant le nombre d'unités à produire, nous avons alors besoin de 123 tôles ép. 30.

##### Barres diam. 20 :

Connaissant le nombre d'unités à réaliser pour chaque produit, nous déterminons le nombre de barres destinées aux entretoises et aux tiges d'ancrage, soit 1974 barres de 12 m.

##### Barres diam. 44 :

A partir de l'épaisseur des rondelles et leur nombre, nous avons un nombre 137 barres de 12 m.

##### Laminés :

A partir du nombre à produire par type de cales et de la longueur de chaque cale, nous calculons le nombre de laminés qui est de 185 longueurs de 12m.

L'annexe 24 nous donne avec plus de détails les quantités de matières premières pour chaque produit.

Nous reprenons dans les tableaux ci-après la répartition des matières premières en poids et en produits correspondants :

a) Matières premières :

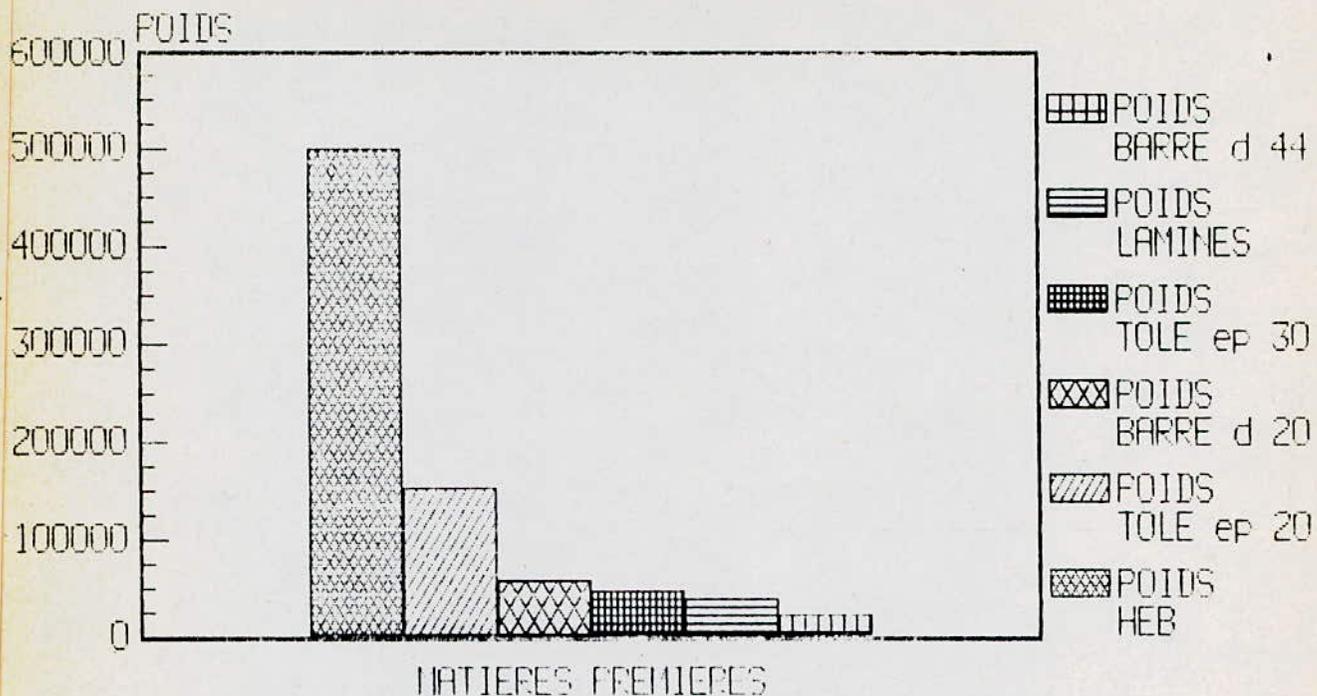
Matièresières	Poids en kg	Répartition en %
HEB 180	500 000	61,30
Tôle de 20	151 966	18,70
Barre de 20	58 420	7,20
Tôle de 30	45 590	5,60
Laminés	39 016	4,80
Barre de 44	19 620	2,40
<b>Total</b>	<b>815 112</b>	<b>100,00</b>

b) Nombres de produits par matière ière :

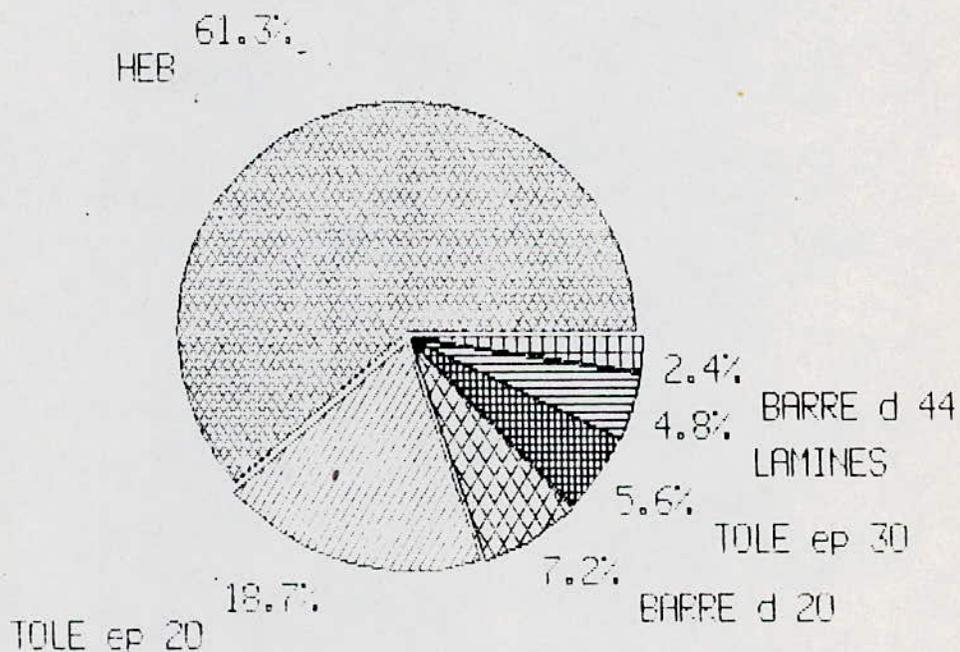
Matière ière	Produits	Nombres	Répart. en %
Barres d.40	Rondelles sph.	109 440	53,40
Barres d.20	Entretoises	21 671	16,60
	Tiges d'ancrage	12 280	
Tôles ép.20	Plaques de base	27 360	
	Raidisseurs	3 070	14,80
HEB 180	El.cintres + L6	15 215	7,40
Laminés	Cales	12 932	6,30
Tôles ép.20	plaques base inf.	3 070	1,50
	<b>Total</b>	<b>205 038</b>	<b>100,00</b>

Ces résultats sont représentés par des graphiques ci-après :

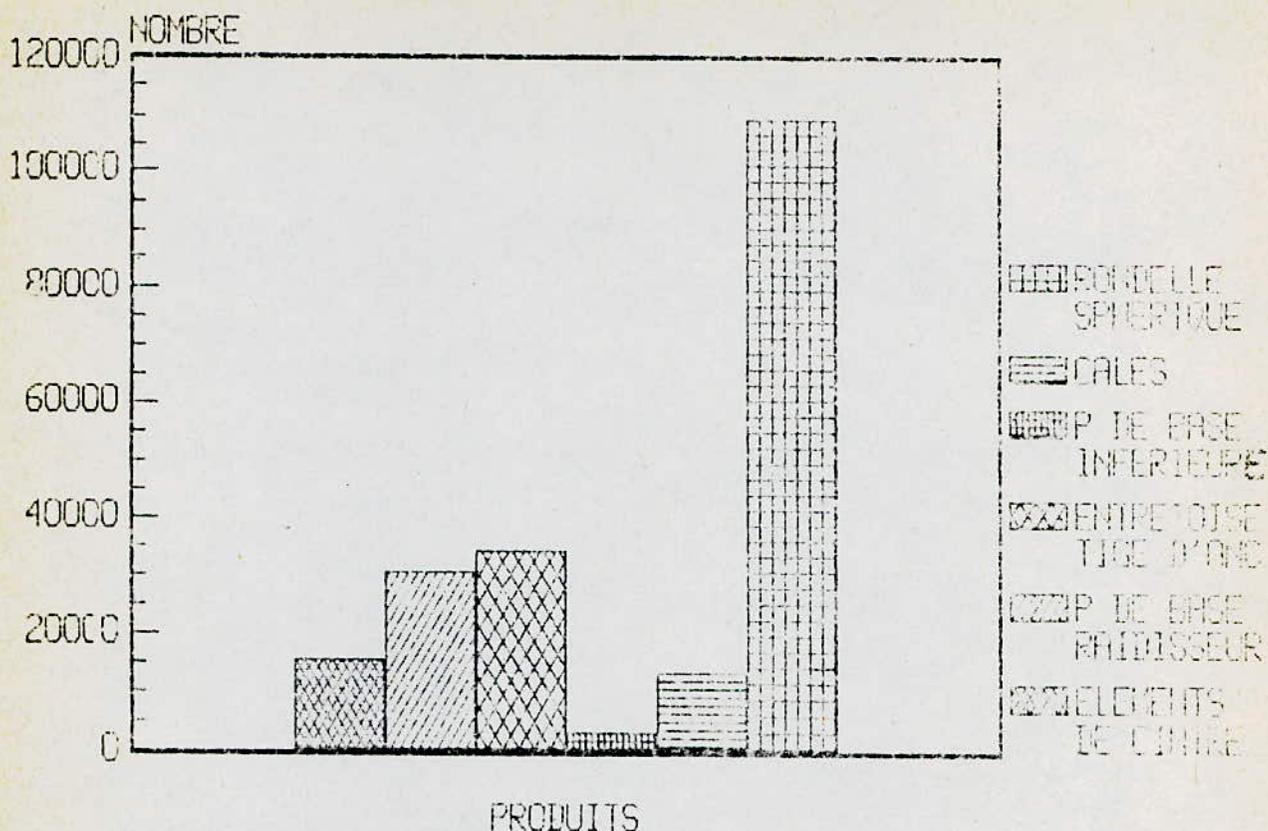
### MATIERES PREMIERES-QUANTITES



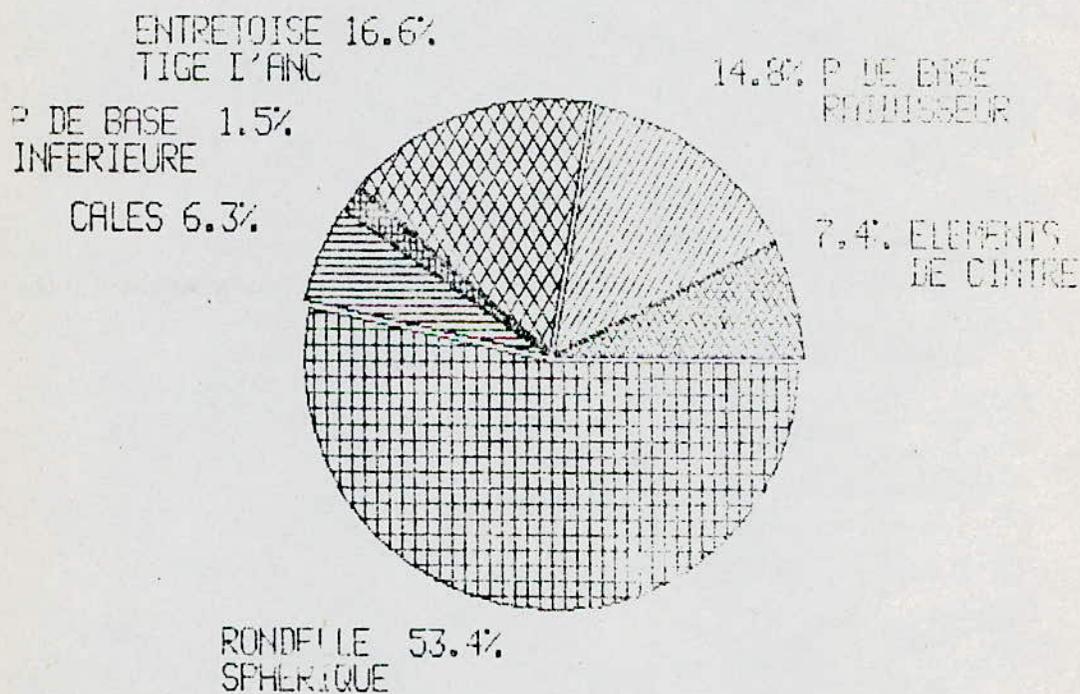
### REPARTITION MATIERE PREMIERE



PRODUIT-NOMBRE



REPARTITION DES PRODUITS



Notre problème d'implantation d'équipements repose sur les éléments fondamentaux suivants :

- la nature du produit à fabriquer
- la quantité à produire
- la quantité de matières premières à utiliser

Ces éléments servent de base à l'orientation et aux décisions à prendre concernant aussi bien la disposition des équipements que la circulation des matières et leur manutention.

D'après les calculs qui ont précédé, on constate par exemple que les rondelles représentent 53,4% du nombre total des produits à fabriquer, alors que leur poids n'est que de 2,4%.

Par contre le HEB 180 représente 61,3% en poids et seulement 7,4% en nombre pour tous les produits à fabriquer en HEB.

De cette analyse il ressort que le facteur poids est prédominant quant à la circulation des produits et à leur manutention.

## V. DETERMINATION DU NOMBRE D'EQUIPEMENTS

La détermination du nombre d'équipements doit tenir compte de deux facteurs :

- la charge par type d'équipement
- les exigences du processus de fabrication

### A. La charge par type d'équipement [ 7 ] [ 4 ] :

Elle se définit par :

$$C = \text{temps d'exécution des opérations (TN)} / \text{temps disponible (TD)}$$

et nous permet d'obtenir le nombre d'équipements par type requis pour la réalisation des opérations. Le nombre à prendre en considération doit être la valeur entière de (C) prise par excès. (Si  $C = 1,7$  il nous faut 2 équipements).

