

10/77

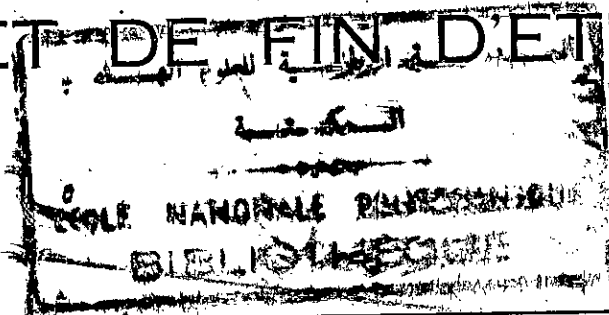
UNIVERSITE D'ALGER

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT MECANIQUE

(Révisé esc) desc
sans planches

PROJET DE FIN D'ETUDES



**ETUDE ECONOMIQUE D'UNE LIGNE
TECHNOLOGIQUE**

8 PLANS

Proposé par :

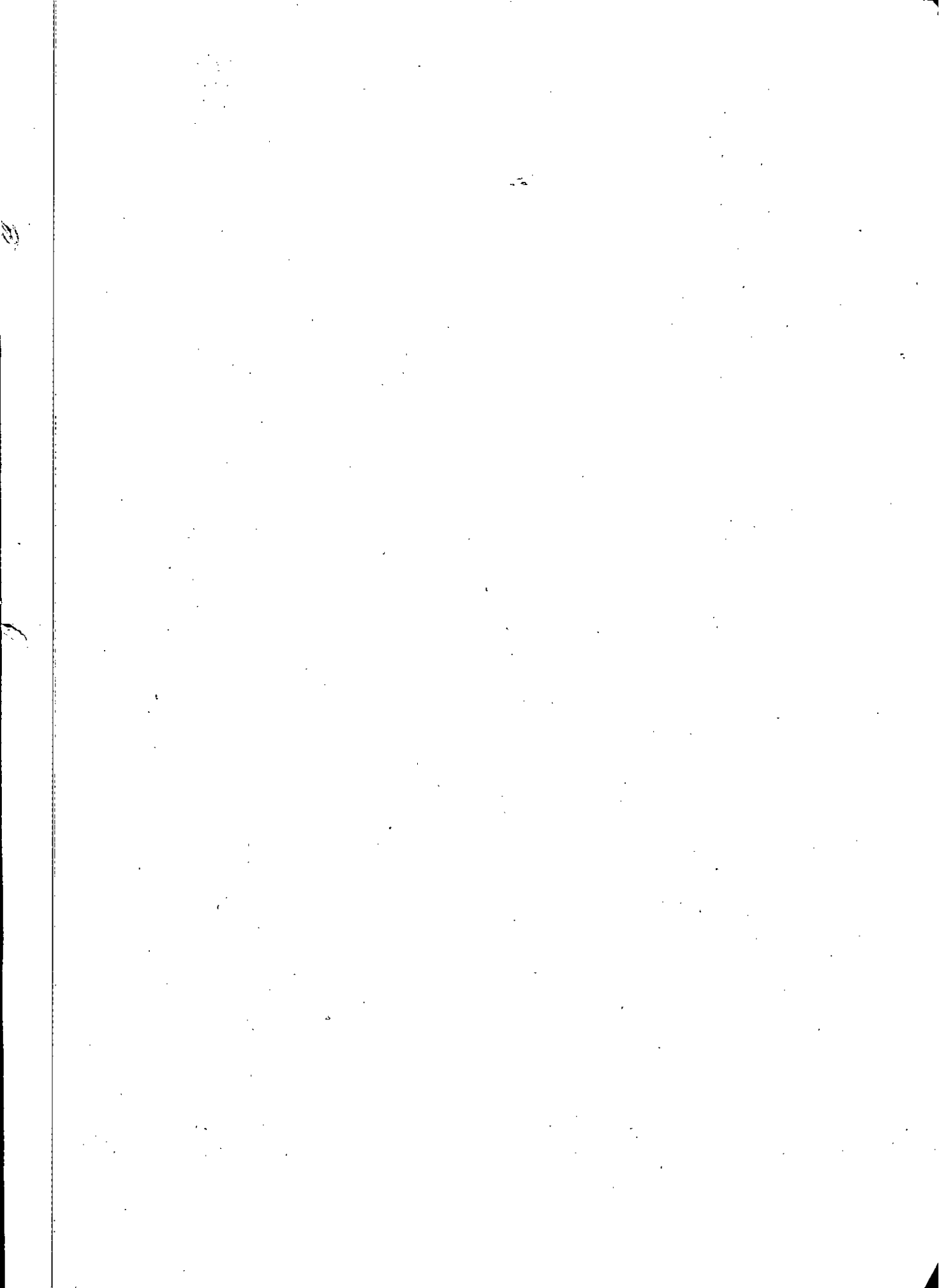
G. COSTACHESCU

Etudié par :

A. FEKIH

A. HACHEMI

Promotion Juin 1977



UNIVERSITE D'ALGER
ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
DEPARTEMENT MECANIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

**ETUDE ECONOMIQUE D'UNE LIGNE
TECHNOLOGIQUE**

Proposé par :

G. COSTACHESCU

Étudié par :

A. FEKIH

A. HACHEMI

Promotion Juin 1977

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
X X
X A TOUS CEUX QUI X
X X
X X
X NOUS SONT CHERS X
X X
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

A. FEKIH

A. HACHEMI

S O M M A I R E

Introduction

Etude de la pièce

I- GENERALITES

1.1- Principe de base

1.2- Décomposition d'un travail d'usinage

1.3- Trois groupes essentiels en matière d'usinage

1.4- Variables qui influencent les vitesses de coupe

II- REGIMES DE COUPE

A) Première variante

- Calcul de l'avance par dent
- Calcul de la vitesse de coupe
- Calcul de la vitesse de rotation
- Calcul de l'avance en mm/mn

B) Deuxième variante

- Calcul de l'avance
- Calcul de la vitesse de coupe
- Calcul de la vitesse de rotation

III- DETERMINATION DES TEMPS

1- Calcul des temps de coupe

A) Première variante

B) Deuxième variante

2- Commentaires des temps d'arrangement et des temps manuels

A) Première variante

B) Deuxième variante

IV- CALCUL DU NOMBRE DE MACHINES ET LEUR EMBLACEMENT

1- Calcul du nombre de machines

A) Première variante

B) Deuxième variante

2- Eplacement des machines

m

A) Première variante

B) Deuxième variante

V- LOT ECONOMIQUE, TRANSPORT ET STOCK

1- Lot économique

A) Première variante

B) Deuxième variante

2- Transport des pièces

- Par voie aérienne

- Par bande à rouleaux

3- Stock

- Approvisionnement

- Stock minimum

VI- COMPARAISON DES DEUX VARIANTES

1- Calcul des dépenses

A) Première variante

B) Deuxième variante

C) Comparaison des dépenses

2- Calcul des capacités

A) Première variante

B) Deuxième variante

C) Comparaison des capacités

Conclusion

ETUDE ECONOMIQUE D'UNE LIGNE TECHNOLOGIQUE
DE FABRICATION

Donnés:

- Prix de la matière première 2 D.A/Kg
- Prix de main d'oeuvre
 - perçage: 4,85 D.A/h
 - tournage: 5,35 D.A/h
 - fraisage: 5,90 D.A/h
- Prix des machines
 - perceuse: 134000 D.A
 - fraiseuse: 130000 D.A
 - tour: 91200 D.A
- Caractéristiques des machines:

Tour: Vitesse de rotation

16 - 20 - 25 - 32 - 40 - 50 - 63 - 80 - 100 - 125 - 160 - 200
 250 - 320 - 400 - 500 - 630 - 800 - 1000 - 1250 - 1600 - 2000
 2500 - 3200.

Perceuse: Vitesse de rotation

{ 80 - 100 - 125 - 160 - 200 - 250 - 320 - 400 - 500 - 640 - 800
 1000 - 1250 - 1600 - 2000 - 3200 - 4000 - 5000.

Fraiseuse: Vitesse de rotation:

25 - 40 - 63 - 100 - 160 - 250 - 280 - 450 - 710 - 1120 - 1800

Avance:

10 - 16 - 25 - 40 - 63 - 100 - 160 - 250 - 400.

INTRODUCTION

Dans les entreprises industrielles, tous les efforts sont axés sur l'étude et l'exécution des produits jugés nécessaires soit pour une consommation courante, soit pour des besoins d'équipement.

Ces produits doivent être exécutés, suivant des modalités préétudiées, à des prix qu'il faut s'efforcer de réduire au minimum. Pour cela une étude économique du processus de fabrication s'impose; dans cette étude la préparation du travail ainsi que les moyens disponibles pour l'élaboration du produit prévu jouent un rôle primordial.

L'utilisation poussée du matériel existant et l'organisation rationnelle des ateliers permettent un gain de temps appréciable. Les divers départements et services doivent être disposés de manière à limiter au minimum la manutention et le déplacement des personnes.

Pour atteindre cet objectif, il faudra penser aux transports et aux déplacements avant de définir l'emplacement des machines et des diverses installations.

Devant la nécessité de produire des séries de pièces de plus en plus importantes, il faut rechercher des procédés de travail pour diminuer les temps d'arrangement et les temps de porte se rapportant aux changements d'outils ou aux changements de travail. De même qu'il faut veiller à l'approvisionnement en pièces brutes et au stockage des pièces finies.

ETUDE DE LA PIÈCE

La pièce dont nous nous proposons d'étudier la ligne technologique de fabrication est un palier destiné à équiper un appareil à fraiser. Cette caractéristique implique une grande précision d'usinage.

Cette pièce provient d'une fonderie moderne appartenant à la même entreprise que l'atelier chargé de l'exécution; et pouvant satisfaire une forte demande.

Elle est élaborée dans de la fonte moyenne: Ft 20 de caractéristiques:

- Charge à la rupture $\sigma_r = 20 \text{ daN/mm}^2$
- Dureté Brinell $\text{HBR} = 180 \text{ daN/mm}^2$

En raison des cotes à respecter, nous commençons par l'alésage pour éviter toute ovalisation du trou, on prenant comme surface de départ la surface N°4 avec épaulement sur B. Une fois l'alésage terminé, nous aurons défini alors une surface de référence, et se basant sur cette dernière et sur la surface B nous exécuterons les autres surfaces.