Durant le processus de fabrication, l'organisation doit être telle que les produits doivent circuler dans un seul sens en raison notamment de leur poids et de leurs dimensions.

On ne doit permettre aucun rebroussement pour éviter une manutention excessive et une perte de temps conséquente en plus des encombrements inutiles et gênants.

Le nombre d'équipements, déduit de la charge, doit être ajusté pour satisfaire à ces exigences.

#### 1) Temps d'exécution des opérations :

Ce temps est celui de la présence du produit sur l'équipement. Son calcul nécessite la détermination de deux temps :

- $T_D$  : le temps d'opération qui représente le temps net pour l'exécution de l'opération.
- $T_M$  : le temps de manipulation qui inclut le temps de réglage, de fixation, de positionnement, d'évacuation, de pivotation, de pose,...

$$TN = T_D + T_M$$

a) Le temps de manipulation :

Le temps est ici défini suivant le type d'équipement et le mode de travail. Le tableau ci-dessous nous donne les manipulations et leurs motifs, ce qui nous permettra d'en déterminer les temps respectifs.

Equipements	Manipulations	Motifs
Grenailage	positionnement	avance automatique
Scie circulaire Scie alternative	temps entre 2 opérations	entre 2 opérations: sciage matière, re- tour lame, avance matière, position- nement lame.
Oxycoupage	positionnement pivotation	avant oxycoupage dans un sens. avant oxycoupage 2ème sens.
Perceuse HEB	positionnement	position. du foret avant perçage.
Perceuse établi	Pose Positionnement Evacuation	pose de la matière du foret du produit
Fileteuse	Fixation Retournement Evacuation	de la barre pour filetage opposé du produit
Poinçonneuse	Positionnement Evacuation	du produit à souder du produit poinçonné
Soudage	Positionnement Pose	du produit à souder baguette sur produit
Forge	Positionnement Evacuation	rondelle sphérique du produit

b) Le temps d'opération :

Le temps d'opération pour chaque produit et par type d'équipement est égal au nombre d'opérations X temps/opérat.

Le temps total est la somme des temps/produit.

Les temps d'opération et de manipulation sont calculés par type d'équipement. Ils sont présentés en annexes 25 à 37. Nous les résumons dans le tableau suivant :

Equipements	Temps manip. (TM/h)	Temps opér. (TO/h)	Total (TN/h)
grenailage	43	922	965
scie circul.	142	700	842
scie altern.	139	503	642
oxycoupage	24	195	219
perceuse HEB	61	145	206
perceuse établi	438	1 637	2 075
poste soudure	263	4 143	4 406
fileteuse	94	337	431
poinçonneuse	18	4	22
meuleuse	--	218	218
touret à meuler	--	598	598
forge	304	122	426

2) Le temps disponible :

C'est le temps de travail disponible durant une année.

TD = 6 heures/jour X 24 jours/mois X 11 mois = 1 584 heures

B. Détermination du nombre d'équipements :

Le tableau ci-après présente les charges calculées ( $C = TN/TD$ ) des équipements et le nombre requis pour chacun d'eux :

Equipements	Charges %	Nombre
grenailleuse	70	1
scie circulaire	53,15	1
scie alternative	40,53	1
oxycoupage	13,82	1
perceuse HEB	13	1
perceuse à établi	131	2
paste à souder	278	3
fileteuse	27,20	1
poinçonneuse	1,36	1
meuleuse manuelle	13,76	1
touret à meuler	37,75	1
forge	26,86	1

Afin d'éviter tout rebroussement de matière au courant du processus de production, nous devons procéder à un ajustement de quelques équipements. (voir diagramme d'acheminement)

C'est ainsi qu'il est nécessaire d'avoir une meuleuse manuelle et un touret à meuler supplémentaires. Par ailleurs, nous devons ajouter les équipements nécessaires : un four et une cabine de peinture.

Ce qui nous amène à implanter 18 équipements dont liste ci-après :

- 1 grenailleuse
- 1 scie circulaire
- 1 scie alternative
- 1 banc d'oxycoupage
- 1 perceuse à colonne (HEB)
- 2 perceuses à établi (tôles)
- 3 postes à souder
- 1 fileteuse
- 1 poinçonneuse
- 1 meuleuse manuelle
- 2 tourets à meuler
- 1 cabine de peinture
- 1 four
- 1 forge

## VI. METHODES D'IMPLANTATION

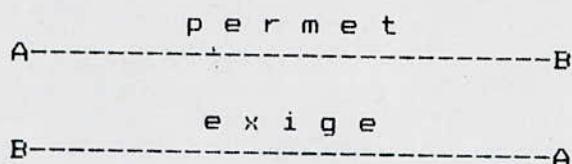
Il existe plusieurs méthodes d'implantation. Nous en présentons trois et en choisissons la plus adéquate pour le présent projet.

### 1. Méthode matricielle [2]

(ligne ou gamme enveloppe)

Cette méthode est basée sur les liaisons entre machines, engendrées par les gammes d'usinage.

En parcourant la gamme d'une pièce dans l'ordre chronologique de ses opérations, un couple de machines successives (A,B) est liée par la relation telle que A permet B et B exige A.



Cette relation d'exigibilité et de permissibilité permet de construire une matrice "Machine, Machine" composée en lignes et en colonnes de machines désignées par les gammes.

L'ordre dans lequel sont prises les machines doit être le même aussi bien en ligne qu'en colonne.

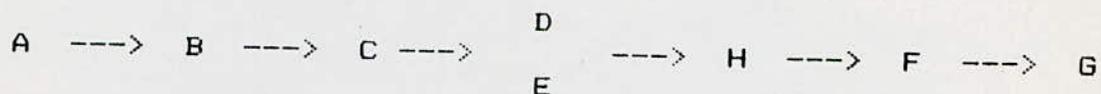
M A T R I C E

		A	B	.....	H
		p e r m e t			
A	E X I G E			-----	
B				-----	
...				-----	
...				-----	
H				-----	

La matrice est remplie en parcourant toutes les gammes relatives à l'ensemble des produits.



L'implantation des machines à laquelle on aboutit se présente de la manière suivante :



Cette implantation est en ligne et elle assure la circulation de l'ensemble des produits en sens unique.

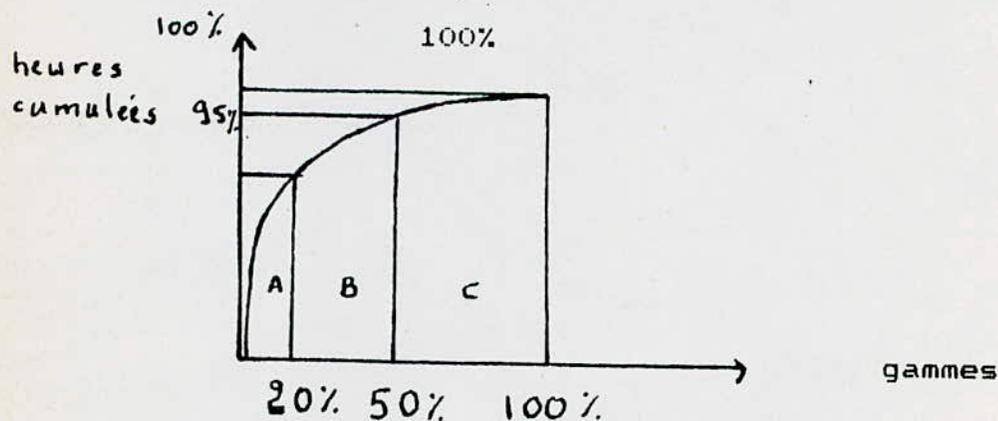
## 2. Méthode des gammes fictives [ 3 ]

Cette méthode est basée sur les analogies que présente la fabrication de différents produits. Elle a pour but la mise en ligne de machines dans un atelier afin de fabriquer des pièces sans rebroussement.

Les étapes d'application de cette méthode sont :

### a) Classification des gammes :

A l'aide d'une analyse ABC les gammes sont classées en fonction de leur importance en heures sur un graphique.



Trois tranches de gammes sont déterminées.

- la tranche A (20% des gammes pour 80% des heures)
- la tranche B (30% des gammes pour 15% des heures)
- la tranche C (50% des gammes pour 5% des heures)

b) Examen des gammes :

Les gammes de la tranche A et B sont examinées :

Les gammes homogènes sont regroupées pour faire apparaître les analogies et les autres gammes, appelées disparates, sont isolées.

On passe par la suite à l'examen des gammes de la tranche C.

Une partie est classée dans le groupe des gammes homogènes ; l'autre dans les gammes disparates.

Ainsi les gammes sont classées et regroupées en gammes homogènes et en gammes disparates.

La méthode des gammes fictives s'intéresse à l'implantation des machines relatives aux gammes homogènes. Les machines qui fabriquent les pièces de gammes disparates sont à implanter fonctionnellement.

Il ressort de la classification des gammes plusieurs groupes de gammes homogènes. On dresse un tableau de cheminement des produits sous la forme suivante :

postes	produits fabriqués				
	S	T	U	V	W
A					
B					
C					
E					
F					
G					
H					
cadence/mois	100	20	50	100	100
Temps total par produit (h)	7.30	4.40	13.40	6.30	5.10

Un tableau des charges est ensuite dressé.

Produits Postes	S	T	U	V	W	X	Y	temps total/ poste
A	100	50	50	80	70			350
B	10	40		50	50		40	190
C	50	200	40	20		20	10	350
D	40	50	40			20	30	180
E	100	200	150	140			100	690
F	20			20	30	10	20	100
tps tot/ produit	320	540	290	310	150	50	200	1 800

A partir du tableau des charges, un tableau récapitulatif des charges est reconstitué afin de déterminer le nombre d'équipements.

Postes	Numéros des opérations dans la gamme									charge /mois	nbre machine
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
A	350			90	60	30				530	3
B	90	100								190	1
C		200	150							350	2
D			80	100	60	280		150		670	4
E				180	180	230	100			690	4
F					50		50			100	1

Ce tableau est ensuite étudié pour l'implantation des équipements.

L'implantation doit s'effectuer en ligne si les charges des postes par opération sont groupées autour de la diagonale principale.

Le tableau précédent est repris à titre d'exemple pour expliquer la procédure à suivre :

1) Les postes dont les charges sont loin de la diagonale sont relevés. Dans notre exemple il s'agit des postes A, D et E.

2) Une machine est soustraite à chacun de ces postes et va générer une nouvelle ligne dans le tableau. Cette ligne contiendra les charges éloignées de la diagonale. (le total de ces charges ne doit pas dépasser la charge admissible de la machine).

3) La ligne va être positionnée de façon telle que les charges qu'elle contient soient groupées autour de la diagonale.

Dans cet exemple, on doit ajouter :

- pour le poste A, une ligne entre les postes D et E relative aux opérations 4, 5, 6.
- pour le poste E, une ligne après le poste F.
- pour le poste D, deux lignes : l'une entre E et F pour les opérations 5 et 6 ; l'autre après E pour l'opération 8

Poste	N° des opérations dans la gamme								charge mensuelle	nombre machine	
	1	2	3	4	5	6	7	8			
A	350									350	2
B	90	100								190	1
C		200	150							350	2
D			80	100						180	1
A				90	60	30				180	1
E				180	180					360	2
D					60	280				340	2
F					50		50			100	1
E						230	100			330	2
D								150		150	1

### 3) Méthodes des chainons [2][3] :

Cette méthode est basée sur les relations qui existent entre les postes. Ces relations se caractérisent par les chainons et leurs indices de circulation.

**Le chainon :** Il représente le déplacement d'un poste à l'autre dans le diagramme d'acheminement des produits. C'est l'analogie d'une liaison entre deux postes successifs.

**L'indice de circulation :** Il représente l'importance du chainon en mesurant le trafic de matière qui s'écoule entre ses deux postes.

En partant du diagramme d'acheminement de chaque produit et de la matière qui lui est nécessaire, on détermine les chainons et leurs indices de circulation.

Les indices de circulation des chainons sont rassemblés dans un tableau appelé tableau d'intensité de trafic. Ce tableau permettra de connaître la quantité de matière qui passe par chaque poste. Ainsi, on évalue aussi l'indice de circulation de chaque poste.

L'implantation des postes s'effectue en tenant compte :

- de l'importance des postes par leurs indices de circulation
- du diagramme d'acheminement des produits.

a) Procédure :

- les postes sont classés par ordre d'importance décroissant.
- les postes sont implantés suivant le même ordre en tenant compte du fait que deux postes sont d'autant plus rapprochés que le lien qui les représente dans le diagramme d'acheminement est plus direct.

La disposition finale des postes dépend :

- de la nature des produits (poids, volume,...)
- du mode de circulation des produits (manutention)
- des aires de stockage (matières lères, stocks tampon, emmagasinage)

b) Exemple :

Soit à fabriquer trois produits 1, 2, 3, selon les quantités suivantes :

produit 1	:	1 000
produit 2	:	2 000
produit 3	:	500

Les matières premières devant passer par des postes pour la réalisation de ces produits sont de l'ordre de :

produit 1	:	10 000 Kg
produit 2	:	40 000 Kg
produit 3	:	50 000 Kg

Le diagramme d'acheminement de chaque produit donne les postes successifs suivants :

Produits	1	2	3
	A	B	M
Postes successifs	E	D	H
	K	C	F
		H	K
		G	I
		L	
		J	
		M	

Les chainons et leurs indices de circulation pour les trois produits se présentent comme suit :

	indices	chainons
produit 1	10 000	AE , EK
produit 2	40 000	BD,DC,CH,HG,BL,LJ,JM
produit 3	50 000	MH,HF,FK,KI

Le tableau d'intensité de trafic se présente de la sorte :

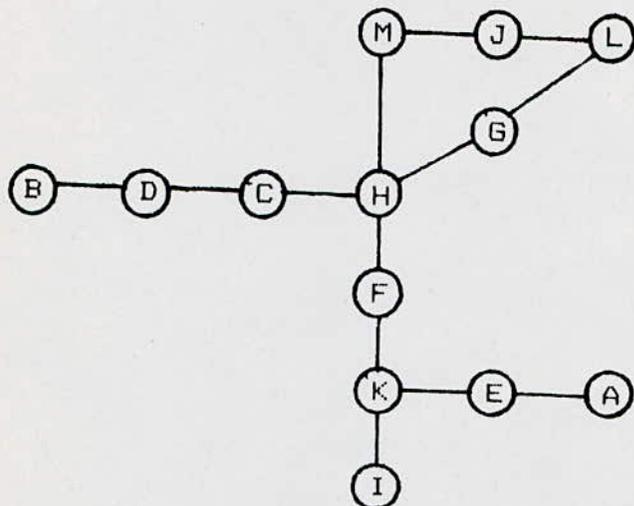
	O	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
N										50		40		40	100
M	50								50		40			180	
L								40			40		80		
K						40	50			50		120			
J											80				
I										100					
H				40			50	40	180						
G								80							
F							100								
E		40				20									
D			40	40	80										
C				80											
B	40		80												
A	40	20													
O	100														

L'indice de circulation de chaque poste est obtenu en totalisant les indices de la ligne et de la colonne correspondantes.

Le classement des postes par ordre d'importance décroissant en indice de circulation est :

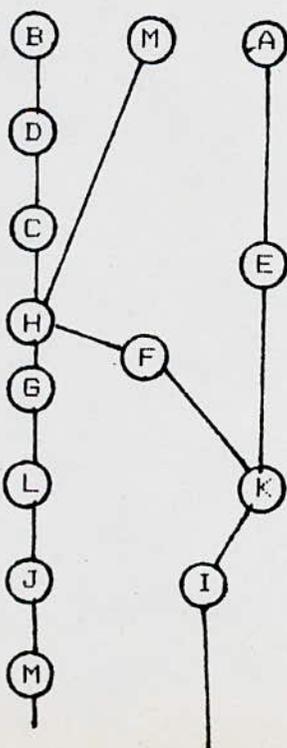
(M,H) , (K) , (I,F) , (L,J,G,D,C,B) , (E,A)  
 100      120      100                      80                      20

La première implantation se présenterait comme suit :



L'implantation finale doit se présenter de la manière suivante en sachant que :

- la circulation des produits doit se faire à sens unique
- la circulation du produit 3 doit se faire en ligne



#### 4) METHODE RETENUE :

Les méthodes décrites plus haut permettent de trouver une implantation à sens unique de sorte à éliminer tout rebroussement.

La méthode matricielle aboutit à une implantation unidirectionnelle. Les équipements sont disposés en une seule ligne appelée "ligne enveloppe". Toutes les pièces parcourent cette ligne.

Cette méthode est bonne pour la fabrication de pièces ayant des caractéristiques communes et nécessitant le même système de manutention.

La méthode des gammes fictives intervient lorsque nous sommes en présence de beaucoup de gammes. Elle s'intéresse aux gammes homogènes présentant des analogies qui permettent de trouver une gamme fictive.

Quant aux gammes disparates, elles sont étudiées séparément et les machines correspondantes sont implantées d'une manière fonctionnelle.

Cette méthode s'applique aux ateliers fabricant des produits analogues. Les pièces à fabriquer parcourent le même circuit en sautant éventuellement un ou plusieurs postes.

La méthode des chaînons prend en compte la circulation des produits.

Elle met en relief les chaînons les plus importants et dispose les équipements de telle sorte à raccourcir les chemins et à minimiser la manutention. De plus le circuit des pièces ne présente aucun rebroussement.

En raison d'une part de la diversité des produits et d'autre part des poids importants à manipuler, nous avons retenue pour notre étude la METHODE DES CHAINONS.

Son application permettra de :

- satisfaire la circulation des produits en sens unique
- faciliter la disposition d'un système de manutention efficace.

## VII. IMPLANTATION DES EQUIPEMENTS :

La méthode d'implantation retenue étant la " méthode des chainons", nous en appliquons les différentes phases :

### a) Désignation des équipements :

Chaque équipement est désigné par une lettre alphabétique.

Equipement	Désignation	Equipement	Désignation
grenailleuse	A	meleuse manu. 1	J
scie circul.	B	touret à meul.1	K
perceuse colonne	C	postes à souder	L
perceuse établi 1	D		
perceuse établi 2	E	cabine peinture	M
poinçonneuse	F	forge	N
scie altern.	G	four	O
fileteuse	H	meuleuse manu. 2	P
oxycoupage	I	touret à meuler 2	Q

On parcourt les diagrammes d'acheminement du procédé de fabrication pour chaque produit semi-fini et fini afin de ressortir tous les chainons et de connaître leur indice de circulation.

Ainsi nous mettons en relief la quantité de matière première et sa destination pour chaque produit.

Cette quantité ( nombre x poids unitaire ) est calculée à l'aide du tableau de l'annexe 24 reconstruite précédemment.

HEB 180	tôle ép. 20
445 tonnes	121,45 tonnes
A	A
B	I
J	K
C	D
P	E
L	L
M	M

HEB pour  
élément de  
cintre

pl.de base pour  
élément de  
cintre

HEB 180	tôle ép.20	tôle ép.30	tôle ép.20	barre d.20
55 t	15,35 t	45,6 t	15,16 t	10,3 t
A	A	A	A	A
B	I	I	I	B
J	K	K	K	H
L	D	D	L	
M	E	Q	M	
	L	L		
	M	M		
HEB pour L6	pl.base L6	pl.base inf. L6	raidisseur L6	tige ancrage L6

Laminés	Barre d 20	Barre d 44
39 t	48,11 t	19,62 t
A	A	A
B	G	G
K	H	O
D		N
Q		
F		
Cale	entretoise	rondelle sphérique

Les chainons et leurs indices de circulation pour tous les produits sont résumés dans le tableau ci-après.

PRODUITS	INDICES	CHAINONS
<u>ELEMENT</u>		
HEB 180	445	AB, BJ, JC, CP, PL, LM
Tole 20	121,45	AI, IK, KD, DE, EL, LM
<u>L6</u>		
HEB 180	55	AB, BJ, JL, LM
Plaque de base	15,35	AI, IK, KD, DE, EL, LM
Plaque de base inf	45,6	AI, IK, KD, DQ, QL, LM
Raidisseur	15,16	AI, IK, KL, LM
Tige d'ancrage	10,3	AG, GH
<u>CALES</u>		
Laminés	39	AB, BK, KD, DQ, QF
<u>ENTRETOISE</u>		
Barre d 20	48,11	AG, GH
<u>RONDELLE SPHE</u>		
Barre d 44	19,62	AG, GO, ON

On remarque qu'il ya des chainons communs à des produits différents.

Leurs indices sont portés dans le tableau d'intensité de trafic.

L'indice de circulation par poste est obtenu en totalisant les indices de la ligne et de la colonne correspondantes.

Voir tableau ci-après

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
Q				45,6 39		39							45,6				169,2
P			445										445			890	
O								19,62							19,62	39,24	
N													445,55 15,35 45,6 55 15,45	18,62			
M													69,56				
L						12,45 15,35				55	15,16	139,12					
K		39		12,45 15,35 45,6 39					12,45 15,35 45,6 15,16		47,12						
J		445 55	445								1000						
I	12,45 15,35 45,6 15,16										39,12						
H								10,3 48,11			58,41						
G	10,3 48,11 19,62										156,06						
F											39						
E				12,45 15,35	27,3,6												
D				44,28													
C			890														
B	445 55 39	1078															
A	814,59																

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
Q				84,6		39						45,6					169,2
P			445									445				890	
O								19,62						19,62	39,24		
N														19,62			
M												697,56	697,56				
L					136,8					55	15,16	139,52					
K		39		221,4					197,56		473,2						
J		500	445							1000							
I	197,56								395,12								
H								58,41	58,41								
G	78,03							156,06									
F						39											
E				136,8	273,6												
D				442,8													
C			890														
B	539	1078															
A	814,59																

Les indices de circulation des postes se trouvant dans la dernière case de chaque colonne, leur ordre d'importance décroissant est :

L B J P C A M K D I E Q G H O F N

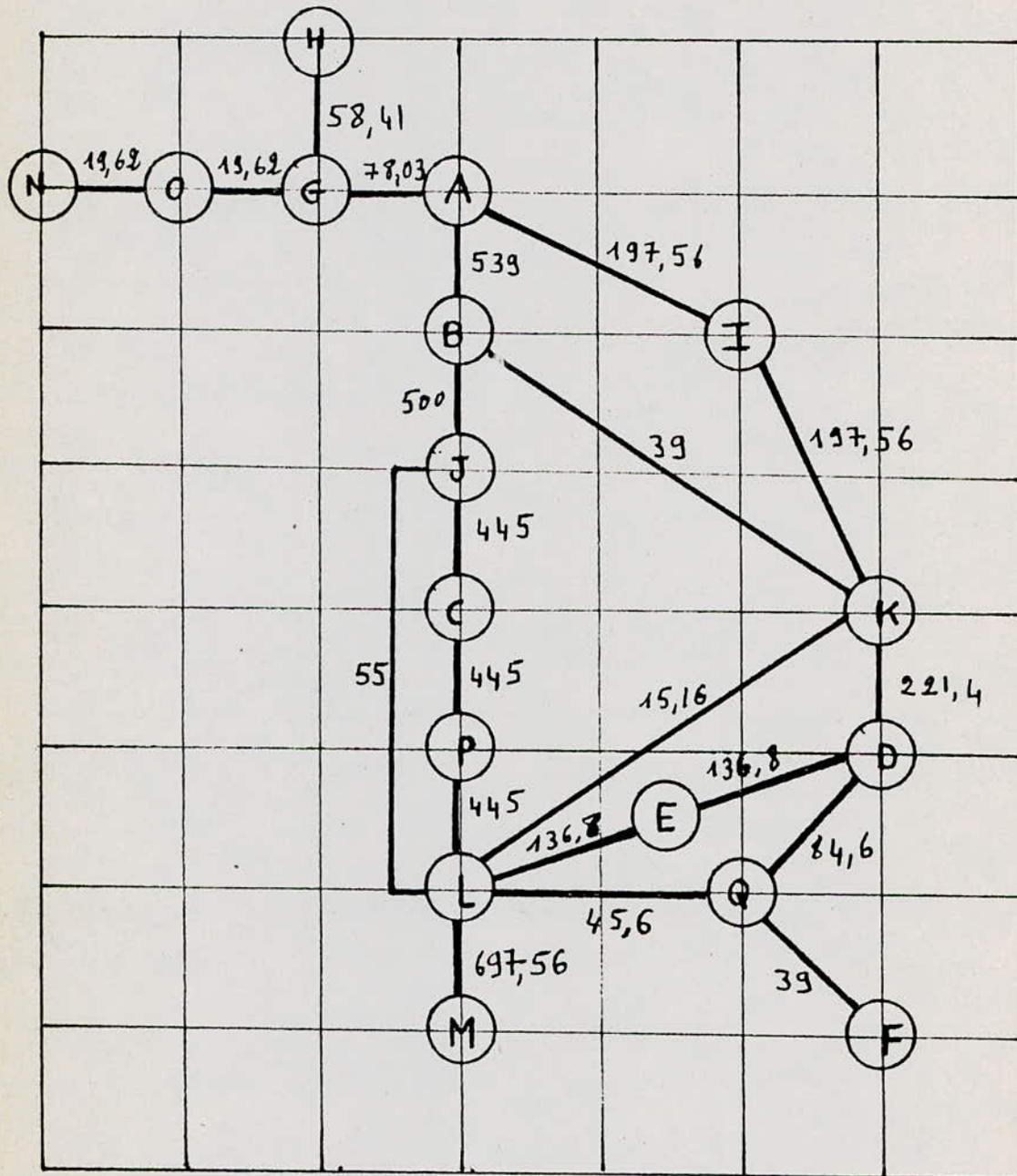
L'implantation de ces postes doit se faire dans cet ordre, avec le principe que deux postes sont d'autant plus rapprochés que le lien qui les représente est plus direct.

Le tableau suivant nous donne pour chaque poste à implanter les postes précédemment implantés à proximité desquels il doit figurer.