- CONDITIONS DE PRÉCISION ET POSSIBILITÉS D'USINAGE -

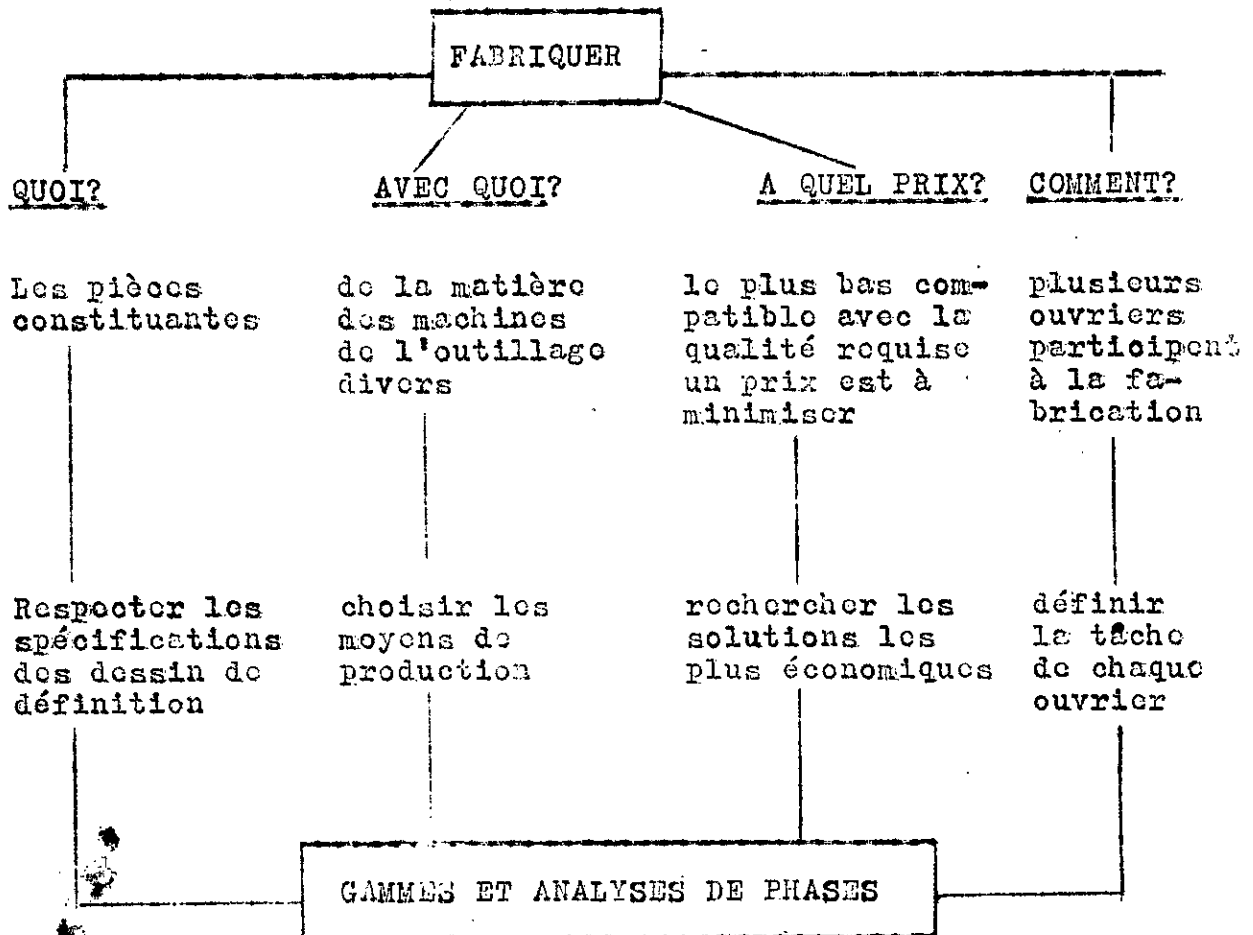
N°	Type de Surface	Cond. de précis. Dimensionnelle	Cond. de précis. Réciproque	Cond. de qualité de Surface	Possibilités d'usinage
1	Cylindrique	$\phi 36H7$	$//0,04/7$	∇ Valeur max. de rugosité de $6,3 \text{ à } 1,6 \mu$	- Alésage - Tournage - Fraisage
2	Conique	2×2			- Tournage - Fraisage
3	Plane	60×60	$20 \pm 0,1/8$	∇ Valeur max. de rugosité de $6,3 \text{ à } 1,6 \mu$	- Tournage - Fraisage
4	Plane	60×60		∇ Valeur max. de rugosité $6,3 \text{ à } 1,6 \mu$	- Tournage - Fraisage
5	Plane	$2 \times (105 \times 27)$		∇ Valeur max. de rugosité $25 \text{ à } 12,5 \mu$	- Fraisage - Rabotage
6	Plane	105×24		∇ Valeur max. de rugosité $25 \text{ à } 12,5 \mu$	- Fraisage - Rabotage
7	Plane	105×60	$//0,04/1$ $100 \pm 0,02/1$ $10 \pm 0,03$	∇ Valeur max. de rugosité $6,3 \text{ à } 1,6 \mu$	- Fraisage
8	Cylindrique	$\phi 16H7$	$23 \pm 0,05/1$ $20 \pm 0,1/2$	∇ Valeur max. de rugosité $6,3 \text{ à } 1,6 \mu$	- Alésage
9	Cylindrique	$\phi 18H7$		∇ Valeur max. de rugosité $6,3 \text{ à } 1,6 \mu$	- Alésage

CHAPITRE I

GENERALITES

La phase de préparation du travail prend une part de plus en plus grande dans l'organisation des fabrications, en raison de la nécessité de produire par séries de plus en plus importantes des pièces de qualité suffisante et constante, à des prix qu'il faut s'efforcer de réduire au minimum.

1.1- Principes de base.



Pour les productions de séries, le travail doit être préparé en détail, et d'autant plus minutieusement que l'importance des séries est grande.

Le facteur humain doit être respecté, afin de réduire la fatigue musculaire et nerveuse, et d'éviter les accidents.

Pour préparer un travail, il faut:

- Définir la suite logique de l'usinage
- Choisir les machines et les outillages à employer
- Déterminer les temps d'exécution
- Rédiger tous les documents nécessaires au lancement et au suivi des travaux successifs à l'atelier.

1.2- Décomposition d'un travail d'usinage:

- La gamme:

C'est une succession ordonnée de phases d'usinage.

- La phase:

Elle constitue l'ensemble du travail exécuté au même poste, une phase peut comporter plusieurs sous-phases.

- La sous-phase:

Elle désigne tout le travail réalisé sans démontage de la pièce, que cette pièce soit placée dans un montage d'usinage, ou serrée en étau...

Une sous-phase comporte plusieurs opérations.

- L'opération:

Elle représente le travail exécuté sans démontage de la pièce et sans changement du ou des outils.

1.3- Trois groupes essentiels en matière d'usinage:

1- Pour la pièce à usiner:

- La mise en position sur la machine; choix des surfaces de départ et de références.

- Fixation de la pièce sur la machine, fixation permettant

1- usinage d'une ou de plusieurs surfaces, sans déformation de la pièce.

2- Pour l'outil ou les outils;

- Choix et montage de l'outil.

3- Pour l'ensemble pièce à usiner, outil;

- Choix des paramètres: profondeur de passe, avance, vitesse de coupe, lubrification.

- Réglage des positions et mouvement relatif pièce-outils.

1.3- Postes de contrôle;

Ils seront installés;

- Selon un schéma de circulation des pièces

- Avant les opérations coûteuses

- Après les opérations délicates

1.4- Variables qui influencent les vitesses de coupe;

1- Variables d'influence de l'outil;

L'usure de l'outil, lente au départ devient de plus en plus rapide, est un problème fondamental dans la production industrielle. Elle limite les conditions de coupe utilisables et, par conséquent, la production de copeaux; de même, elle influence la précision, le fini de la surface usinée et entraîne, en outre, des frais élevés résultant des changements d'outils du fait de leur achat renouvelé ou de leur construction par suite de leur utilisation.

Pour obtenir un bon rendement à l'usinage, il faut donc s'efforcer de retarder par tous les moyens la naissance et le développement de l'usure.

Des angles de coupe corrects, des arêtes de coupe bien réalisées, des faces coupantes d'outils bien polies, une lubri-

fication efficace, une bonne création de l'outil monté sur une machine en bon état pour supprimer les vibrations, ont une influence considérable sur l'usure, et par conséquent, sur la teneur en service des outils.

Les outils à plaquettes amovibles en carbures métalliques, permettent de travailler à grandes vitesses linéaires de coupe et leur emploi sur des machines puissantes, rapides et robustes détermine à une fabrication de pièces une grande économie de temps.

2- Variables provenant du métal à usiner:

La fonte Ft20 étant de la fonte moyenne, elle est constituée de parties très dures et de parties tendres, c'est un matériau cassant. Le manque d'homogénéité, dû à l'inclusion de sable de fondrière, à des poches d'air, détermine une irrégularité dans le mode d'action de l'outil. Il en résulte une usure rapide de l'outil et une grande difficulté pour le travail de coupe. Le caractère abrasif de la fonte qui est supérieur à celui de l'acier, est déterminé par l'usure de la partie active de l'outil au cours du travail.

3- Variables provenant des conditions de coupe:

L'action de coupe est discontinue dans certains cas, continue dans d'autres. L'avance et la profondeur de passe déterminent la section de copeau. Le régime de coupe le plus économique correspond au débit maximum de copeaux coupés par un outil dans le métal pendant une unité de temps comprise entre deux réaffûtages successifs de l'outil.

Le liquide de coupe doit remplir certaines conditions essentielles;

- Refroidir la pièce en cours d'usinage et l'outil
- Réduire les frottements
- Assurer une bonne protection contre la rouille
- Eviter la soudure outil-copeau
- Evacuer les copeaux

Le liquide de coupe ne doit pas occasionner de troubles d'ordre physiologique au personnel, troubles cutanés, visuels ou respiratoires.

Dans notre cas, la lubrification se fait à l'aide d'huiles minérales émulsionnables; car ces dernières assurent correctement la réfrigération et ne sont pas corrosives.

CHAPITRE II

REGIMES DE COUPE

A) Première variante:

Phase II: Fraisage:

Cette phase est réalisée sur une fraiseuse universelle, à tête horizontale; pour cela, il faut utiliser une barre d'alésage comportant trois outils; le premier a pour fonction de faire l'ébauche du trou, venant de fonderie; le second l'alésage et enfin le troisième le chanfrein.

L'ébauche et la finition de l'alésage sont exécutées ensemble à un très faible décalage, suivies du chanfrein.

Calcul de l'avance par dent:

L'avance par dent est donnée par la relation suivante:

$$s_d \ll \left(\frac{1}{Z} \right)^{1,2} \sqrt[3]{ \frac{R_{max} D^{0,77}}{196 \cdot t^{0,13}} }$$

Z = 1 dent en prise

R_{max} = 1,6 valeur maximale de rugosité en μ

D = 36 mm diamètre de l'alésage

t = 3 mm profondeur de passe

$$s_d \ll \sqrt[3]{ \frac{1,6 \cdot 36^{0,77}}{196 \cdot 3^{0,13}} }$$

$s_d = 0,1 \text{ mm/dent}$

- Calcul de la vitesse de coupe:

La vitesse de coupe s'exprime par la formule suivante:

$$V = \frac{C \cdot D}{T \cdot m \cdot yv \cdot xv \cdot gv \cdot uv}$$

Pour une durabilité T = 180 mn de l'outil, des tableaux donnent les différents coefficients qui sont fonction de la nature de l'outil et de la matière à usiner.

C = 796

$\frac{v}{gv} = 0,37$

m = 0,42

yv = 0,23

xv = 0,19

gv = 0,13

uv = 0,14

t = πD = 113,04 mm, largeur de passe

D = 36 mm, diamètre de l'alésage

$$V = \frac{796,36 \cdot 0,37}{180 \cdot 0,42 \cdot 0,23 \cdot 0,19 \cdot 0,13 \cdot 0,14}$$

V = 153,20 m/mn

- Calcul de la vitesse de rotation:

Nous avons: $V = \frac{\pi D \cdot n}{1000} \Rightarrow n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 153,20}{36}$

n = 1355 tr/mn

La vitesse immédiatement inférieure donnée par la gamme des vitesses de la machine est de:

$n = 1120 \text{ tr/mm}$	→	$V = 126,60 \text{ m/min}$
--------------------------	---	----------------------------

Calcul de l'avance en mm/mm;

Nous avons:

$$S = Z \cdot n \cdot s = 12 \cdot 1120 = 13440 \text{ mm/mm}$$

l'avance donnée par la machine sera de:

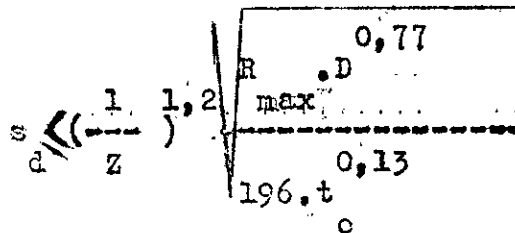
$S = 100 \text{ mm/mm}$

Phase III. Fraisage:

Cette phase est exécutée sur une fraiseuse universelle à tête horizontale c'est à dire inclinée à 180°. L'outil utilisé est une fraise à deux tailles de diamètre ϕ 80 mm et comportant douze lames amovibles en carbures métalliques. La pièce sera placée sur un plateau tournant.

a) Ebauche:

calcul de l'avance par dent;



Z = 12 dents de la fraise

R_{max} = 6,3 valeur maximale de rugosité en

D = 80 mm diamètre de la fraise

t = 2,5 mm profondeur de passe

d'où

$s_d = 0,046 \text{ mm/dent}$

Calcul de la vitesse de coupe;

$$V = \frac{C \cdot D^{q_v}}{T^m \cdot t^{y_v} \cdot s^{x_v} \cdot t^{g_v} \cdot Z^{u_v}}$$

Pour une durée T = 180 mn de l'outil entre deux réaffûtages, les coefficients sont donnés par des tableaux en fonction de la matière à usiner et de la nature de l'outil;

- C = 396
- q_v = 0,20
- m = 0,32
- y_v = 0,2
- x_v = 0,35
- g_v = 0,15
- u_v = 0

- D = 80 mm
- T = 180 mn
- t = 60 mm
- t = 2,5 mm

D'où : $V = 203,86 \text{ m/mn}$

Calcul de la vitesse de rotation;

Nous avons :

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 203,86}{3,14 \cdot 80}$$

$n = 810 \text{ tr/mn}$

La vitesse immédiatement inférieure donnée par la gamme des vitesses est de :

$n = 710 \text{ tr/mn}$	→	$V = 203,47 \text{ m/mn}$
-------------------------	---	---------------------------

- Calcul de l'avance en mm/mn

Nous savons que :

$$S = Z \cdot n \cdot s = 12 \cdot 710 \cdot 0,046 = 392 \text{ mm/mn}$$

Soit, l'avance donnée par la gamme :

$S = 250 \text{ mm/mn}$

b) Finition:

Cette opération se fait avec le même outil que l'opération précédente.

- Calcul de l'avance par dent:

Nous savons que :

$$s = d \left(\frac{1,1,2}{Z} \right)$$

$0,77$
$\frac{F_{\text{max}} \cdot D}{196 \cdot t}$
$0,13$

Toutes les valeurs restent inchangées sauf les valeurs de la rugosité et de la profondeur de passe.

$$R = 1,6$$

max

$$t = 0,50 \text{ mm}$$

D'où :

$s = 0,025 \text{ mm/dont}$

- Calcul de la vitesse de coupe:

Connaissant l'avance par dent et la profondeur de passe, nous pourrions calculer la vitesse de coupe, en utilisant les mêmes coefficients que pour le cas de l'ébauche.

$$V = \frac{396.80}{180^{0,32} \cdot 0,60^{0,2} \cdot 0,025^{0,35} \cdot 0,5^{0,15}} \cdot 0,20$$

Soit enfin :

$$V = 321,27 \text{ m/mn}$$

- Calcul de la vitesse de rotation:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 321,27}{3,14 \cdot 80}$$

D'où :

$$n = 1277 \text{ tr/mn}$$

La vitesse immédiatement inférieure est:

$$n = 1120 \text{ tr/mn}$$

$$V = 282,34 \text{ m/mn}$$

- Calcul de l'avance en mm/mn:

Elle est donnée par la relation suivante:

$$S = Z \cdot n \cdot s_d = 12 \cdot 1120 \cdot 0,025 = 336 \text{ mm/mn}$$

L'avance immédiatement inférieure donnée par la gamme des avances est de:

$$S = 250 \text{ mm/mn}$$

Phase V: Fraisage

Cette phase est réalisée en une seule opération, sur une fraiseuse à tête horizontale, avec un jeu de trois fraises en acier rapide, montées sur une broche, de diamètre $\phi 80$, $\phi 105$ $\phi 80$ et de largeur respectives 34, 24, 34.

Calcul de l'avance par dent;

Elle est déterminée par la relation

$$s_d \leq \left(\frac{1}{z} \right)^{1,2} \sqrt{R_{\max} \cdot D^{0,77} / 196 \cdot t^{0,13}}$$

avec :

$z = 60$ dents pour la fraise de $\phi 105$

$R_{\max} = 25$

$D = 105 \text{ mm}$

$t = 2,5 \text{ mm}$

D'où,

$s_d = 0,030 \text{ mm/dent}$

Calcul de la vitesse de coupe;

En remplaçant les différents coefficients (donnés par des tableaux)

$C = 110$

$gv = 0,5$

$qv = 0,7$

$uv = 0,3$

$m = 0,5$

$yv = 0,3$

$xv = 0,2$

- t = 78 mm (largeur de passe)
- Z = 60 dents
- s = 0,03 mm/dont
- $\frac{d}{t}$ = 2,5 mm/
- c
- D = 105 mm

On aura :

$$V = 21,53 \text{ m/mn}$$

Calcul de la vitesse de rotation:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 21,53}{3,14 \cdot 105} = 65,9 \text{ tr/mn}$$

Soit :

$n = 63 \text{ tr/mn}$	→	$V = 20,77 \text{ m/mn}$
------------------------	---	--------------------------

Calcul de l'avance en mm/mn:

$$S = Z \cdot n \cdot s = 60 \cdot 63 \cdot 0,03 = 113 \text{ mm/mn}$$

Soit l'avance existante sur la gamme:

$S = 100 \text{ mm/mn}$

Phase VI. Fraisage:

La rainure en queue d'aronde est exécutée en deux opérations (ébauche et finition) avec deux fraises coniques en acier rapide, de diamètre de base $\phi 60$ et d'angle au sommet $\alpha = 60^\circ$

a) Ebauchage

- Calcul de l'avance par dent :

Z = 20 dents

D = 60 mm

R = 6,5

^{max}
t = 2,5 mm

D'où :

$$s_d \leq \left(\frac{1}{20} \right)$$

1,2

0,77
6,3,60

196,2,5
0,13

$s_d = 0,022 \text{ mm/dent}$

- Calcul de la vitesse de coupe :

Pour la durabilité T = 60 mn les coefficients seront:

0 = 40

y = 0,45

m = 0,33

yv = 0,1

xv = 0,2

sv = 0,3

uv = 0,1

D'où :

$$V = \frac{40,60 \cdot 0,45}{0,33 \cdot 0,1 \cdot 0,2 \cdot 0,3 \cdot 0,1 \cdot 60 \cdot 0,60 \cdot 0,022 \cdot 2,5 \cdot 20}$$

Soit enfin :

V = 69 m/min

Calcul de vitesse de rotation:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 69}{3,14 \cdot 60} = 366 \text{ tr/mn}$$

La vitesse de rotation immédiatement inférieure donnée par la gamme des vitesses est :

$n = 280 \text{ tr/mn}$	=>	$V = 52,75 \text{ m/mn}$
-------------------------	----	--------------------------

Calcul de l'avance en mm/mn:

$$S = Z \cdot n \cdot s = 20 \cdot 280 \cdot 0,022 = 123,2 \text{ mm/mn}$$

D'où :

$S = 100 \text{ mm/mn}$

b) Finition:

Calcul de l'avance par dent:

Pour la finition on utilise une fraise en acier rapide ayant $Z = 25$ dents, de diamètre $\phi 60 \text{ mm}$, la rugosité maximale étant $R_{\text{MAX}} = 1,6$, la profondeur de passe $t = 0,5 \text{ mm}$

$$D'où : s_d = \left(\frac{1,2}{25} \right) \sqrt{\frac{1,6 \cdot 60^{0,77}}{196 \cdot 0,5^{0,13}}}$$

$s_d = 0,009 \text{ mm/dent}$

Calcul de la vitesse de coupe:

$$V = \frac{C_v \cdot D^{qv}}{T^m \cdot t^{yv} \cdot s_d^{xv} \cdot t_e^{gv} \cdot Z^{uv}}$$

$$V = \frac{40,60 \cdot 0,45}{0,33 \cdot 0,1 \cdot 0,2 \cdot 0,3 \cdot 0,1 \cdot 60 \cdot 0,60 \cdot 0,009 \cdot 0,5 \cdot 0,25}$$

$$V = 99 \text{ m/mn}$$

- Calcul de la vitesse de rotation;

$$V = \frac{\pi D \cdot n}{1000} \implies n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 99}{3,14 \cdot 60} = 525 \text{ tr/mn}$$

La vitesse de rotation immédiatement inférieure donnée par la gamme des vitesses de la machine est:

$$n = 450 \text{ tr/mn}$$

$$V = 84,78 \text{ m/mn}$$

- Calcul de l'avance en mm/mn;

$$S = n \cdot Z \cdot s = 450 \cdot 25 \cdot 0,009 = 101,25 \text{ mm/mn}$$

d'où S donnée par la machine:

$$S = 100 \text{ mm/mn}$$

Phase VII: Percage;

a) Percage;

L'ébauche est faite avec un foret de $\phi 15,6$; pour cela, il est nécessaire d'utiliser un canon de percage, qui sert pour le centrage.

- Calcul de l'avance;

L'avance dans le cas du percage s'exprime par la formule suivante:

$$S = C \cdot D^{0,6}$$

D = 15,6 mm diamètre du foret

C = 0,06 coefficient dépendant de la nature de l'outil et de la matière à usiner.

$$S = 0,3 \text{ mm/tr}$$

- Calcul de la vitesse de coupe:

La vitesse de coupe se calcule par la formule suivante:

$$V = \frac{C \cdot D^{zV}}{\pi \cdot T \cdot S^{yV}}$$

Pour une durée T = 30 mn de l'outil entre deux réaffûtages, nous avons:

- C = 10,5
- zV = 0,125
- yV = 0,25
- yV = 0,55

ces coefficients sont donnés par des tableaux en fonction de la nature de l'outil et du métal à usiner.

$$V = 26,45 \text{ m/mn}$$

- Calcul de la vitesse de rotation:

$$V = \frac{\pi D \cdot n}{1000} \implies n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 26,45}{3,14 \cdot 15,6} = 539 \text{ tr/mn}$$

La vitesse de rotation immédiatement inférieure lue sur la machine est:

$n = 500 \text{ tr/mn}$	=====)	$V = 24,49 \text{ m/mn}$
-------------------------	--------	--------------------------

b) Alésage:

Les alésoirs travaillent avec des vitesses de coupe plus faibles et des avances plus grandes que celles qui sont employées par les forets.

L'avance et la vitesse de coupe se déterminent par les mêmes formules que pour le perçage.