Postes à implanter	Proximité
L	-
B	-
J	B
P	L
C	J, P
A	B
M	L
K	B, L
D	K
I	A, K
E	D, L
Q	D, L
G	A
H	G
O	G
F	Q
N	O

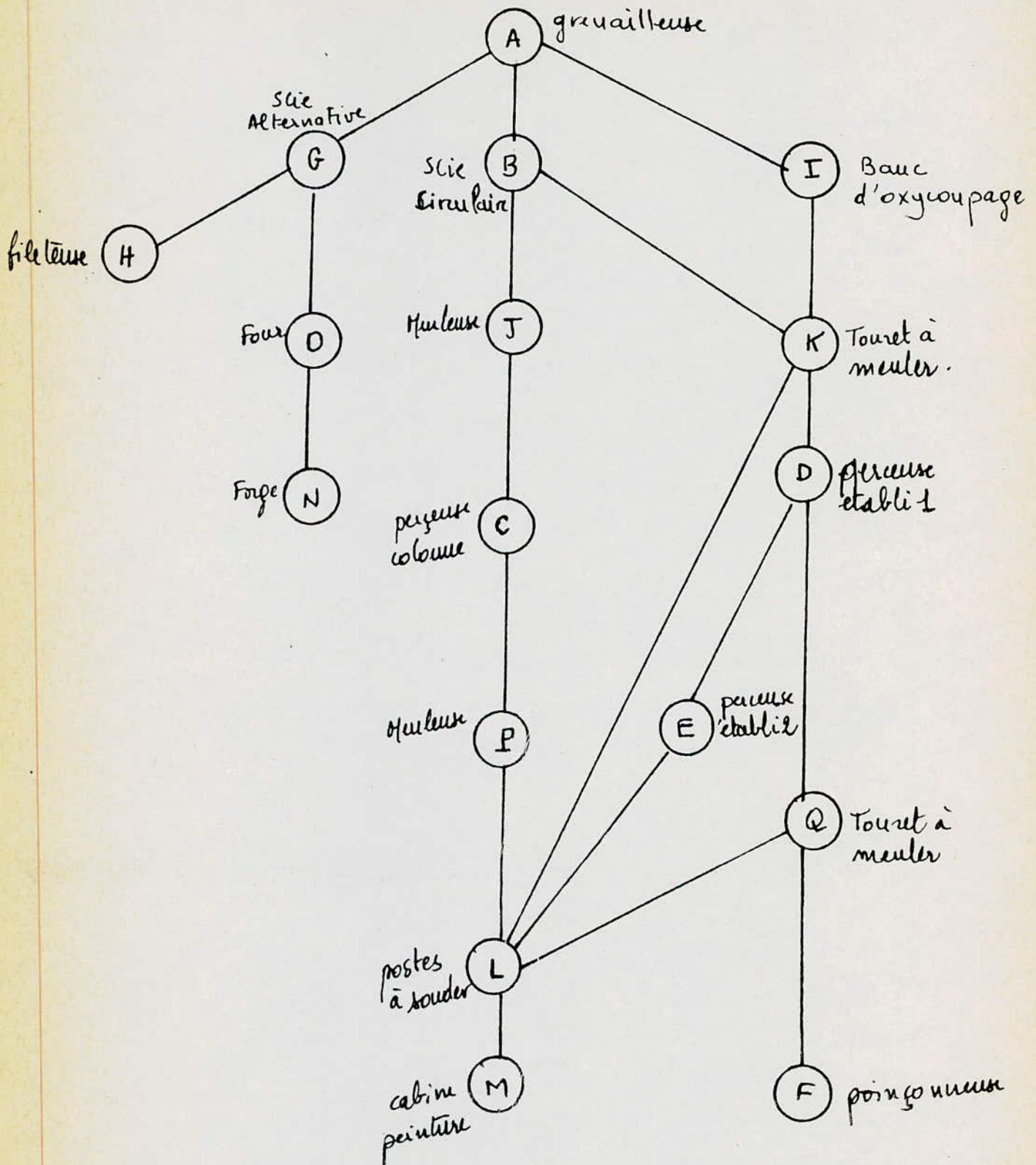
L'implantation est représentée ci-après :

L'implantation est représentée ci-après :



On ajuste cette implantation pour avoir le caractère à sens unique de la circulation des produits.

ENTREE DES MATIERES 1<sup>ieres</sup>



SORTIE DES PRODUITS FINIS

Pour la circulation des produits ,nous proposons trois types de manutention :

Manutention aérienne : pour le déplacement des charges importantes.

Chemins roulants : Ils assurent la circulation des produits lourds d'un équipement à un autre .

Chariots : Pour le transport de produits moins lourds .

L'implantation théorique trouvée donnera à l'entreprise un schéma directeur lui permettant d'orienter l'installation finale.

A cet effet, elle devra tenir compte :

- de la surface des équipements
- des aires de stockage
- des couloirs pour la circulation des produits
- des aires normales de travail

Pour l'évaluation économique de ce projet, il faudrait tenir compte de coûts suivants :

- le coût de réalisation du bâtiment :

Il comprend celui des constructions, de la main d'oeuvre, des matériaux de construction ...

- le coût des équipements :

Il comprend celui des équipements et de leur transport.

- Le coût d'installation :

Il regroupe le coût de l'installation des équipements, et celui des services annexes.

- Le coût des matières premières :

Il comprend celui de la matière première et de leur transport.

- Le coût de l'énergie :

Ce coût comprend celui de l'électricité lors de l'utilisation des équipements, et celui des services annexes.

- Le coût de production :

Ce coût comprend le coût du personnel et celui de la maintenance.

## Conclusion

Dans le processus de fabrication que nous avons étudié, nous avons défini les produits à fabriquer, déterminé les matières premières nécessaires et choisi les équipements. Nous avons été amené à trouver le circuit adéquat des matières et produits.

Pour notre implantation nous avons préconisé la méthode des chaînons où la circulation des produits doit se faire à sens unique. Cette méthode nous permet un gain de temps important et par conséquent une amélioration de la productivité.

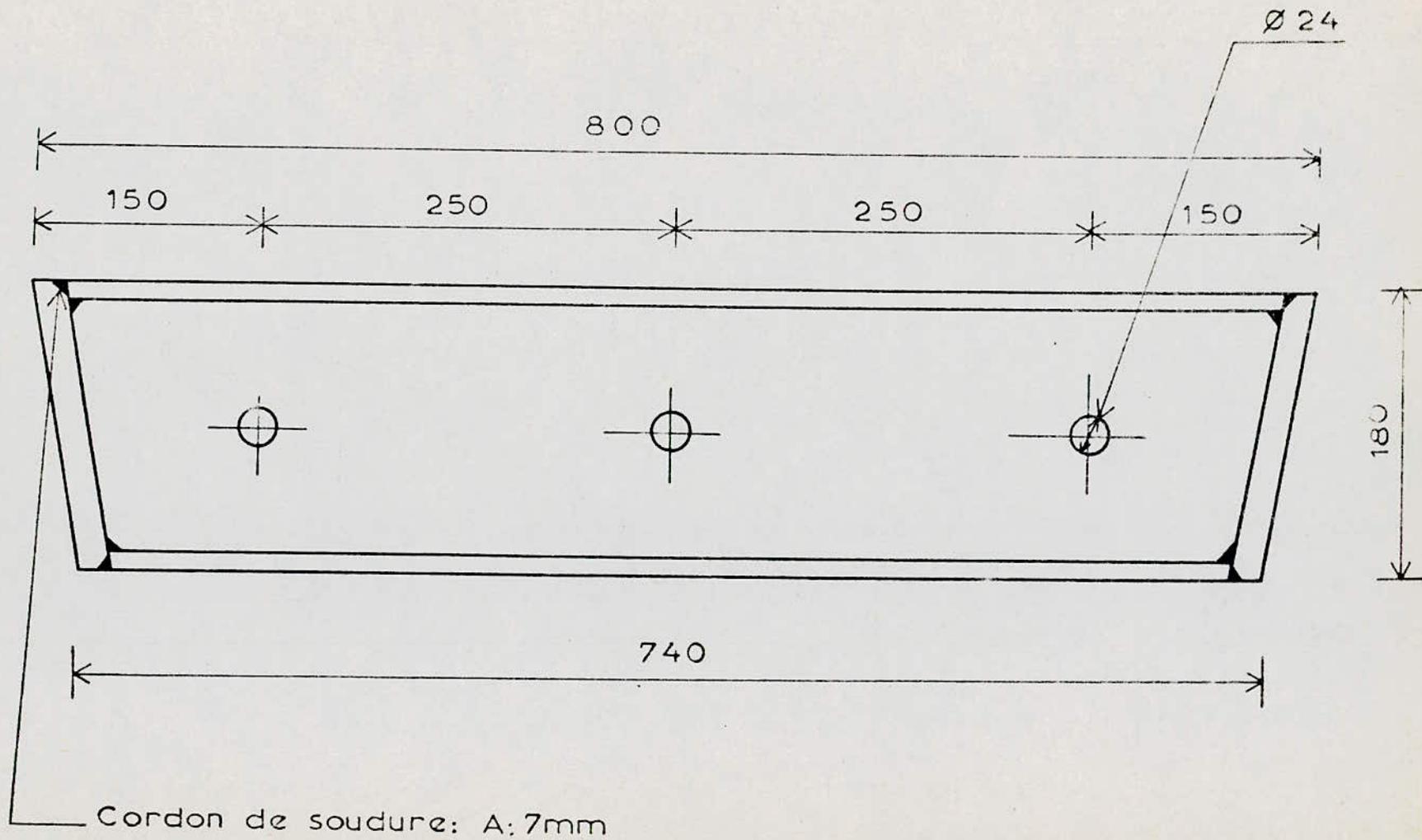
Par ailleurs, le calcul des charges fait ressortir que l'Entreprise, en traitant les 500 tonnes de HEB 180, enregistre une sous-utilisation des ses équipements.

Elle devrait soit assurer une plus grande production de cintres, soit envisager une sous-traitance de produits similaires, comme par exemple la charpente métallique.