- Calcul de l'avance:

$$S = C \cdot D^{0,6}$$

D = 16 mm diamètre de l'alésoir

$$C = 0,10$$

$$S = 0,5 \text{ mm/tr}$$

- Calcul de la vitesse de coupe:

$$V = \frac{C \cdot D^{z_v}}{n \cdot y_v \cdot T \cdot S}$$

$$C = 15,6$$

$$n = 0,3$$

$$z_v = 0,2$$

$$y_v = 0,5$$

$$V = 13,84 \text{ m/mn}$$

- Calcul de la vitesse de rotation:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \implies n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 13,84}{3,14 \cdot 16} = 275,40 \text{ tr/mn}$$

d'où n réel:

$$n = 250 \text{ tr/mn}$$

$$V = 12,56 \text{ m/mn}$$

Phase VIII: Percage:

a) Percage:

Cette opération consiste à effectuer un perçage sur $\phi \times l = 17,6,25$ suivi d'un lanage de $26 \times l$.

L'avance et la vitesse de coupe sont les mêmes pour le perçage et le lanage.

- Calcul de l'avance:

$$S = C \cdot D^{0,6}$$

D = 17,6 mm diamètre du foret

C = 0,06 coefficient

S

$S = 0,34 \text{ mm/tr}$

- Calcul de la vitesse de coupe:

$$V = \frac{C_v \cdot D^{z_v}}{m \cdot y_v \cdot T \cdot S}$$

Pour une durabilité T = 30 mn de l'outil, les coefficients C_v, z_v, m, y_v sont ceux de la phase précédente.

$$V = 25,45 \text{ m/mn}$$

- Calcul de la vitesse de rotation:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \implies n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 25,45}{3,14 \cdot 17,6} = 460 \text{ tr/mn}$$

La vitesse de rotation lue sur la machine est:

$n = 400 \text{ tr/mn}$ =====) $V = 22,10 \text{ m/mn}$

b) Alésage:

- Calcul de l'avance:

$$S = C \cdot D^{0,6}$$

$$C = 0,1$$

$$D = 18 \text{ mm diamètre de l'alésoir}$$

$$S = 0,6 \text{ mm/tr}$$

- Calcul de la vitesse de coupe:

$$V = \frac{C \cdot D^{ZV}}{T \cdot S^{YV}}$$

Pour la même durabilité de l'outil, les différents coefficients restent identiques à la phase précédente (b) .

$$V = 12,90 \text{ m/mn}$$

- Calcul de la vitesse de rotation:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \implies n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 12,90}{3,14 \cdot 18} = 228 \text{ tr/mn}$$

d'où n réel:

$$n = 200 \text{ tr/mn} \implies V = 11,30 \text{ m/mn}$$

B) Deuxième variante:

Phase II: Tournage:

Cette phase se fait avec deux outils (avec plaquettes en carbure métalliques) montés sur une barre d'alésage. Le premier étant prévu pour l'ébauche, le second pour la finition.

- Calcul de la vitesse de coupe:

Elle s'exprime par la relation suivante:

$$V = \frac{C}{t \cdot S} \cdot \frac{v}{xv \cdot yv}$$

S: Avance

t: Profondeur de passe

Pour une durabilité T = 90 mn de l'outil, les différents coefficients sont donnés par des tableaux.

Ebauche	Finition
C = 68	C = 77
v	v
xv = 0,13	xv = 0,2
yv = 0,2	yv = 0,4

Nous adopterons pour ce mode d'usinage

S = 0,1 mm/tr
 xv = 0,13
 yv = 0,2
 C = 68

$$V = 95,70 \text{ m/min}$$

- Calcul de la vitesse de rotation:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \implies n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 95,7}{3,14 \cdot 33} = 923,50 \text{ tr/min}$$

Avec: $D = \frac{D_g + D_p}{2} = \frac{36 + 30}{2} = 33 \text{ mm}$

D: Diamètre moyen

D_g: Diamètre de l'alésage

D_p: Diamètre du trou venant de fonderie

De la gamme des vitesses de la machine, nous tirons la vitesse immédiatement inférieure:

$$n = 800 \text{ tr/min}$$

$$V = 85 \text{ m/min}$$

a) Dressage des deux faces:

Nous avons une surépaisseur de 3 mm à enlever de chaque côté en deux passes (ébauche et finition).

1- Ebauche:

- Calcul de la vitesse de coupe:

$$V = \frac{C}{\frac{xv}{t} \cdot \frac{yv}{S}}$$

C = 68

xv = 0,13

yv = 0,2

t = 2,5 profondeur de passe

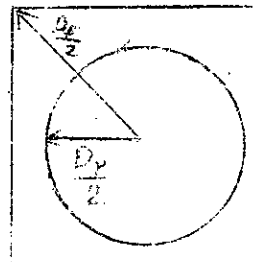
S = 0,5 avance

V = 69 m/mn

- Calcul de la vitesse de rotation:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \implies n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 69}{3,14 \cdot 60,4} = 364 \text{ tr/mn}$$

avec: $D = \frac{D_f + D_p}{2} = \frac{60\sqrt{2} + 36}{2} = 60,4 \text{ mm}$



La vitesse de rotation réelle est donnée par la gamme des vitesses de la machine:

$$\boxed{n = 320 \text{ tr/mn}} \implies \boxed{V = 60,7 \text{ m/mn}}$$

2- Finition:

C = 77

v

xv = 0,2 mm

yv = 0,4 X mm

t = 0,5

s = 0,1

d'où V = 222 m/mn

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \implies n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 222}{3,14 \cdot 60,4} = 1170 \text{ tr/mn}$$

La vitesse de rotation immédiatement inférieure lue sur la machine est:

$n = 1000 \text{ tr/mn}$	=====)	$V = 190 \text{ m/mn}$
--------------------------	--------	------------------------

Les régimes de coupe des autres phases ont été déterminés dans la première variante.

CHAPITRE III

DETERMINATION DES TEMPS

Connaissant les régimes de coupe, et ayant établi la gamme d'usinage, nous pouvons passer aisément aux calculs des différents temps.

Pour déterminer le temps de fabrication, c'est à dire le temps alloué à l'ouvrier pour l'exécution de cette pièce, il faut tenir compte des temps suivants:

- Les temps de coupe (ou temps machines)
- Les temps d'arrangement (ou temps de préparation)
- Les temps manuels (ou temps auxiliaires)
- Les temps supplémentaires (ou temps répartis)

Les temps de coupe T_c sont les temps accordés aux machines pour exécuter la pièce.

Les temps d'arrangement T_a sont les temps nécessaires à la mise en train du travail; c'est à dire à la lecture du dessin, à la recherche des outils et instruments de mesure, à la préparation de la machine, etc... Les temps d'arrangement ne se comptent qu'une fois par série.

Les temps manuels T_m comprennent la mise en place de la pièce, son serrage, l'approche de la pièce par l'outil, les mesures, contrôles et réglages en cours d'usinage, le desserrage et l'enlèvement de la pièce. Les temps manuels s'additionnent aux temps de coupe pour former le temps de base T_b et se comptent autant de fois qu'il y a de pièces par série.

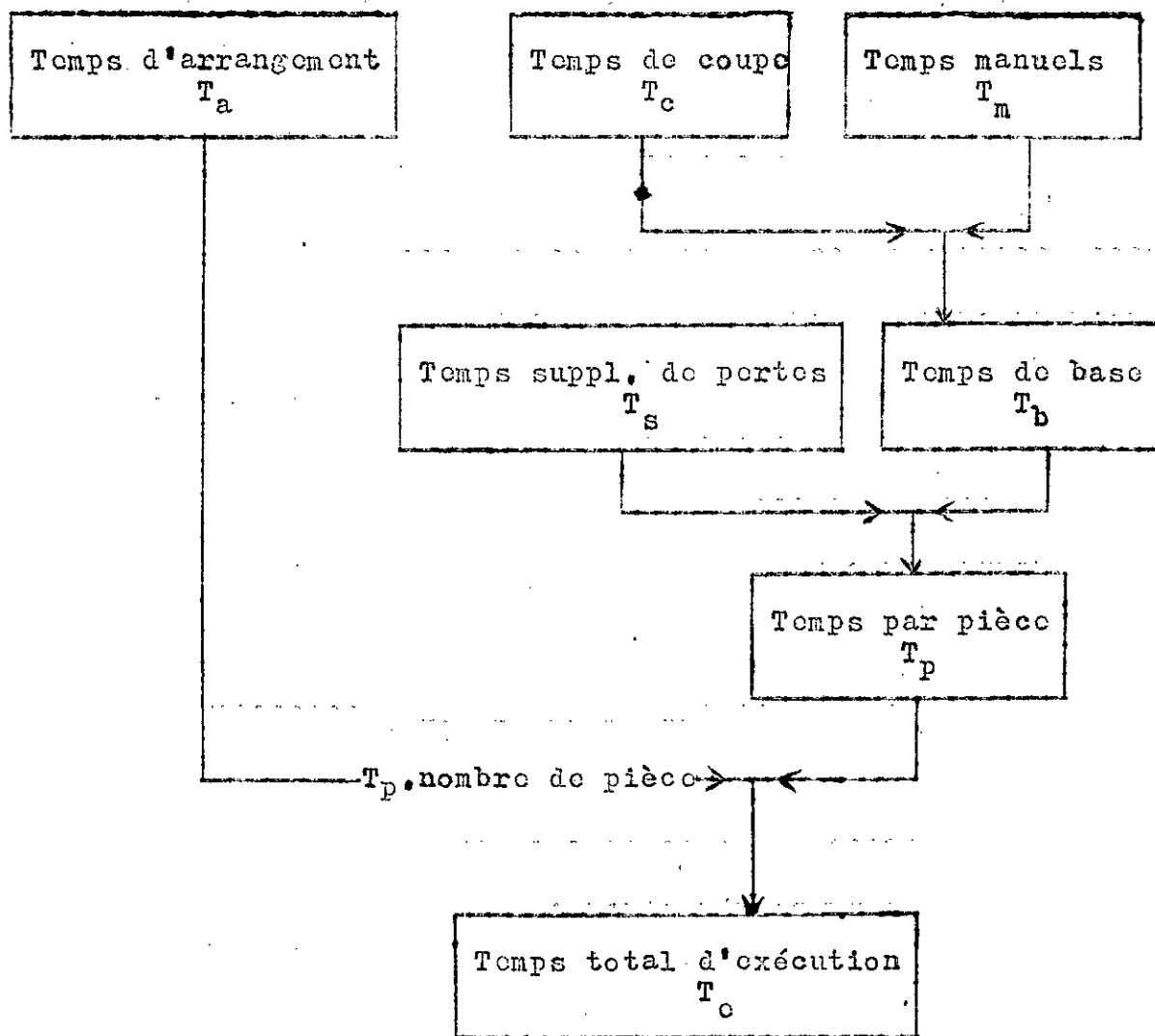
Les temps supplémentaires de pertes T_p se composent des nettoyages, des graissages, des contrôles supplémentaires, de l'évacuation des copeaux, des absences pour besoins personnels, de la mise en marche et de l'arrêt des machines, etc... Ils varient de 6 à 15% du temps de base.

Marche à suivre

Il faut:

- a) Etudier le dessin
- b) Dresser le plan des opérations à effectuer dans un ordre logique et pratique.
- c) Déterminer les vitesses de coupe et les avances.
- d) Choisir les outils et les accessoires nécessaires.
- e) Calculer les temps d'arrangement, les temps de coupe et les temps manuels suivant le plan des opérations.
- f) Calculer le temps de base.
- g) Calculer les temps supplémentaires de pertes.
- h) Calculer le temps par pièce.
- i) Calculer le temps total d'exécution.

Schéma de la composition du temps total d'exécution



Notations:

T_a : temps d'arrangement

T_c : temps de coupe

T_m : temps manuels

T_b : temps de base

$= T_c + T_m$

T_s : temps supplémentaires

$= 6 \text{ à } 15\% \text{ de } T_b$

T_p : temps par pièce

$= T_b + T_s$

T_c : temps total d'exécution

$= T_a + (T_p \cdot \text{nombre de pièces})$

I) CALCUL DES TEMPS DE COUPE

A) Première variante:

Phase II; Fraisage:

Si i est le nombre de passes, L la longueur de fraisage et S l'avance de la table, nous aurons:

$$T_c = \frac{i \cdot L}{S} \\ D_g - D_p$$

L : Profondeur du trou + $\frac{D_g - D_p}{2}$ + approche et dégagement +

distance entre outils + 5mm pour le chanfrein.

(D_g et D_p diamètres final et initial du trou)

$$L = 111 + \frac{36 - 30}{2} + 5 + 10 + 5 = 134 \text{ mm}$$

$i = 1$ passe

$S = 100 \text{ mm/mn}$

$$T_c = \frac{1 \cdot 134}{100} = 1.134$$

$T_c = 1,34 \text{ mn}$

Phase III; Fraisage:

a) Ebauche:

$$T_c = \frac{1 \cdot L}{S}$$

$L = \frac{1}{2} \phi$ de la fraise + longueur de la pièce + approche et dégagement de la pièce

$$L = \frac{80}{2} + 60 + 10 = 110 \text{ mm}$$

i = 1 passe

S = 250 mm/mn

$$T_c = \frac{1.110}{250}$$

$$T_c = 0,44$$

b) Finition;

L = 110 mm

i = 1 passe

S = 250 mm/mn

$$T_c = 0,44 \text{ mn}$$

Le temps de coupe nécessaire pour dresser une face est de:

$$T_c 0,44 + 0,44 = 0,88 \text{ mn}$$

Temps de coupe total pour le fraisage frontal des deux faces:

$$T_c = 1,76 \text{ mn}$$

Phase Y: Fraisage;

$$T_c = \frac{i.L}{S}$$

L = $\frac{1}{2}$ ϕ de la fraise + longueur de la pièce + approche et dégagement

$$L = \frac{105}{2} + 105 + 10 = 167,5 \text{ mm}$$

i = 1 passe

S = 100 mm/mn

$$T_c = 1,67 \text{ mn}$$

Phase VI: Fraisage:

a) Ebauche:

$$T_c = \frac{i.L}{S}$$

$$L = \frac{60}{2} + 105 + 10 = 145 \text{ mm.}$$

i = 1 passe

S = 100 mm/mn

$$T_c = 1,45 \text{ mn}$$

b) Finition:

L = 145 mm.

i = 1 passe

S = 100 mm/mn

$$T_c = 1,45 \text{ mn}$$

Temps de coupe total pour réaliser la queue d'aronde:

$$T_c = 2,90 \text{ mn}$$

Phase VII: Perçage:

a) Perçage:

Le temps de coupe pour le perçage est donné par la formule:

$$T_c = 1,1 \frac{i.L}{n.S}$$

L = profondeur du trou + 0,5.d (d diamètre du foret)

$$L = 60 + 0,5.15,6 = 67,8 \text{ mm}$$

i = 1 trou

$$s = 0,3 \text{ mm/tr}$$

$$n = 500 \text{ tr/mn}$$

$$T_c = 0,50 \text{ mn}$$

b) Alésage:

Le temps de coupe se calcule exactement comme pour le perçage

L = profondeur du trou + d (d diamètre de l'alésoir)

$$L = 60 + 16 = 76 \text{ mm.}$$

i = 1 trou

$$s = 0,5 \text{ mm/tr}$$

$$n = 250 \text{ tr/mn}$$

$$T_c = 0,67 \text{ mn}$$

Temps de coupe pour réaliser cette phase de perçage:

$$T_c = 1,17 \text{ mn}$$

Phase VIII: Perçage:

a) Perçage:

$$L = 25 + 0,5 \cdot 17,6 = 33,8 \text{ mm.}$$

i = 1 trou

$$s = 0,34 \text{ mm/tr}$$

$$n = 400 \text{ tr/mn}$$

$$T_c = 0,31 \text{ mn}$$

b) Lamage:

$$L = 0,1 \cdot d = 0,1 \cdot 26 = 2,6 \text{ mm}$$

i = 1 trou

s = 0,34 mm/tr

n = 400 tr/mn

$T_c = 0,02 \text{ mn}$

c) Alésage:

L = 18 + 25 = 43 mm

i = 1 trou

s = 0,6 mm/tr

n = 200 tr/mn

$T_c = 0,40 \text{ mn}$

Temps total de coupe:

$T_c = 0,73 \text{ mn}$

B) Deuxième variante:

Phase II: Tournage:

Dans le cas du tournage, le temps de coupe s'exprime par la relation:

$$T_c = \frac{i \cdot L}{s \cdot n}$$

où L = longueur à usiner + approche et dégagement de l'outil

a) Alésage:

Dans le cas de l'alésage L sera:

L = profondeur de l'alésage + $\frac{D_g - D_p}{2}$ + approche et dégagement de l'outil + distance entre outils.

$$L = 111 + \frac{36 - 30}{2} + 5 + 10 = 129 \text{ mm}$$

$$i = 1 \text{ passe}$$

$$s = 0,10 \text{ mm/tr}$$

$$n = 800 \text{ tr/mn}$$

$$T_c = \frac{1,129}{0,1 \cdot 800}$$

8

$$T_c = 1,61 \text{ mn}$$

b) Dressage des faces;

1) Ebauche;

La longueur de cette passe est;

$$L = \frac{D_f - D_g}{2} + \text{approche et dégagement de l'outil}$$

$$L = \frac{60\sqrt{2} - 36}{2} + 5 = 29,5 \text{ mm}$$

$$i = 1 \text{ passe}$$

$$s = 0,5 \text{ mm/tr}$$

$$n = 320 \text{ tr/mn}$$

$$T_c = \frac{1,29,5}{0,5 \cdot 320}$$

$$T_c = 0,18 \text{ mn}$$

2) Finition;

Dans ce cas, la longueur de la passe est la même que précédemment.

$$L = 29,5 \text{ mm}$$

$$i = 1 \text{ passe}$$

$$s = 0,1 \text{ mm/tr}$$

$$n = 1000 \text{ tr/mn}$$

$$T_c = \frac{1 \cdot 29,5}{0,1 \cdot 1000}$$

$$T_c = 0,30 \text{ mn}$$

Le temps de coupe total, nécessaire pour le dressage d'une face (ébauche + finition) est:

$$T_c = 0,18 + 0,30 = 0,48 \text{ mn}$$

Le temps de coupe pour un chanfreinage de 2x2 est estimé à:

$$T_c = 0,25 \text{ mn}$$

Le temps de coupe total nécessaire pour réaliser cette phase de tournage est:

$$T_c = 1,61 + 2,0,48 + 0,25$$

$$T_c = 2,82 \text{ mn}$$

Pour le reste des phases, les temps de coupe ont été déjà calculés dans la première variante.

II) COMMENTAIRES DES TEMPS D'ARRANGEMENT ET DES TEMPS MANUELS

A) Première variante:

Ces temps entrent obligatoirement dans toute opération d'usinage; car avant de commencer son travail, l'ouvrier doit, lire le dessin, préparer la machine et déplacer les outils et instruments de mesure. Pendant l'usinage, il doit faire des réglages et prendre des mesures; contrairement aux temps de coupe, les temps manuels et d'arrangement sont déterminés à partir de l'expérience.

Lecture du dessin

$$T_a = 10 \text{ mn}$$

Phase II: Fraisage:

Le temps d'arrangement dépend du genre de montage, du nombre d'outils et instruments nécessaires à l'exécution de la pièce.

- Préparation de la machine

$$T_a = 29 \text{ mn}$$

- Déplacement outillage (1 mn par outil ou instrument)

$$T_a = 4 \text{ mn}$$

- Serrage de la pièce dans le montage

$$T_m = 1 \text{ mn}$$

- Réglage et mesure

$$T_m = 1 \text{ mn}$$

$T_a = 33 \text{ mn}$
$T_m = 2 \text{ mn}$

Phase III: Fraisage:

-Préparation de la machine

$$T_a = 21 \text{ mn}$$

-Déplacement outillage

$$T_a = 2 \text{ mn}$$

- Serrage de la pièce dans le montage
- Réglage et mesure

$$T_m = 1 \text{ mn}$$

$$T_m = 1 \text{ mn}$$

$T_a = 23 \text{ mn}$
$T_m = 2 \text{ mn}$

Phase V: Fraisage:

- Préparation de la machine
- Déplacement outillage
- Serrage de la pièce dans le montage
- Réglage et mesure

$$T_a = 29 \text{ mn}$$

$$T_a = 4 \text{ mn}$$

$$T_m = 1 \text{ mn}$$

$$T_m = 0,5 \text{ mn}$$

$T_a = 33 \text{ mn}$
$T_m = 1,5 \text{ mn}$

Phase VI: Fraisage:

- Préparation de la machine
- Déplacement outillage
- Serrage de la pièce dans le montage
- Réglage et mesure

$$T_a = 26 \text{ mn}$$

$$T_a = 4 \text{ mn}$$

$$T_m = 2 \text{ mn}$$

$$T_m = 1,5 \text{ mn}$$

$T_a = 30 \text{ mn}$
$T_m = 3,5 \text{ mn}$

Phase VII: Percage:

- Préparation de la machine
- Déplacement outillage
- Serrage de la pièce dans le montage

$$T_a = 6 \text{ mn}$$

$$T_a = 3 \text{ mn}$$

$$T_m = 1 \text{ mn}$$

- Réglage et mesure

$T_m = 1 \text{ mn}$

$T_a = 9 \text{ mn}$
$T_m = 2 \text{ mn}$

Phase VIII: Perçage:

- Préparation de la machine

$T_a = 6 \text{ mn}$

- Déplacement outillage

$T_a = 3 \text{ mn}$

- Serrage de la pièce dans le montage

$T_m = 1 \text{ mn}$

- Réglage et mesure

$T_m = 1 \text{ mn}$

$T_a = 9 \text{ mn}$
$T_m = 2 \text{ mn}$

Phase IV: Ebavurage:

- Déplacement outillage

$T_a = 2 \text{ mn}$

- Ebavurage

$T_m = 1 \text{ mn}$

$T_a = 2 \text{ mn}$
$T_m = 1 \text{ mn}$

B) Deuxième variante;

Phase II: Tournage:

- Préparation de la machine	$T_a = 20 \text{ mn}$
- Déplacement outillage	$T_a = 7 \text{ mn}$
- Installation d'un mandrin de contre-perçage	$T_a = 2 \text{ mn}$
- Serrage de la pièce dans le montage	$T_m = 4 \text{ mn}$
- Réglage et mesure	$T_m = 2 \text{ mn}$

$T_a = 29 \text{ mn}$

$T_m = 6 \text{ mn}$

Pour les autres phases, les temps manuels et les temps d'arrangement restent inchangés.

CHAPITRE IV



CALCUL DU NOMBRE DE MACHINES ET LEUR EMBLACEMENT:

1) Calcul du nombre de machines:

- Calcul du nombre effectif de pièces:

Il s'exprime par la formule:

$$N_{\text{eff}} = N_i \cdot P_{Ni} \left(1 + \frac{K}{100} \right)$$

N_i = 120000 pièces, nombre effectif de produits à livrer.

P_{Ni} = 1, nombre effectif de pièces par produit.