ANNEXES

ELEMENT : L1

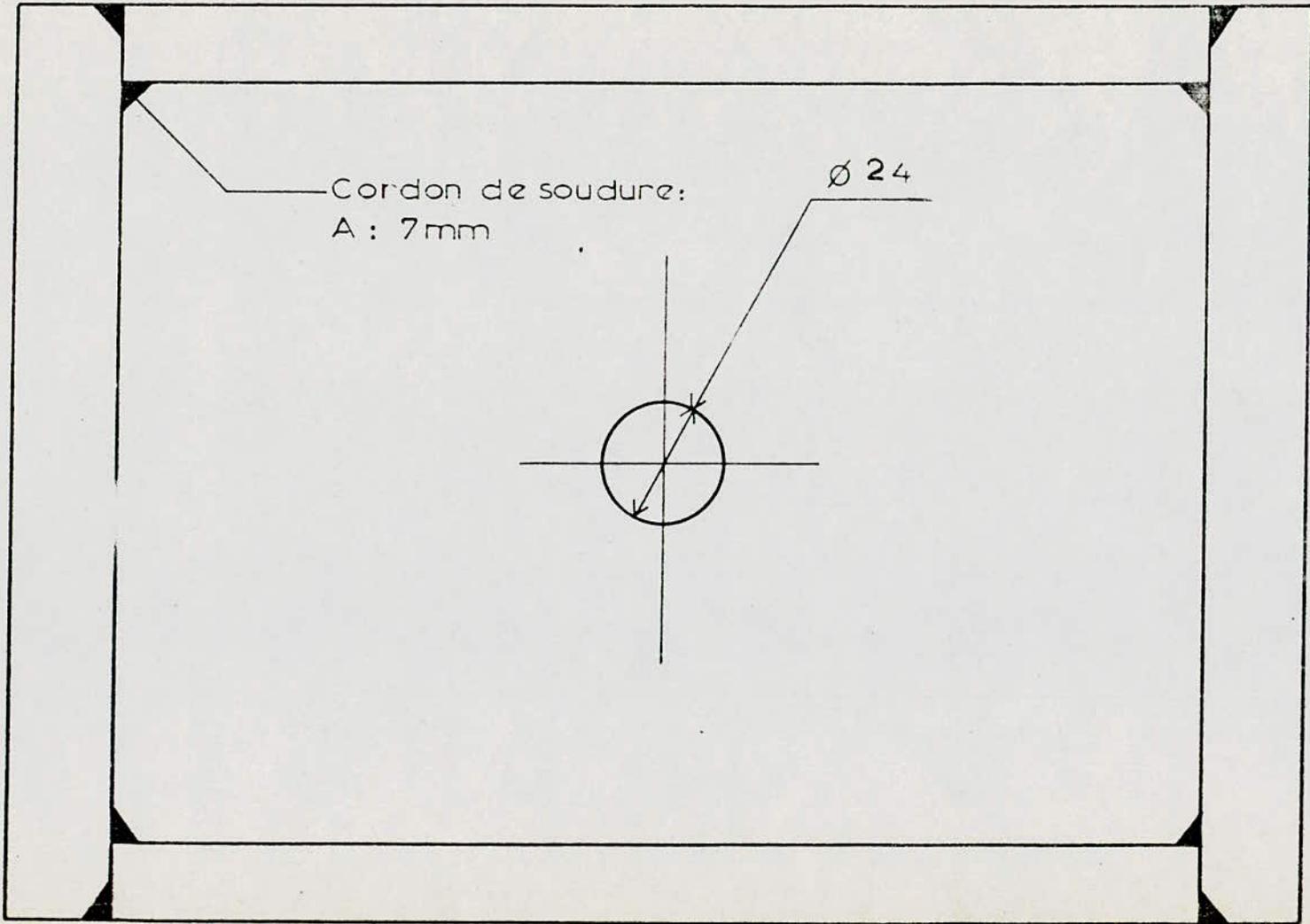
ECH: 0,25



2

ELEMENT L4 ECH: 0.75

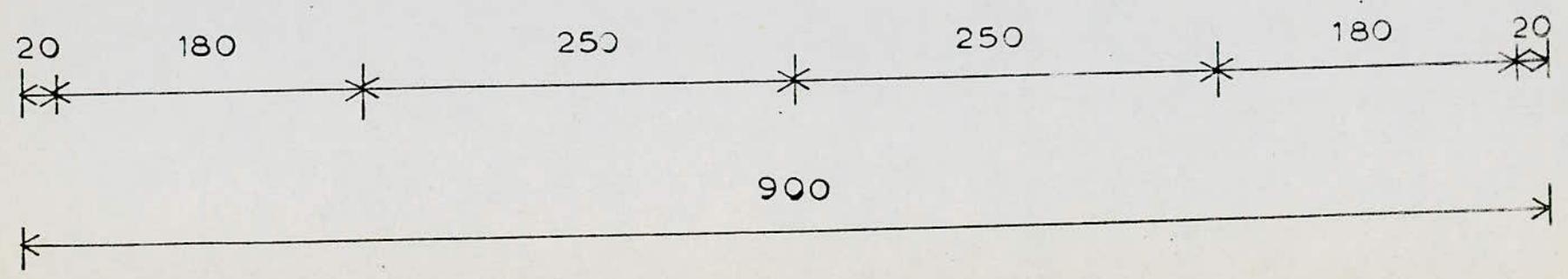
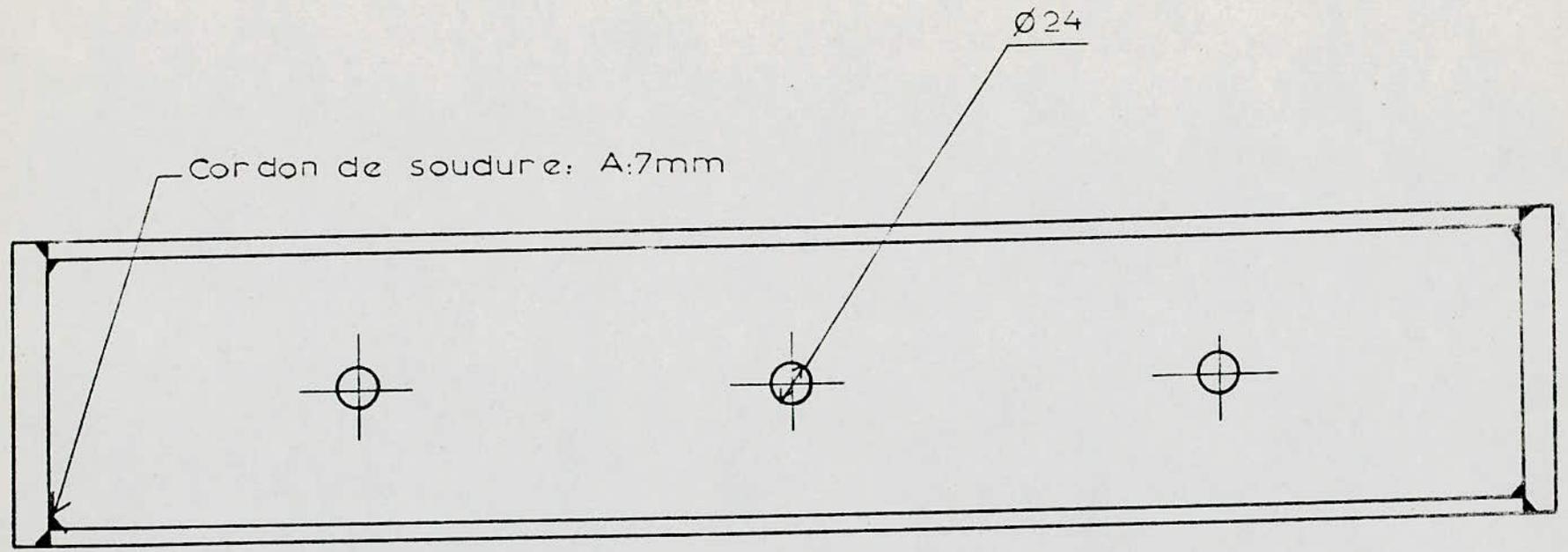
100<sup>5</sup>