K = 0, coefficient de rebut.

$$N_{\text{eff}} = 120000 \cdot 1 \left(1 + \frac{0}{100} \right) = 120000$$

N_{eff} = 120000 pièces/an

- Calcul du fonds disponible:

Il se détermine par la relation:

$$F_d = Z_o \cdot K_o \cdot h_s \left(1 - \frac{\alpha}{100} \right)$$

Z_o : Nombre de jours ouvrables par an.

$Z_o = 365 - (52 + d) = 300$ j/an, avec $d = 13$ jours feriés.

α = 5, coefficient de réparation.

K_o = 2, nombre d'équipes.

h_s = 8 heures/équipe.

$$F_d = 300 \cdot 2 \cdot 8 \left(1 - \frac{5}{100} \right)$$

$$F_d = 4560 \text{ h/an}$$

- Calcul du nombre théorique de machine;

Il s'exprime par la relation suivante;

$$m_{th} = \frac{N_{eff} \times T_{ai}}{60 \cdot F_d} = K \cdot T_{ai}$$

avec $K = \frac{N_{eff}}{60 \cdot F_d} = \frac{120000}{60 \cdot 4560} = 0,4386$

T_{ai} : Temps accordé à l'exécution de chaque phase

$$T_{ai} = T_b + T_s + \frac{T_a}{n}$$

T_b : Temps de base

$$T_b = T_c + T_m$$

T_s : Temps supplémentaires de porte

$$T_s = 15\% \text{ de } T_b$$

n : nombre de pièces entre deux réaffûtages

$$n = \frac{\text{durée de l'outil entre deux réaffûtages}}{T_o \text{ temps de coupe}}$$

Il y a avantage à affûter l'outil avant que l'usure soit très prononcée, parce que lente au départ, elle devient de plus en plus rapide. Comme l'usinage se fait par séries importantes; il faut déterminer le nombre moyen de pièces que peut, au maximum, exécuter l'outil et réaffûter ensuite celui-ci après exécution de 50 à 70% de ce nombre pour les carbures, 75% dans le cas des outils en acier rapide.

Pour les outils à plaquettes amovibles en carbures métalliques, l'opération

ques, l'opération d'affûtage étant éliminée, la plaquette est mise au rebut lorsque toutes les arêtes ont été utilisées.

Nous dressons pour chaque variante, des tableaux donnant par phase, le nombre théorique et réel de machines outils.

Tableau donnant le nombre de pièces en fonction de la durabilité moyenne de l'outil (1^{ère} variante)

N ^o des phases	Dénomination des phases	Temps de coupe	Durée écono.	Durée moy.	Nbre de piè. max	Nbre de piè. moy.
II	Fraisage	1,34	180	180	134	134
III	Fraisage	1,76	180	126	102	71
V	Fraisage	1,67	180	135	107	81
VI	Fraisage	2,90	60,2	45,2	41	31
VII	Perçage	1,17	30,2	23,2	51	39
VIII	Perçage	0,73	30,2	23,2	82	62

Tableau donnant le nombre de pièces en fonction de la durabilité moyenne de l'outil (2^{ème} variante)

N° des phases	Dénomination des phases	Temps de coupe	Durée écono.	Durée moy.	Nbre de piè. max	Nbre de piè. moy.
II	Tournage	2,82	90	90	31	31
V	Fraisage	1,67	180	107	107	81
VI	Fraisage	2,90	60.2	45.2	41	31
VII	Perçage	1,17	30.2	23.2	51	39
VIII	Perçage	0,73	30.2	23.2	82	62

N° des Phases	Dénomination des Phases	Durabilité moyenne T	Nbre de pièces usinées/T	T_c	T_m	T_a	$\frac{T_a}{n}$	$T_b = T_c + T_m$	$T_s = 15\%$ de T_b	T_{ai}	m_{th}	m_r
II	Fraisage	180	134	1,34	2	33	0,25	3,34	0,50	4,09	1,79	2
III	Fraisage	126	71	1,76	2	23	0,38	3,76	0,56	4,64	2,04	3
V	Fraisage	134	81	1,67	1,50	33	0,41	3,17	0,47	4,05	1,77	2
VI	Fraisage	45x2	31	2,90	3,50	30	0,96	6,40	0,98	8,34	3,66	4
VII	Perçage	23x2	39	1,17	2	9	0,23	3,17	0,47	3,87	1,70	2
VIII	Perçage	23x2	62	0,73	2	9	0,13	2,73	0,41	3,27	1,43	2

Tableau donnant le nombre de machines en fonction des Temps

N° des Phases	Dénomination des Phases	Durabilité moyenne T	Nbre de pièces usinées/T	T_c	T_m	T_a	$\frac{T_a}{n}$	$T_b = T_c + T_m$	$T_s = 15\%$ de T_b	T_{ai}	m_{FA}	m_n
II	Tournage	90	31	2,82	6	29	0,94	8,82	1,32	11,08	4,86	5
IV	Fraisage	134	81	1,67	1,50	33	0,41	3,17	0,47	4,05	1,77	2
V	Fraisage	45x2	31	2,90	3,50	30	0,96	6,40	0,98	8,34	3,66	4
VI	Perçage	23x2	39	1,17	2	9	0,23	3,17	0,47	3,87	1,70	2
VII	Perçage	23x2	62	0,73	2	9	0,13	2,73	0,41	3,27	1,43	2

Tableau donnant le nombre de machines en fonction des temps

2) Emplacement des machines:

Ayant calculé, le nombre de machines nécessaires à l'exécution du produit demandé, nous devons calculer alors les surfaces nécessaires à l'implantation de ces machines. Chaque machine doit bénéficier d'un accès facile, et disposer de la place nécessaire au stockage des pièces.

La surface total pour l'emplacement des machines est égale à la somme de trois surfaces partielles.

- Surface statique; Elle se calcule en fonction des dimensions des machines outils.

$$S = L.l$$

L: Longuer maximale

l: Largeur maximale

- Surface de gravitation; C'est la surface utilisée autour du poste de travail par l'ouvrier et par les matières approvisionnées pour l'opération en cours. Elle est obtenue pour chaque poste, en multipliant la surface statique par le nombre de côtés (K_d) à partir desquels, le meuble ou la machine doit être desservis.

$$S_g = S_s \cdot K_d$$

- Surface d'évolution; C'est la surface qu'il faut réservée entre les postes de travail pour le déplacement des personnes et pour les manutentions. Elle est égale à la somme des surfaces statique et de gravitation, multipliée par un coefficient K_e , dépendant des particularités du processus de fabrication.

$$S_e = (S_s + S_g) K_e$$

La surface totale occupée par une machine outil ou par un poste de contrôle se calcule par la relation:

$$S_i = S_s + S_g + S_e$$

d'où la surface totale occupée par un groupe de machines outils (i) est:

$$S_{ti} = m_i (S_s + S_g + S_e)$$

La surface totale qu'occupe la ligne technologique est:

$$S_T = \sum S_{ti} = \sum m_i (S_s + S_g + S_e)$$

Nous établissons pour chacune des deux variantes un tableau donnant les différentes surfaces, pour chaque groupe de machines outils.

La surface totale (S_T) calculée, est celle qu'occupent les machines outils et les différents postes de contrôle et d'ébavurage. Cependant nous devons ajouter les surfaces des zones réservées aux transports des pièces. L'emplacement des machines dépend du mode de transport adopté.

A) Première variante:

Phases	S _s	K _d	S _g	S _c	S _i	m ₁	S _{ti}
II	13,27	1	13,27	5,31	31,85	2	63,70
III	13,27	1	13,27	5,31	31,85	3	95,55
IV	5,31	4	21,24	5,30	31,85	1	31,85
V	4,81	1	4,81	1,93	11,55	2	23,10
VI	5,23	1	5,23	2,09	12,55	4	50,20
VII	0,96	2 *	2,89	0,78	4,63	2	9,26
VIII	0,96	2 *	2,89	0,78	4,63	2	9,26
IX	5,31	4 *	21,24	5,30	31,85	1	31,85
X	5,31	4 *	21,24	5,30	31,85	1	31,85

Surface totale occupée par les machines outils et les postes de contrôles et d'ébavurage:

$$S_T^0 = 346,62 \text{ m}^2$$

Surface réservée pour le transport des pièces:

Emplacement I:

$$S_{tr} = 103,18 \text{ m}^2$$

Emplacement II:

$$S_{tr} = 99,66 \text{ m}^2$$

B) Deuxième variante:

Phases	S _s	K _d	S _g	S _e	S _i	m _i	S _{ti}
II	3,17	2	6,34	1,19	11,42	5	57,10
III	4,81	1	4,81	1,93	11,55	2	23,10
IV	5,31	4	21,24	5,30	31,85	1	31,85
V	5,23	1	5,23	2,09	12,55	4	50,20
VI	0,96	2	2,89	0,78	4,63	2	9,26
VII	0,96	2	2,89	0,78	4,63	2	9,26
VIII	5,31	4	21,24	5,30	31,85	1	31,85
IX	5,31	4	21,24	5,30	31,85	1	31,85

Surface totale occupée par les machines outils et les postes de contrôles et d'ébavurage:

$$S_T = 244,47 \text{ m}^2$$

Surface réservée pour le transport des pièces:

Emplacement I:

$$S_{tr} = 82,50 \text{ m}^2$$

Emplacement II

$$S_{tr} = 64,57 \text{ m}^2$$

LOT ECONOMIQUE, TRANSPORT ET STOCK

1) Lot économique:

A) Première variante:

N = Quantité annuelle de pièces à fabriquer
eff

N = 120000 pièces/an
eff

F = Fonds nominal

$$F = Z \cdot K \cdot h - \Psi$$

Z = 300 jours ouvrables

K = 2 équipes

h = 8 heures/équipe

$\Psi = 0$, perte due à la réduction du temps de travail avant les fêtes.

$$F = 300 \cdot 2 \cdot 8 = 4800 \text{ heures}$$

r = Rythme moyen de fabrication

$$r = \frac{F}{N} = \frac{4800 \cdot 60}{120000}$$

$$r = 2,4 \text{ mn/pièce}$$

Calcul du lot économique:

$$n = \sqrt{\frac{2 \cdot N \cdot D}{(C_{ml} + A_{indl}) \cdot r}}$$

A = Dépense indépendante de la grandeur du lot.

$$A = C_{ml} + C_{sl} + C_{indl} + C_{aml}$$

C = Coût de la matière première (pièce provenant de fonderie)

Le prix au kilogramme d'une pièce moulée est: 2 DA

Le poids de la pièce étant de 4,5 K, donc

$$C_{ml} = 2.4,5 = 9 \text{ DA}$$

C_{sl} = Coût de la main d'oeuvre directe,

Pour cela, nous devons tenir compte du temps nécessaire à l'exécution d'une pièce et de la catégorie à laquelle appartiennent les ouvriers. Les différents réglages seront effectués par les ouvriers eux-mêmes.

Le coût de la main d'oeuvre s'exprime par la relation:

$$C_{sl} = \sum_{i=1}^T S_i \left(\frac{P_i}{n_i} + T_{cfi} \right)$$

or $\frac{P_i}{n_i} + T_{cfi} = T_{ai}$

d'où $C_{sl} = \sum_{i=1}^T S_i \cdot T_{ai}$

S_i : Salaire horaire pour la catégorie (i)

T_{ai} : Temps d'exécution de la pièce par un ouvrier de catégorie (i)

Les différents salaires de la main d'oeuvre à l'heure et par catégorie sont:

Catégorie I; Perçage $S = 4,85 \text{ DA/h}$

Catégorie II; Tournage $S = 5,35 \text{ DA/h}$

Catégorie III; Fraisage $S = 5,90 \text{ DA/h}$

$$C_{sl} = \frac{5,90}{60} (4,09 + 4,64 + 4,05 + 8,34) + \frac{4,85}{60} (3,87 + 3,27)$$

$$C_{sl} = 2,65 \text{ DA}$$

C_{indl} : Frais fixes (le loyer, l'intérêt du capital engagé, les impôts sur le capital, les assurances, ect...)

Les frais fixes s'expriment par un pourcentage du coût de

la main d'oeuvre: $R = 250\%$

$$C_{\text{indl}} = C_{\text{sl}} \cdot R = 2,65 \cdot 2,50$$

$$C_{\text{indl}} = 6,63 \text{ DA}$$

C_{aml} = Amortissements et dépenses pour réparation des machines outils.

$$C_{\text{aml}} = \sum_i T_i \cdot C_{\text{mri}}$$

$$V_i \left(\frac{1}{a} + \frac{R_m}{100} \right)$$

$$\text{Avec } C_{\text{aml}} = \frac{\sum_i m_{\text{r}i} N_i}{\dots}$$

N_i = Durée de fonctionnement des machines en mn/an

$$N_i = \frac{b_i}{m_i} N_{\text{eff}}$$

$R_m = 5\%$, dépense pour réparation

$a = 5$ années, durée d'amortissement

V_i = Prix d'une machine outil de type (i)

i

- Perceuse $V = 134000 \text{ DA}$
- Fraiseuse $V = 130000 \text{ DA}$
- Tour $V = 91200 \text{ DA}$

En remplaçant N_i par son expression dans C_{mri} , nous aurons :

$$\left(\frac{1}{a} + \frac{R_m}{100} \right)$$

$$C_{\text{mri}} = \frac{m_i V_i}{b_i N_{\text{eff}}}$$

d'où

$$C_{\text{aml}} = \sum_i \frac{m_i V_i}{N_{\text{eff}}} \left(\frac{1}{a} + \frac{R_m}{100} \right)$$

Soit un amortissement annuel de :

$$C_{\text{aml}} = \sum_i \frac{m_i V_i}{N_{\text{eff}}} \left(\frac{1}{a} + \frac{R_m}{100} \right)$$

$$C_{\text{anl}} = \left(\frac{1}{54} \cdot R - \frac{5}{100} \right) (132950 \cdot 11) + 134000 \cdot 4 \cdot \frac{1}{120000}$$

$$C_{\text{anl}} = 4,09 \text{ DA}$$

$$\text{d'où } A = C_{\text{1}} + C_{\text{ml}} + C_{\text{sl}} + C_{\text{incl}} + C_{\text{aml}} = 2,65 + 6,63 + 4,09$$

$$A = 22,37 \text{ DA}$$

D : Dépense dépendant de la grandeur du lot, elle se calcule par la relation suivante:

$$D = B + C$$

B : Coût de la préparation des machines

$$B = \left(\sum_{i=1}^n m_i \cdot T_i \cdot \frac{S_i}{60} \right) K$$

K = 1 + une majoration de 15% de l'entreprise générale

$$K = 1,15$$

T : Temps de préparation et d'entretien

m : Nombre de machines outils de phase (i)

$$B = \left((43,2 + 33,2 + 43,3 + 40,4) \frac{5,90}{60} + (19,2 + 19,2) \frac{4,85}{60} \right) 1,15$$

$$B = 55,80 \text{ DA}$$

C : Dépense dépendante de la grandeur du lot relatif au fonctionnement et à l'entretien des machines.

$$C = \sum_{i=1}^n m_i \cdot T_i \cdot \frac{S_i}{60}$$

$$C = (43,2 + 33,3 + 43,2 + 40,4 + 19,2 + 19,2) \frac{5}{60}$$

$$C = 42,25 \text{ DA}$$

$$D = B + C = 55,80 + 42,25$$

$$D = 98,05 \text{ DA}$$

ϵ : Coefficient d'efficiency économique normal

$\epsilon = 0,20$ soit 20% correspondant à une durée d'amortissement des machines qui est de 5 ans.

γ_1 : Coefficient indiquant le nombre de lots T

$$\gamma_1 = \frac{\alpha_1}{\epsilon} \quad \text{avec} \quad \alpha_1 = \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{n K_i}$$

T : Temps d'exécution par poste de travail (i)

a_i : Nombre de machines outils de type (i)

K_i : Coefficient moyen de norme de temps pour l'entreprise

$$K_i = 1 + t$$

$$\alpha_1 = \frac{4,09}{1} + \frac{4,64}{2} + \frac{4,05}{3} + \frac{8,34}{2} + \frac{3,87}{2} + \frac{3,27}{2}$$

$$\alpha_1 = 11,27 \text{ mn}$$

$$\gamma_1 = 4,70$$

Lot économique:

$$n_1 = \sqrt{\frac{2.120000.98,05}{(9 + 22,37).0,20.4,70}} = 893 \text{ pièces}$$

Nous prendrons un lot économique de:

$$n_1 = 1000 \text{ pièces}$$

B) Deuxième variante:

En appliquant les mêmes formules de la première variante, nous obtenons:

$$C = C = 9 \text{ DA}$$

$$C_{s2} = \frac{5,35}{60} (11,08) + \frac{5,90}{60} (4,05 + 8,34) + \frac{4,85}{60} (3,87 + 3,27)$$

$$C = 2,78 \text{ DA}$$

s_2

$$C_{\text{am}2} = \left(\frac{1}{5} + \frac{5}{100} \right) (91200.5 + 130000.6 + 134000.4) \frac{1}{120000}$$

$$C_{\text{am}2} = 3,69 \text{ DA}$$

d'où $A = 22,42 \text{ DA}$

$$B_2 = \left((39.5) \frac{5,35}{60} + (43.2 + 40.4) \frac{5,90}{60} + (19.4) \frac{4,85}{60} \right) 1,15$$

$$B_2 = 54,88 \text{ DA}$$

$$C_2 = (39.5 + 43.2 + 40.4 + 19.2 + 19.2) \frac{5}{60} = 43,08 \text{ DA}$$

d'où

$$D = 97,96 \text{ DA}$$

$$L_2 = \frac{11,08}{2} + \frac{4,05}{5} + \frac{8,34}{2} + \frac{3,87}{4} + \frac{3,27}{2} = 9,90 \text{ mn}$$

$$\gamma_2 = 4,13$$

$$\epsilon = 0,20$$

Lot économique:

$$n_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot 120000 \cdot 97,96}{(9 + 22,42) \cdot 0,20 \cdot 4,13}} = 951 \text{ p}$$

Nous prendrons un lot économique de:

$$n = 1000 \text{ pièces}$$

*Le nombre de répétitions du lot économique par an sera:

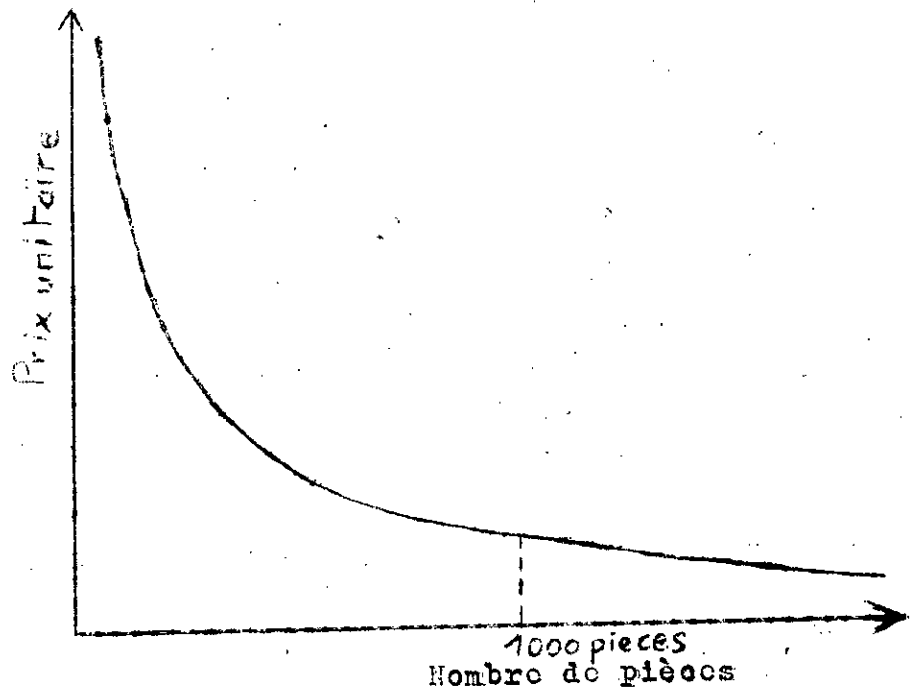
$$L = \frac{N \cdot \text{cft}}{n} = \frac{120000}{1000} = 120 \text{ lots/an}$$

soit une répétition de ce lot tous les 2,5 jours.

Courbe du prix unitaire par nombre de pièces:

Il ne faut pas penser que nous pouvons indéfiniment augmenter la série, car le gain ne lui est pas directement proportionnel.

La courbe que nous traçons à ce sujet, nous renseigne mieux qu'une longue explication.



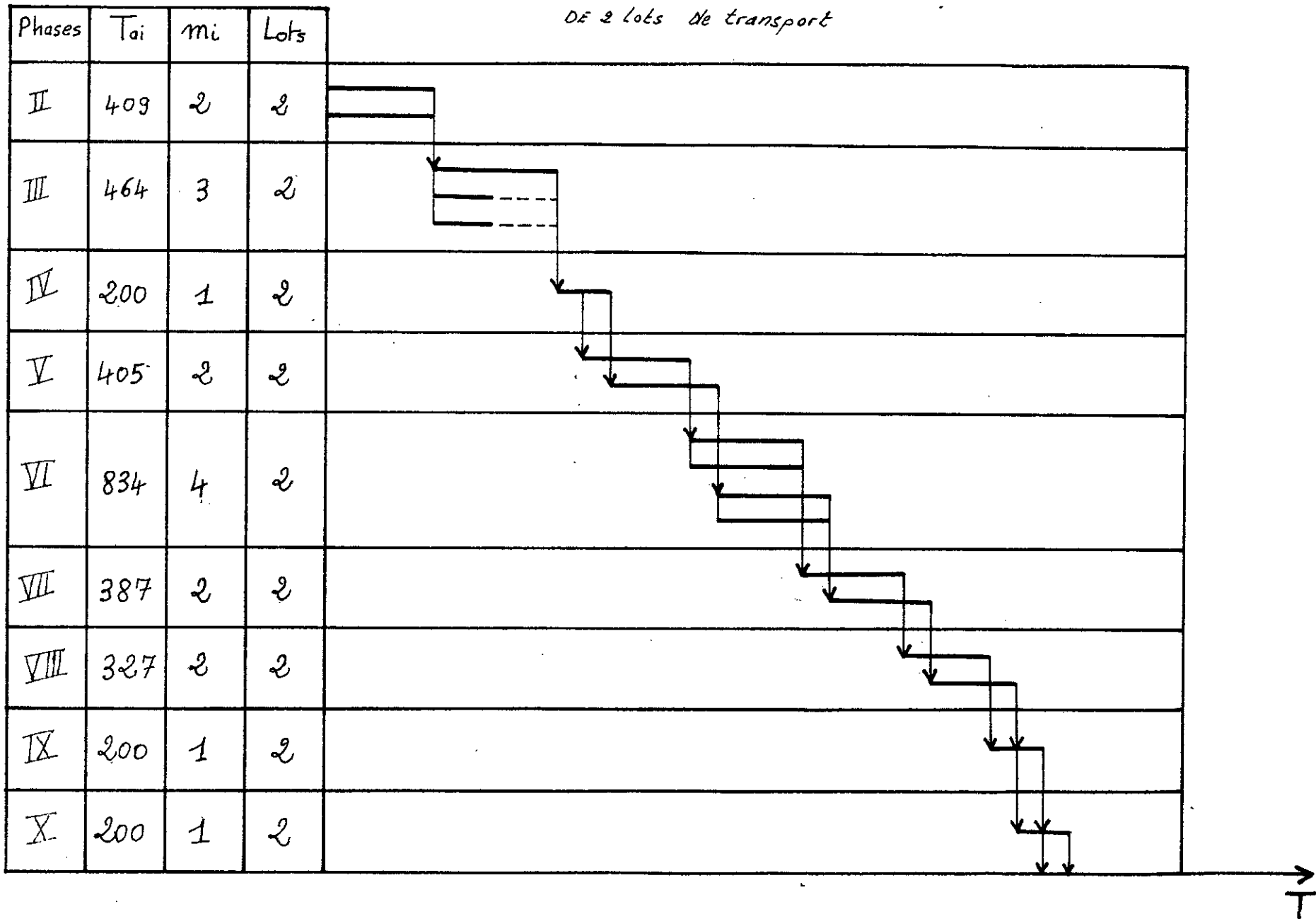
En ordonnée, nous portons le prix par pièce, en abscisse le nombre de pièces. Nous voyons immédiatement qu'à partir du lot économique, il n'est guère intéressant d'augmenter la série car le prix unitaire ne diminue qu'en de faibles proportions.