250

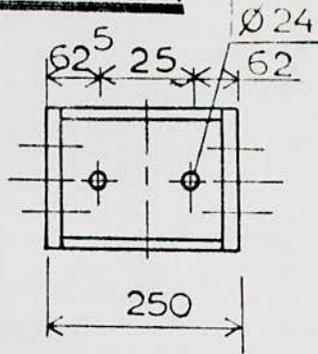
ELEMENT: L5

ECH: 0,25

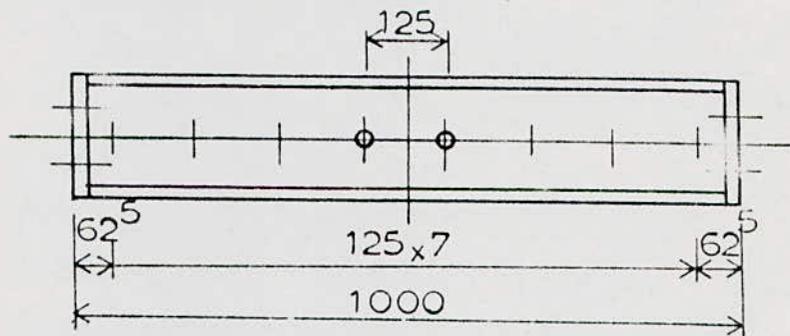


Eléments E1 à E4

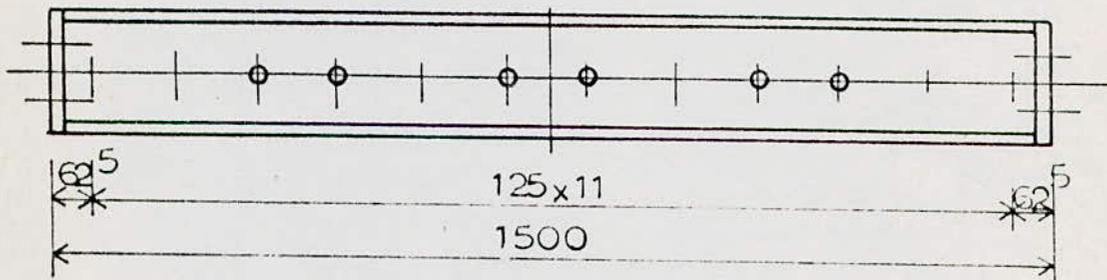
Elément E1



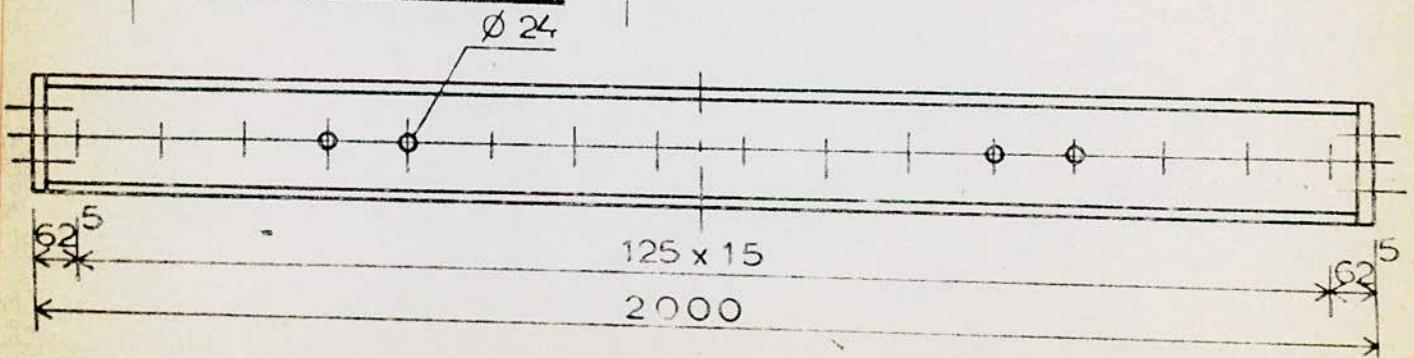
Elément E2



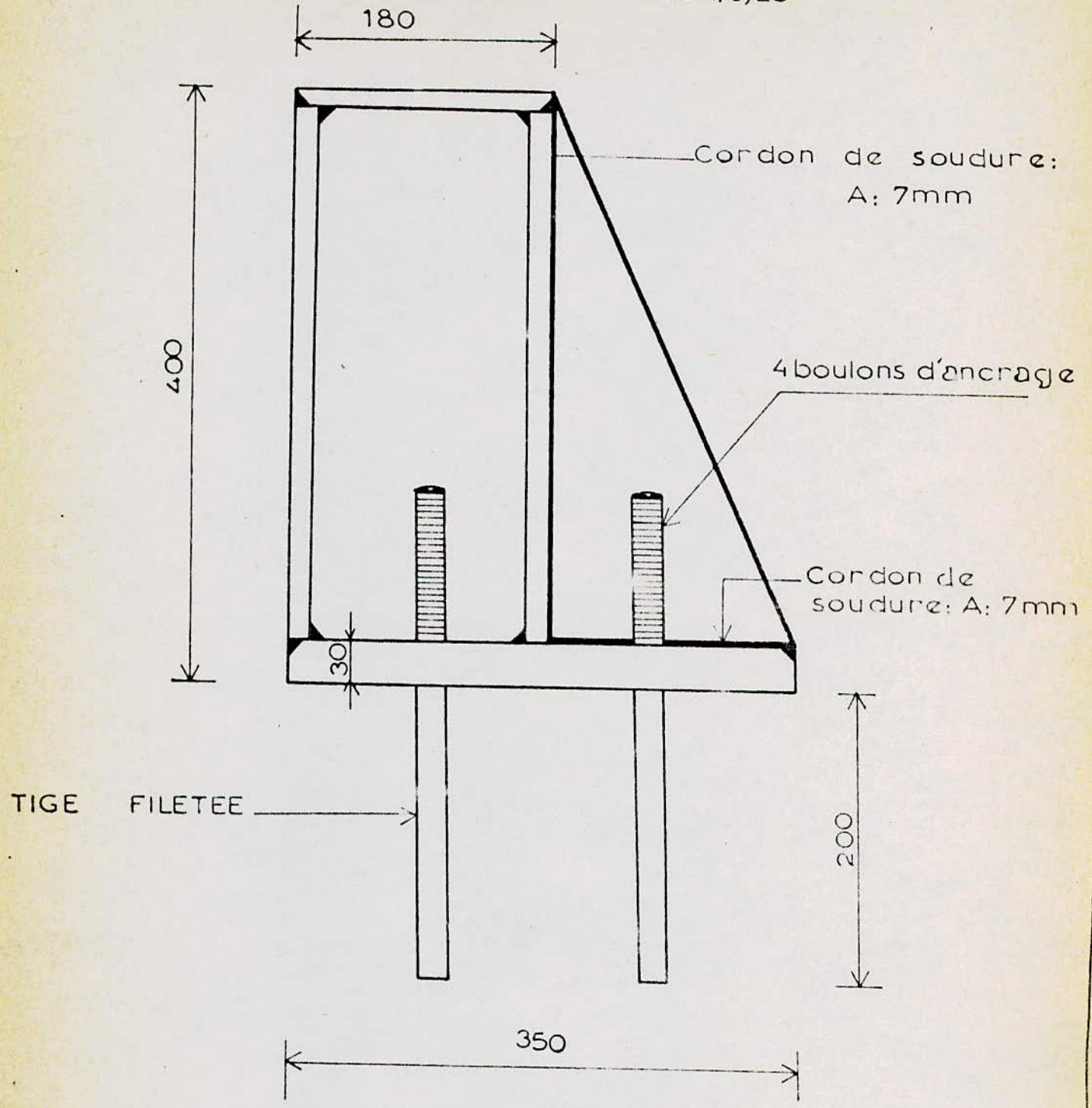
Elément E3

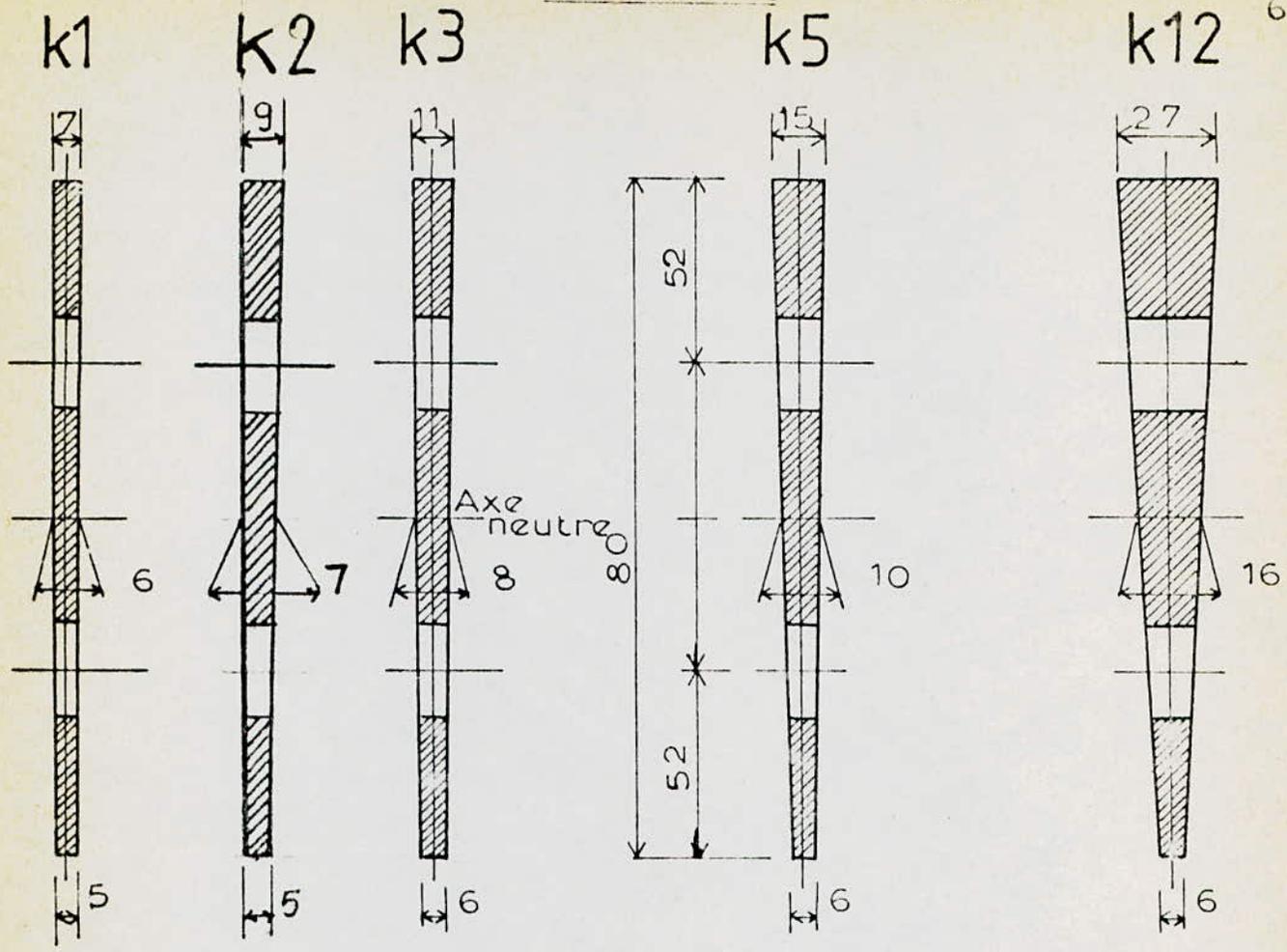


Elément E4

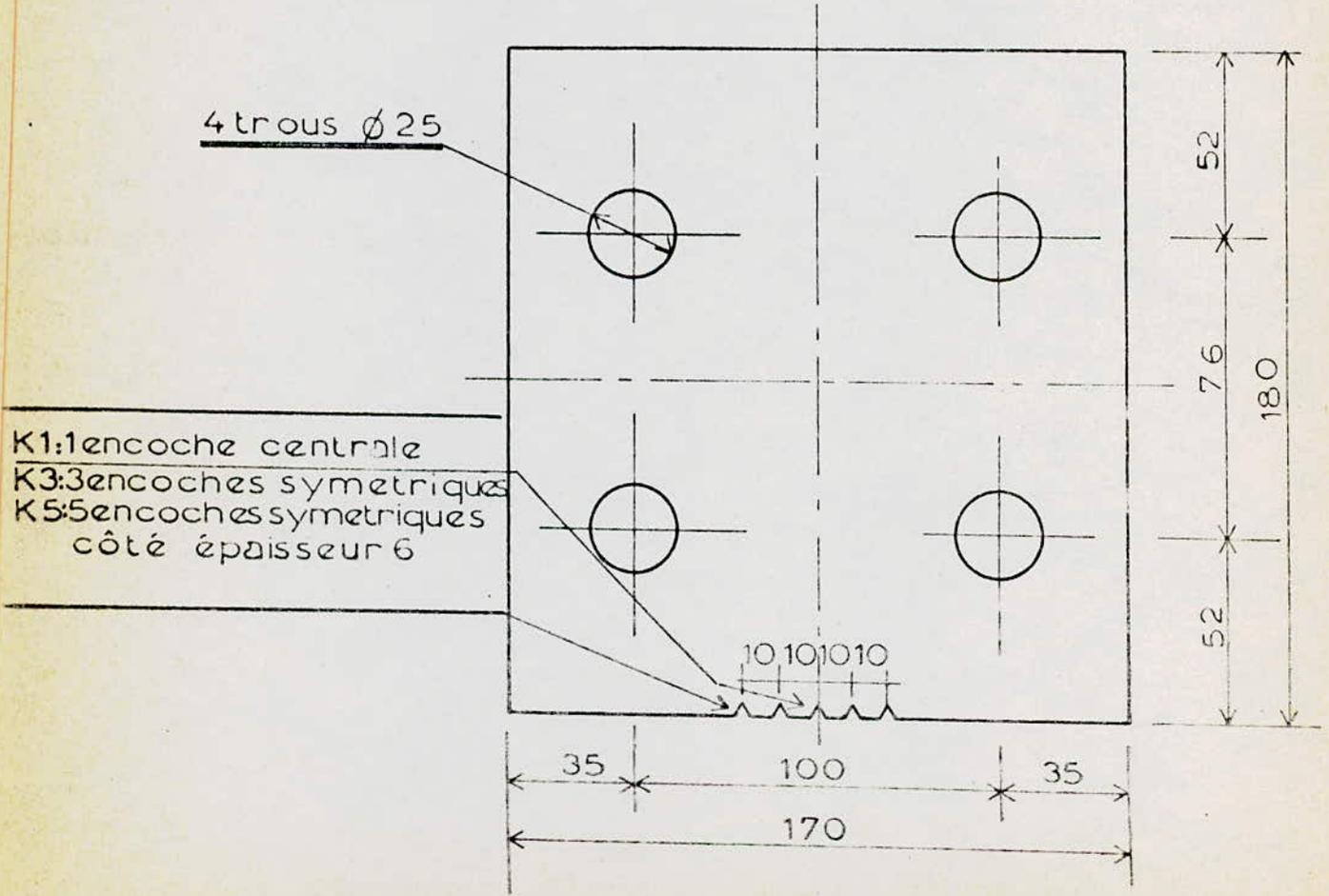


ECH: 0,25

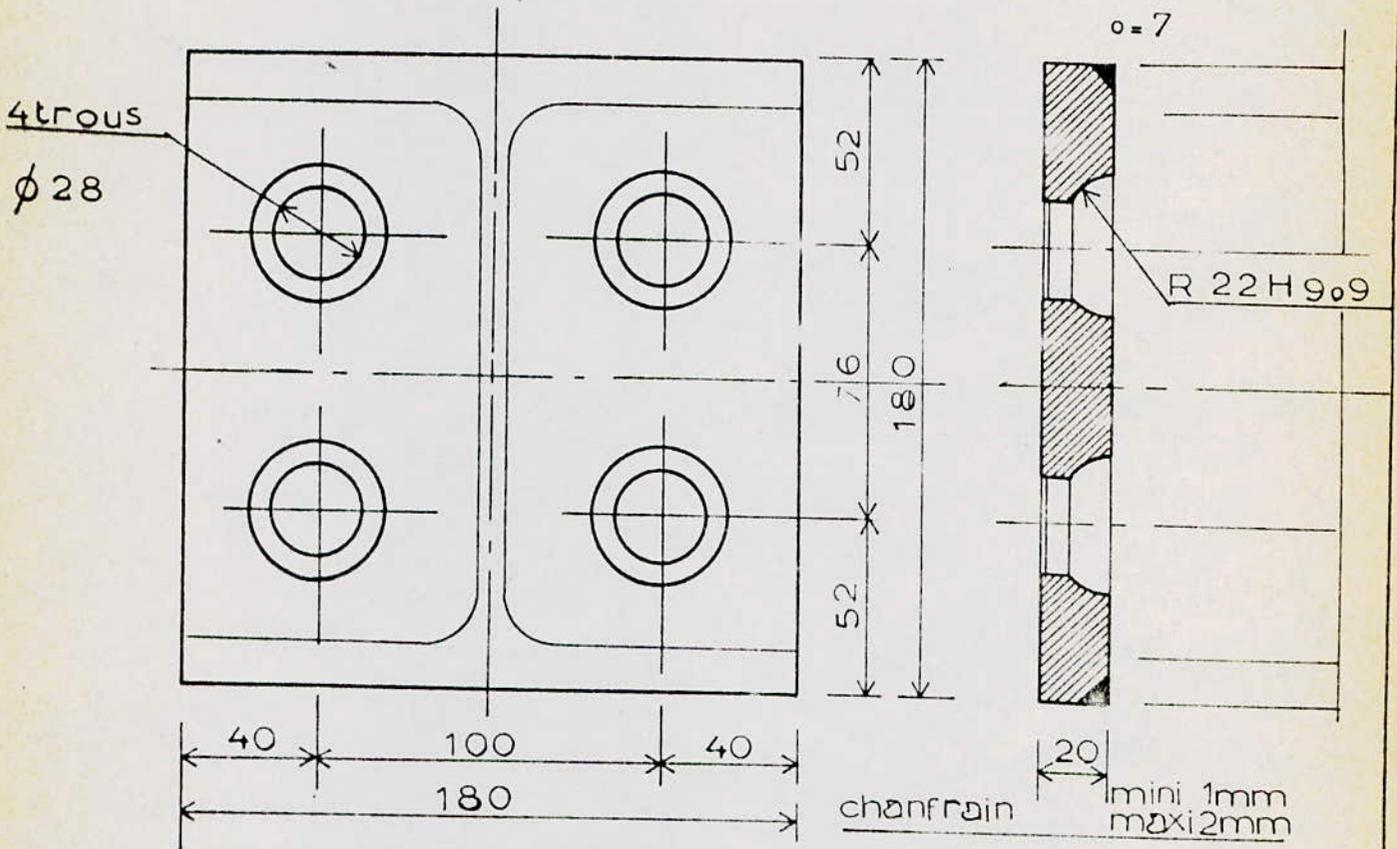




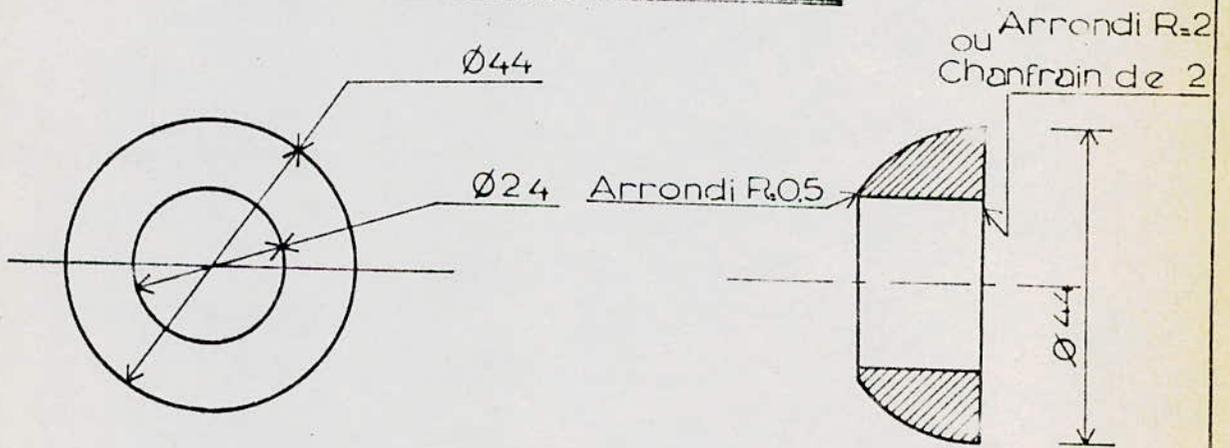
Acier E24



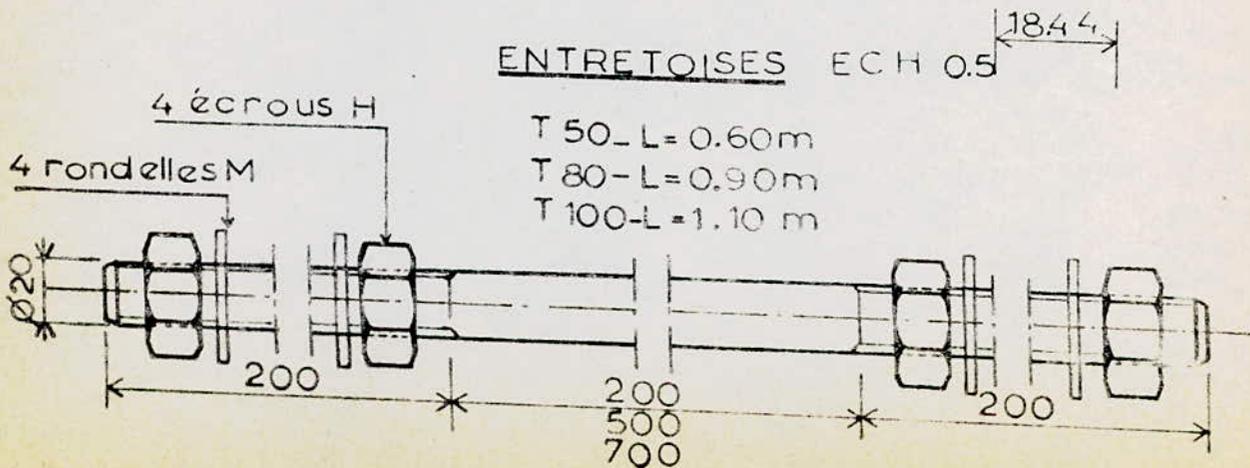
PLAQUE DE BASE ECH 0.5



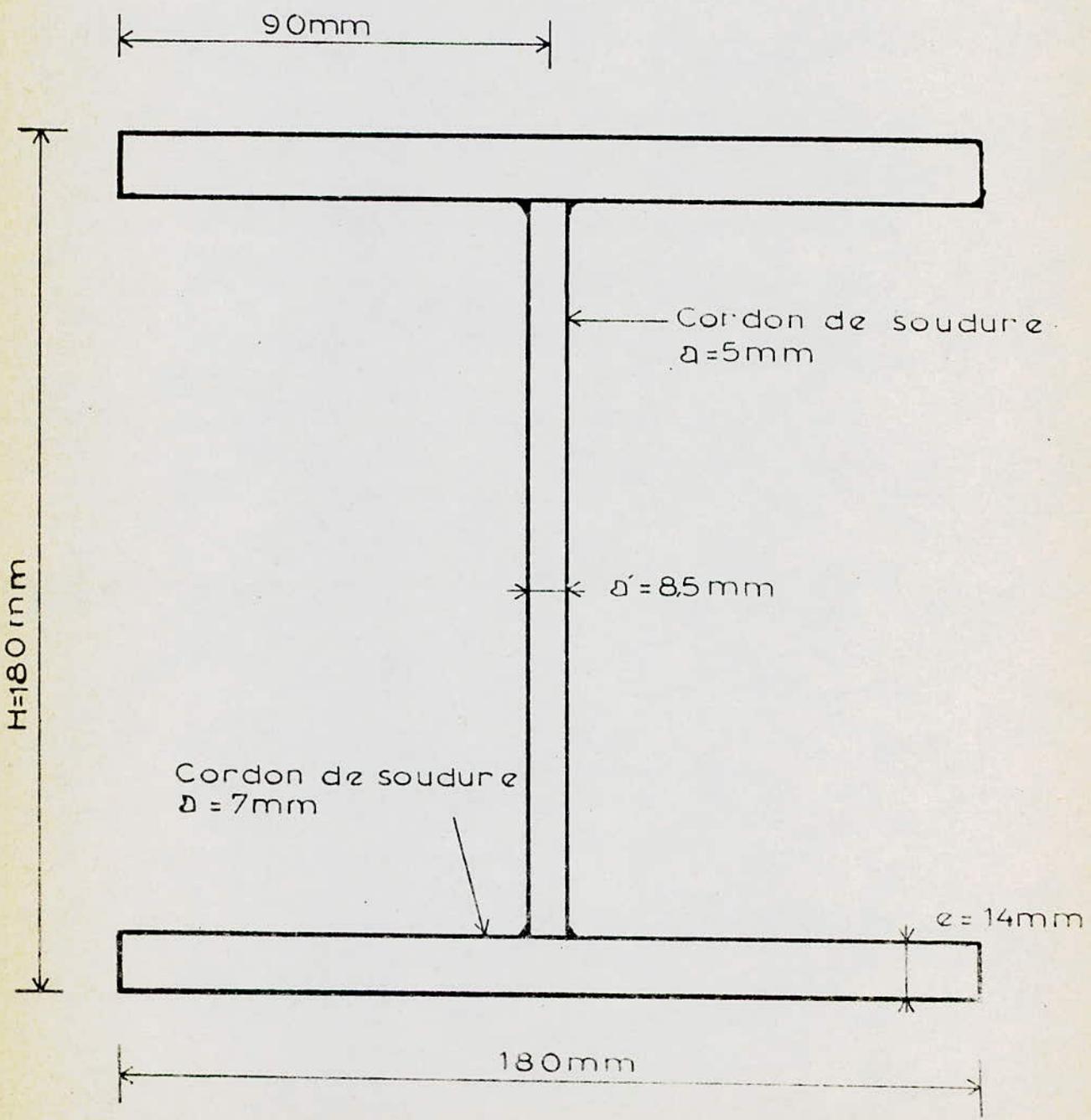
RONDELLE 1/2 SPHERIQUE ECH 1



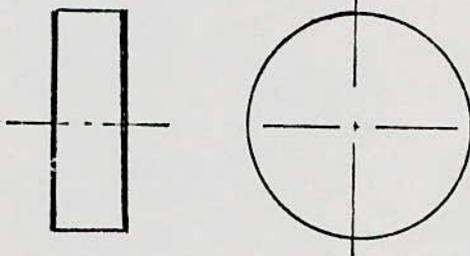
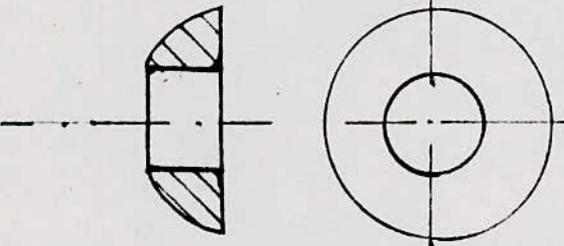
ENTRETOISES ECH 0.5



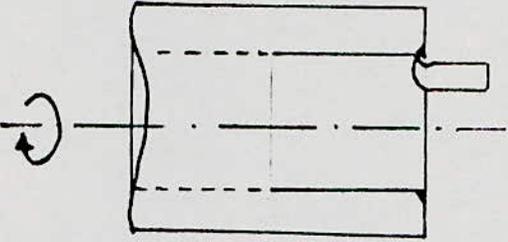
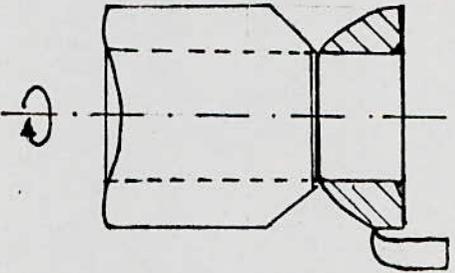
# HEB : 180



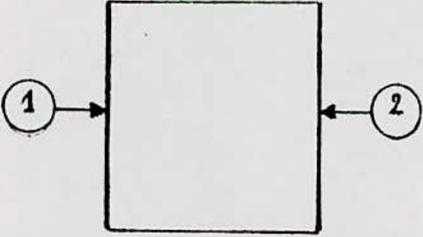
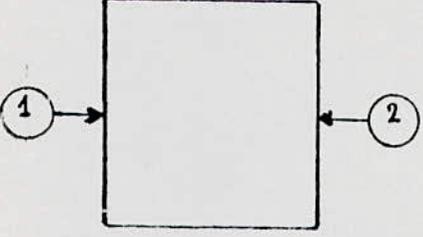
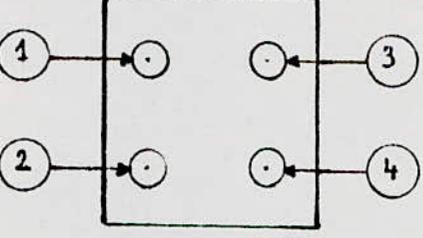
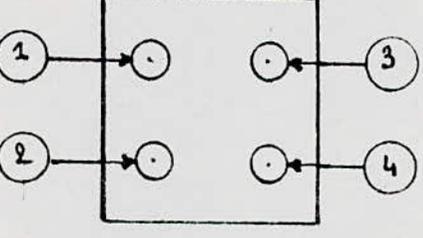
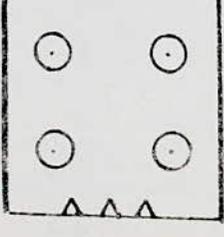
## RONDELLE SPHERIQUE

PHASE	CROQUIS	OPERATION	MACHINE	TEMPS
1		SCIAGE 1 2	SCIE ALTER- NATIVE	14S
2		CHAUFFAGE	FOUR	-
3		FORGEAGE	FORGE	4Sec

## RONDELLES SPHERIQUES

PHASE	CROQUIS	OPERATION	MACHINE	TEMPS
1		PERCAGE 1	TOUR	20sec
2		tournage 1	TOUR	108s

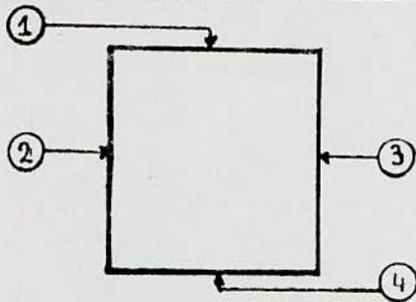
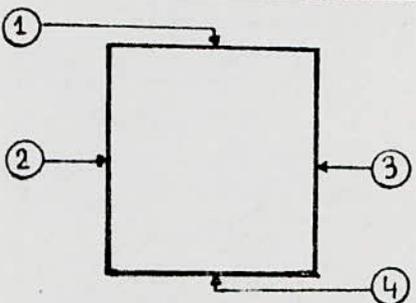
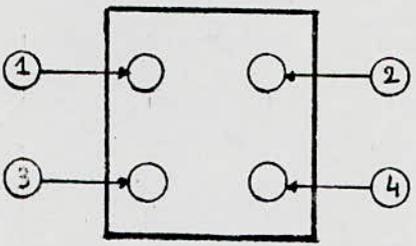
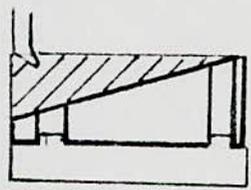
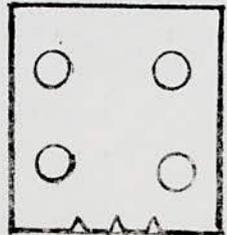
CALES

PHASE	CROQUIS	OPERATION	MACHINE	TEMPS
1		SCIAGE LONG 180mm 1 2	SCIE CIRCU LAIRE	$t_1$
2		EBAVURAGE 1 2	TOURET A MEULER	40sec
3		PERCAGE 1 2 3 4	PERCEU SE	$t_2$
4		EBAVURAGE 1 2 3 4		16sec
5		ENCOUCHAGE	POINCO- NNEUSE	1 sec

TEMPS DE SCIAGE ET DE PERCAGE  
DES CALES

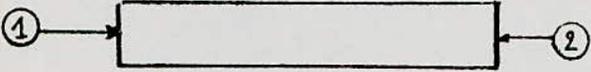
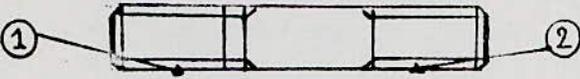
CALE	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>12</sub>
Temps t <sub>1</sub> sec	6	10	12	15	25
Temps t <sub>2</sub> sec	7	8	9	11	18

## CALES

PHASE	CROQUIS	OPERATION	MACHINE	TEMPS
1		DECOUPAGE 1 2 3 4	BANC D'OXY- COUPAGE	$t_1$ $t_2$ $t_3$ $t_4$ $t_5$
2		EBARBAGE 1: 2: 3: 4:	TOURET A MEULER	10sec
3		PERCAGE $\Phi$ 1 2 3 4	PERCEU- SE	$t'_2$ $t''_2$ $t'_3$ $t'_4$ $t'_5$
4		DRESSAGE DES FACES 1	FRAISEU SE	$t''_1$ $t''_2$ $t''_3$ $t''_4$ $t''_5$
5		ENCOCHAGE	FOINCO- NNEUSE	1sec

CALE	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_5$	$K_{12}$
t oxycoupage sec	$t_1 = 35$	$t_2 = 35$	$t_3 = 40$	$t_4 = 40$	$t_5 = 140$
t perçage sec	$t'_1 = 14$	$t'_2 = 14$	$t'_3 = 20$	$t'_4 = 20$	$t'_5 = 39$
t dressage de la face sec	$t''_1 = 448$	$t''_2 = 1755$	$t''_3 = 1094$	$t''_4 = 900$	$t''_5 = 1755$

## ENTRETOISES

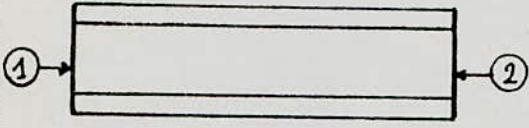
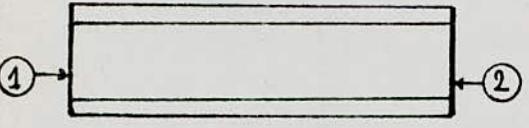
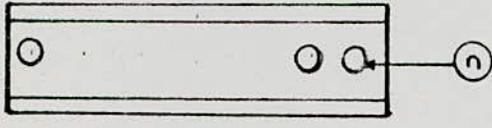
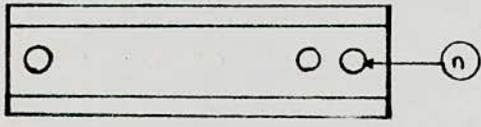
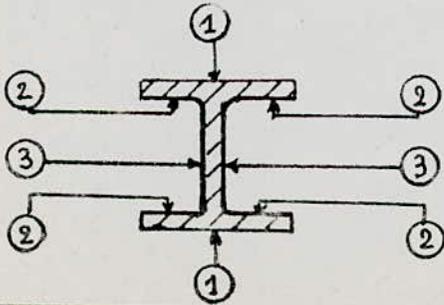
PHASE	CROQUIS	OPERATION	MACHINE	TEMPS
1		SCIAGE LONG (L) 1 2	SCIE ALTERNA TIVE	8 sec
2		FILETAGE LONG 200 1 2	FILETEU SE	24sec

T50 : L = 600 mm  
 T80 : L = 900 mm  
 T100: L = 1100 mm

## PLAQUE DE BASE

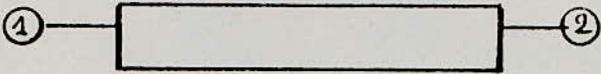
PHASE	CROQUIS	OPERATION	MACHINE	TEMPS
1		DECOUPAGE LONG 180 * 180	BANC D' OXY COUPAGE	43sec
2		EBARBAGE	TOURET A MEULER	10sec
3		PERCAGE $\Phi 28$	PERCEU SE	26sec
4		LAMAGE SPHERIQUE	PERCEU SE	14sec
5		CHANFREI NAGE	PERCEU SE	3sec

## ELEMENTS DE CINTRE

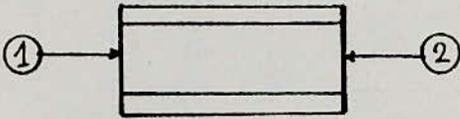
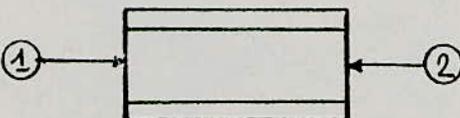
PHASE	CROQUIS	OPERATION	MACHINE	TEMPS
1		SCIAGE (LONG L) (ANGLE A)  1 2	SCIE CIRCU- LAIRE	2,5mn
2		EBAVURAGE  1 2	MEULEU SE MANUELL	20sec
3		PERCAGE $\phi 24$  (n trous)	PERCEU- SE	12sec
4		EBAVURAGE  (n tours)	MEULEU- SE MANUELL	4sec
5		SOUDAGE PB SUR HEB 1:180*2 2:85,75 *4 3:152*2	POSTE A SOUDER	7,5mn

PRODUIT	LONGUEUR: L (mm)	ANGLE: A	NBRE DE TROUS (n)
L <sub>1</sub>	760	9°30	3
L <sub>4</sub>	210	0°	1
E <sub>1</sub>	210	0°	2
L <sub>5</sub>	860	0°	3
E <sub>2</sub>	960	0°	8
E <sub>3</sub>	1460	0°	12
E <sub>4</sub>	1960	0°	16
L <sub>6</sub>	350	0°	0

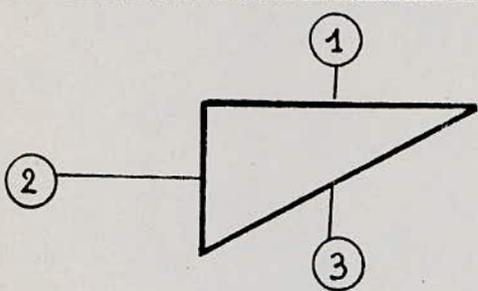
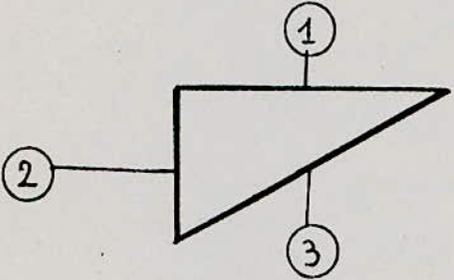
## TIGE D'ANCRAGE

PHASE	CROQUIS	OPERATION	MACHINE	TEMPS
1		SCIAGE 340 mm 1: 2:	SCIE ALTERNA -TIVE	8sec
2		FILETAGE 110 mm 1	FILETEU- SE	14sec

HEB POUR L6

PHASE	CROQUIS	OPERATION	MACHINE	TEMPS
1		SCIAGE LONG 180 1 2	SCIE CIRCU LAIRE	2.5mn
2		EBAVURAGE 1 2	MEULEU SE MANU ELLE	20sec

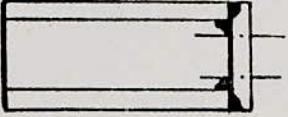
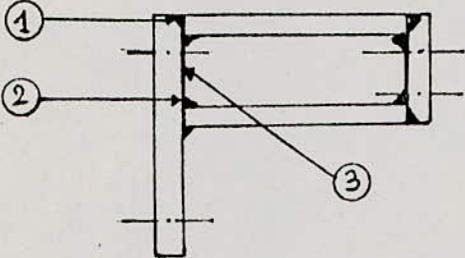
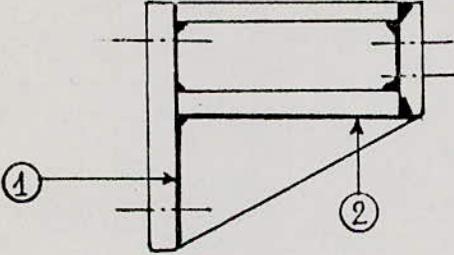
## RAIDISSEUR FOUR L6

PHASE	CROQUIS	OPERATION	MACHINE	TEMPS
1		OXYCOUPAGE 1: 370mn 2: 170mn 3: 407mn	SCIE CIRCULAIRE	1.85 mn 0.85 mn 2.03
2		EBARBAGE 1 2 3	TOURET A MEULER	45sec

## PLAQUE DE BASE INFERIEURE POUR L6

PHASE	CROQUIS	OPERATION	MACHINE	TEMPS
1		OXYCOUPAGE 1: 350mm 2: 350mm 3: 180mm 4: 180mm	BANC D'OXY COUPAGE	140s 72s
2		EBARBAGE 1: 2: 3: 4:	TOURET A MEULER	45sec
3		PERCAGE 1: 2: 3: 4:	PERCEUSE	39sec
4		EBAVURAGE 1: 2: 3: 4:	TOURET A MEULER	16sec

## ELEMENT L6

PHASE	CROQUIS	OPERATION	MACHINE	TEMPS
1		SOUDAGE PLAQUE DE BASE SUR HEB  1:180*2 2:85.75*4 3:152*2	POSTE A SOUDER	7.5mn
2		SOUDAGE PLAQUE DE BASE INF SUR HEB  1:180*1 2:85.75*4 3:152*2	POSTE A SOUDER	6.13 mn
3		SOUDAGE RAIDIS- SEUR SUR PB INF ET SUR HEB  1:372*2 2:170*2	POSTE A SOUDER	8mn

ELEMENT	LONGEUR en HEB180 mm	REPATI- TION	QUANTITE (tonne)	POIDS UNI- TAIRE Kg	NOMBRE D'UNITES
L <sub>1</sub>	760	40%	200	38.9	5140
E <sub>1</sub>	210	5%	25	10.75	2325
L <sub>4</sub>	210				
L <sub>5</sub>	860	42%	210	46	4565
E <sub>2</sub>	960				
E <sub>3</sub>	1460	2%	10	87.55	115
E <sub>4</sub>	1960				
L <sub>6</sub>	350	11%	55	17.92	3070
			500t		15215

## ANNEXE 2

ELEMENT	NBRE DE TROUS PAR ELEMENT		NBRE D'ELEMENTS	NBRE DE TROUS TOTAL PAR ELEMENT
L <sub>1</sub>	3		5140	15420
L <sub>4</sub>	1	1.5	2325	3487
E <sub>1</sub>	2			
L <sub>6</sub>	3	5	4565	22825
E <sub>2</sub>	8			
E <sub>3</sub>	12	14	115	1610
E <sub>4</sub>	16			
TOTAL				43342

## ANNEXE 3

CALE	REPARTITION	NOMBRE
K <sub>1</sub>	4%	517
K <sub>2</sub>	5%	646
K <sub>3</sub>	19%	2457
K <sub>0</sub>	26%	3362
K <sub>12</sub>	46%	5950
		12932

## PRODUITS-QUANTITES

MATIERE PREMIERE	PRODUIT	POIDS MAT 1re/UNITE	NOMBRE DE PRODUIT	POIDS TOT MAT 1e Kg	TOT LONG MARCHANDE
HEB 180	L1	38.9	5140	200000	325
	E1,L4	10.75	2325	25000	41
	L5,E2	46	4565	210000	342
	E3,E4	87.55	115	10000	17
	L6	17.92	3070	55000	89
			T:15215	T:500000	T: 814
TOLE ep20	P BASE	5	27360	136800	500
	RAIDIS	4.94	3070	15166	123
				T:151966	T: 561
TOLE ep30	P B INF	14.85	3070	45590	123
BARRE d44	RON SPH	179.27g	109440	19620	137
BARRE d20	ENTRE-TOISE	2.22	21671	48110	1626
	TIGE ANC	839.55g	12280	10310	348
				T:58420	1974
LAMINES	CALE:K1	1.56	517	807	8
	K2	1.80	646	1163	9
	K3	2.04	2457	5012	35
	K5	2.52	3362	8472	48
	K12	6.96	5950	23562	85
			T:12932	T:39016	185

## GRENAILLAGE

### TEMPS DES OPERATIONS

MATIERES 1 <sup>ERE</sup>	LONGUEUR LINEAIRE (m)	DESTINATION
HEB	9768	éléments
Tôle ep 20	1000 122	plaque de base raidisseur
Tôle ep 30	246	plaque de base inf
Laminés	2220	cales
Barre $\phi$ 20	23688	entretoises tige d'ancrage
Barre $\phi$ 44	1644	rondelle sphérique
TOTAL:	38688	

AVANCE = 0.7m/min  $\rightarrow$  TOTAL TEMPS = 922 h

### TEMPS DE MANIPULATION

MATIERE 1 <sup>ERE</sup>	NOMBRE	TEMPS DE POSITIONNEMENT sec	TEMPS TOTAL / MATIERE 1 <sup>ERE</sup> :h
HEB(12m)	814	90	21
Tôle ep20(1*2m)	562	60	10
Tôle ep30(1*2m)	123	90	3
Laminés(12m)	185	30	2
Barre $\phi$ 20(12m)	1974	10	6
Barre $\phi$ 44(12m)	137	20	1
TOTAL:			43

SCIE CIRCULAIRE

TEMPS DES OPERATIONS

MATIERE 1 <sup>ERE</sup>	NBRE OPERA	TEMPS/OPERA	TEMPS TOTAL
HEB 180	15215	2.5 min	634 h
Laminés			
K <sub>1</sub>	517	6 s	0.86 h
K <sub>2</sub>	646	10 s	1.8 h
K <sub>3</sub>	2457	1.2 s	8.2 h
K <sub>4</sub>	3362	15 s	14 h
K <sub>12</sub>	5950	25 s	41.4 h
		TOTAL:	700.26 h

TEMPS DE MANIPULATION

MATIERE 1 <sup>ERE</sup>	NBRE OPERA	TEMPS DE MANIP	TEMPS TOTAL
HEB 180	15215	(temps entre 2 opérations) 30 s	127 h
Laminés			
K <sub>1</sub>	12932	4 s	15 h
K <sub>2</sub>			
K <sub>3</sub> >			
K <sub>4</sub>			
K <sub>12</sub>			
		TOTAL:	142 h

SCIE ALTERNATIVE

TEMPS DES OPERATIONS

MATIERE 1 <sup>ERE</sup>	NBRE OPERA	TEMPS/OPERATION	TEMPS TOTAL
BARRE $\phi$ 44 (rondelle sphé)	109440	14 s	426 h
BARRE $\phi$ 20 entretroises	21671	8 s	49 h
tiges d'ancrage	12280	8 s	28 h
TOTAL:			503 h

TEMPS DE MANIPULATION

MATIERE 1 <sup>ERE</sup>	NBRE OPERA	TEMPS DE MANIP	TEMPS TOTAL
BARRE $\phi$ 44 (rondelle sphé)	109440	3 s	92 h
BARRE $\phi$ 20 entretroises	21671	5 s	30 h
tiges d'ancrage	12280	5 s	17 h
TOTAL:			139 h

## OXYCOUPAGE

### TEMPS DES OPERATIONS

MATIERE 1 <sup>ERE</sup>	NBRE TOLES	AVANCE	LONGUEUR	TEMPS TOTAL
Tôle ep 20 Plaque de base	500	0.25m/mn	1 m + 2 m = 3 m	100 h
Raidisseur	61	0.25m/mn	1 m + 2 m + 10.75 m = 13.75 m	54 h
Tôle ep 30	123	0.15m/mn	1 m + 2 m = 3 m	
TOTAL				195 h

### TEMPS DE MANIPULATION

MATIERE 1 <sup>ERE</sup>	NBRE OPERA	TEMPS DE MANIP	TEMPS TOTAL
Tôle ep 20 Plaque de base	500	Positionnement:1' Pivotation:1'	17 h
Raidisseur	61	Positionnement:1' Pivotation:1'	3 h
Tôle ep 30 Plaque de base inférieure	123	Positionnement:1' Pivotation:2'	4 h
TOTAL:			24 h

## PERCAGE

## TEMPS DES OPERATIONS

MATIERE 1re	TEMPS /OPERAT s	NBRE OPERA	TEMPS TOTAL h
HEB 180	12	43342	145
P DE BASE	26	109440	791
P DE BASE INFERIEURE	39	12180	133
CALES			
K1	7	2068	4
	8	2584	5.8
	9	9828	24.6
	11	13448	41
	18	23800	119
			195
P DE BASE LAMAGE	14	109440	426
CHANFREINAGE	3	109440	92

TOTAL : 518 h

PERCAGE

TEMPS DE MANIPULATION

MATIERE 1re	TEMPS DE MANIP s	NBRE OPERA	TEMPS TOTAL h
HEB 180	5	43342	61
P DE BASE	POSE :4 POSITIONNT:2 X 4 EVACUATION:4		
P DE BASE	16	27360	122
P DE B INF		3070	14
CHANFREI	16	27360	122
LAMAGE	16	27360	122
CALE	16	12932	58

TOTAL: 499 h

## SOUDAGE

## TEMPS DES OPERATIONS

PRODUIT	LONGUEURS A SOUDER	TEMPS PAR PRODUIT min	NBRE PRODUIT	TEMPS TOTAL h
L1	2 X 1007= 2014mm 2.014m	15	5140	1285
E1 L4	2.014	15	2325	582
L5 E2	2.014	15	4565	1141
E3 E4	2.014	15	115	29
L6	2.91	21.6	3070	1106

TOTAL: 4143 h

## SOUDAGE

## TEMPS DE MANIPULATION

PRODUIT	TEMPS DE MANIP s	NBRE PRODUIT	TEMPS TOTAL h
P DE BASE	POSITIONNEMENT +POSE : 30	27360	228
P DE B INF	POSITIONNEMENT +POSE : 30	3070	26
RAIDISSEUR	POSITIONNEMENT +POSE : 10	3070	9

## FILETEUSE

## TEMPS DES OPERATIONS

MATIERE 1re	NBRE OPERAT	TEMPS/OPERAT s	TEMPS TOTAL h
BARRE d20 (ENTRETOISE)	2 X 21671= 43342	24	289
BARRE d20 (TIGE D'ANC)	1 X 12280	14	48

TOTAL: 337 h

## TEMPS DE MANIPULATION

MATIERE 1re	TEMPS/PRODUIT	NBRE PRODUITS	TEMPS TOTAL h
BARRE d20 (ENTRETOISE)	FIXATION: 4S X 2=8 RETOURNEMENT: 2 EVACUATION : 2 <hr/> 12	21671	73
BARRE d20 (TIGE D'ANC)	FIXATION: 4 EVACUATION: 2 <hr/> 6	12280	21

TEMPS TOTAL: 94

## POINCONNEUSE

## TEMPS DES OPERATIONS

MATIERE 1ère	NBRE OPERA	TEMPS/OPERA sec	TOTAL h
CALES	12932	1	3.6

## TEMPS DE MANIPULATION

MATIERE 1ère	NBRE OPERA	TEMPS DE MANIP s	TOTAL h
CALES	12932	Positionnement:3 evacuation :2 5	18

## MEULEUSE MANUELLE

MATIERE 1re	TEMPS /OPERAT s	NBRE OPERA	TEMPS TOTAL h
HEB			
APRES: SCIAGE	20 X 2 = 40	15215	169
PERCAGE	4	15215	49

TOTAL : 218 h

## TOURET A MEULER

## TEMPS DES OPERATIONS

MATIERE 1re	TEMPS/PRODUIT s	NBRE DE PRODUITS	TEMPS h
TOLE ep20 :			
P DE BASE	40	27360	304
RAIDISSEUR (après oxy- coupage)	45	3070	39
LAMINES CALES après :			
SCIAGE	40	12932	144
PERCAGE	16	12932	58
TOLE ep 30 P DE B INF après :			
OXYCOUPAGE	45	3070	39
SCIAGE	16	3070	14

TOTAL : 598 h

FORGE

TEMPS DES OPERATIONS

MATIERE 1ère	NBRE OPERA	TEMPS/OPERA sec	TOTAL h
RONDELLES	109440	4	121.6

TEMPS DE MANIPULATION

MATIERE 1ère	NBRE OPERA	TEMPS/OPERA sec	TOTAL h
RONDELLES	109440	10	304

## BIBLIOGRAPHIE

1. Dr dahmani Cour de E.O.P.F
2. M.DELFOSSE Les implantations et les manutentions.  
Entreprise moderne d'édition 1973
3. R.JABOT Implantation et manutention dans les ateliers  
Edition Homme et technique 1977
4. R.JABOT Entretien et travaux neufs  
Edition Homme et technique 1977
5. T.KRIST Memento de métallurgie  
Edition Mc GRAW HILL
6. L.KUSH Memento de mécanique et de métallurgie  
Edition Delta et Spees
7. R.MUTHER L'implantation rationnelle de votre entreprise  
Les éditions d'organisation
8. QUILLET Encyclopédie des sciences industrielles
9. R.ROUILLER Formulaire de métallurgie  
Edition Delta et spees
10. S.A.F 5ième édition 1985