2) Transport des pièces:

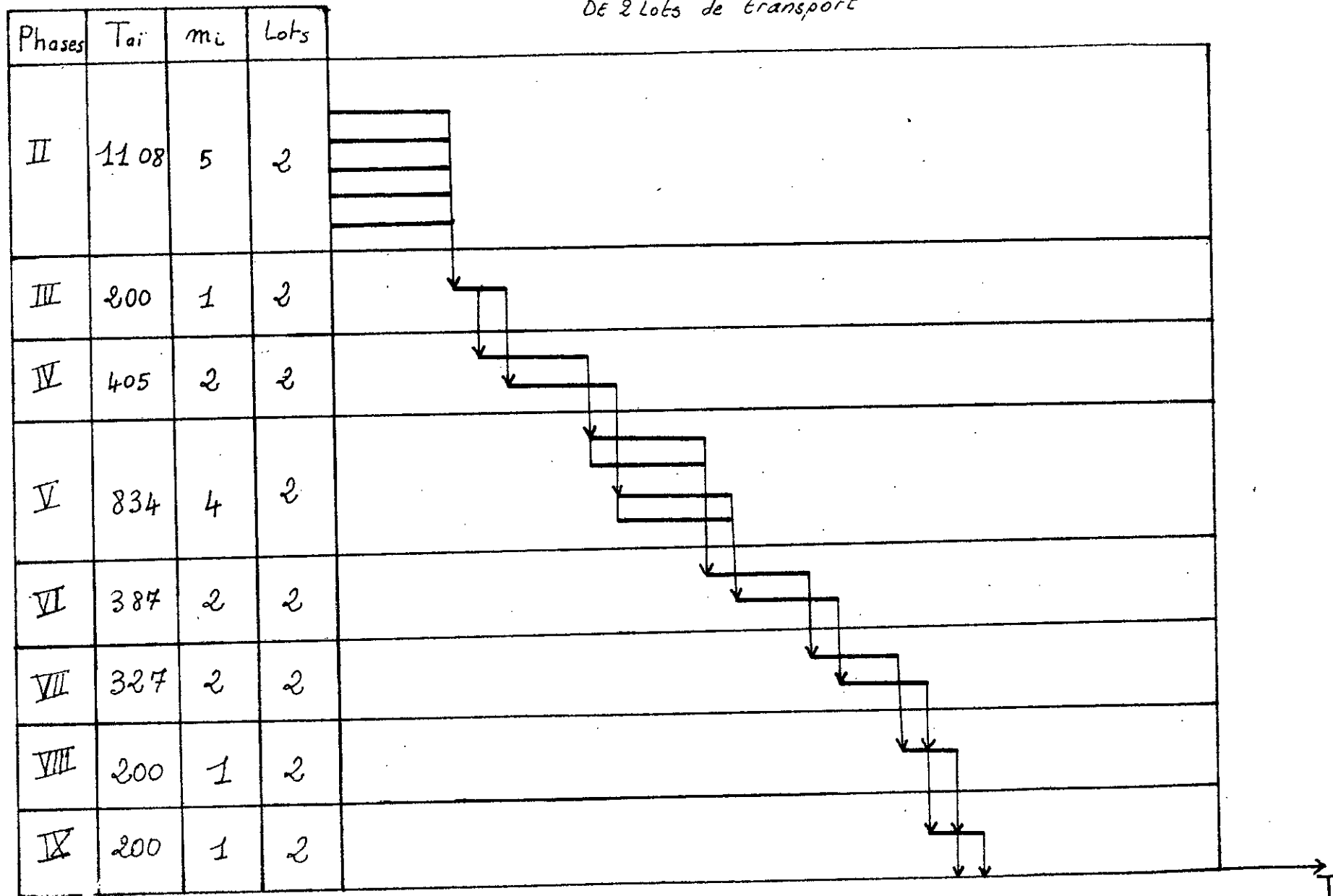
Pour alimenter les différents postes de travail, en pièces semifabriquées, nous devons étudier un mode de transport qui s'adapterait à l'emplacement de la ligne considéré.

Ce transport se fait par lot de pièces; ce lot appelé lot de transport est un sous multiple du lot économique.

1^{re} VARIANTE: TYPE D'ORGANISATION POUR L'EXECUTION
DE 2 lots de transport



2^e VARIANTE : TYPE D'ORGANISATION POUR L'EXECUTION
 DE 2 Lots de transport



d'où $n = \frac{t \cdot i}{K}$ avec K est un entier

- Transport par voie aérienne:

Ce mode de transport est employé pour approvisionner en pièces, les différents postes de travail dans le cas d'un emplacement de type I. (voir emplacement des machines). Les déplacements à vide, du pont roulant, sont évités; cependant, un gain appréciable de temps et d'énergie est réalisé.

Le transport se fait par un lot de 100 pièces; pour ce procédé nous aurons un seul magasin pour l'approvisionnement et le stockage des pièces.

- Transport par bande à rouleaux:

Ce mode de transport est employé dans le cas d'un emplacement de type II. Les machines outils d'un même groupe sont disposées de part et d'autre de la bande. Les caisses contenant les pièces à usiner, et portant des inscriptions, ou bien peintes en différentes couleurs, sont acheminées vers leurs postes respectifs. Le lot de transport est réduit en raison de la masse des pièces; pour cela nous opterons pour un lot de 10 pièces, correspondant à une masse de 45 kilogrammes, pour faciliter la tâche des ouvriers. Pour ce genre de transport, nous devons prévoir deux magasins, l'un pour l'approvisionnement, l'autre pour le stockage.

3) Stock:

Les stocks de pièces constituent, dans l'entreprise, un mal nécessaire, car il n'est pas de fabrication ou d'approvisionnement qui puisse suivre exactement la demande des besoins. Les stocks exigent un capital inutilisé d'une part et des

frais de magasinage et d'entretien d'autre part.

Il est donc essentiel pour la prospérité de l'entreprise que l'importance de ces stocks soit réduite au minimum, et que leur renouvellement se fasse rapidement. Les stocks doivent jouer exactement le rôle d'un réservoir pour la compensation des différences entre la production et l'utilisation.

- Approvisionnement:

Pour l'approvisionnement en pièces, il est avantageux de laisser le magasin procéder lui-même, sur ordre, au lancement de la première demande d'achat en lui indiquant le chiffre K des sorties moyennes, et d'autres indications à sa charge. Faute de pouvoir approvisionner en disponible, pour des raisons diverses, la présence en stock est obligatoire.

Dans notre cas, l'approvisionnement s'effectue à partir d'une fonderie moderne, qui se trouve dans l'entreprise même. nous faisons quatre réapprovisionnements par année, soit un délai de livraison de $d = 3$ mois.

$$d'ou \quad Q = \frac{\text{lot économique, d. 25 jours}}{2,5 \text{ jours}}$$

avec 1 mois = 25 jours

l'année

Q: Nombre de pièces à réapprovisionner

$$Q = \frac{1000 \cdot 3 \cdot 25}{(2,5)}$$

$Q = 30000 \text{ pièces}$

- Stock minimum:

Il doit couvrir la consommation depuis la date de la commande à la fonderie, jusqu'à la date de réception de la marchandise. Le stock minimum est en général déterminé par l'examen de la cadence des sorties en fonction du rythme de fabrication

La fixation et le respect du stock sont les seuls moyens d'assurer la couverture et de déclencher le renouvellement d'une commande. Le maintien en équilibre d'un stock oblige à réviser ce stock méthodiquement, à des intervalles réguliers.

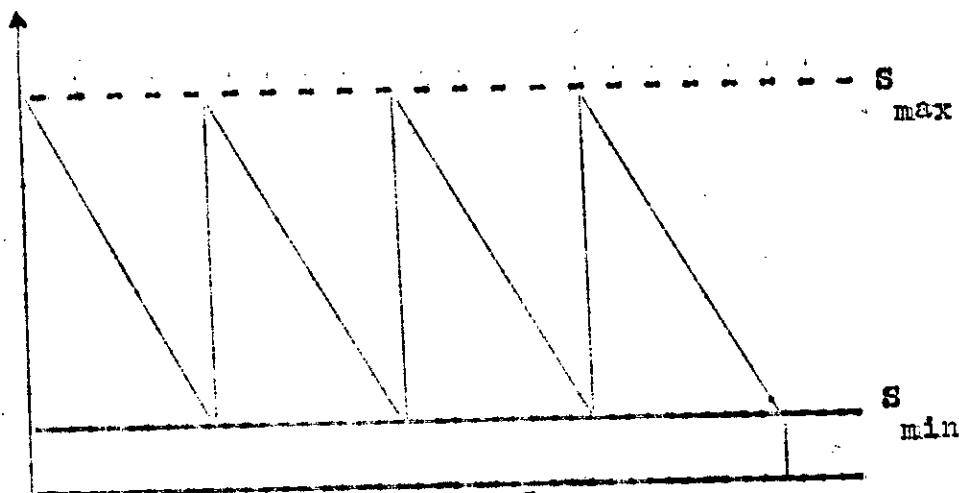
Le stock minimum est fonction de la moyenne des sorties x le délai:

$$\text{moyenne des sorties: } 30000 \text{ pièces/trimestre} \implies 10000 \text{ P/mois}$$
$$\text{délai } d = 12,5 \text{ j} = \frac{1}{2} \text{ mois}$$

$$s' = K \cdot d = 10000 \cdot \frac{1}{2}$$

Le stock minimum sera:

$s' = 5000 \text{ pièces}$



$$S_{\text{moy}} = \frac{S_{\text{max}} + S_{\text{min}}}{2}$$
$$S_{\text{moy}} = \frac{30000 + 5000}{2}$$

$S_{\text{MOY}} = 17500 \text{ pièces}$

CHAPITRE VI

COMPARAISON DES DEUX VARIANTES

1) Calcul des dépenses

Les dépenses affectées à l'exécution d'une série de pièces se divisent en dépenses directes et dépenses indirectes.

Les dépenses directes comprennent: - les frais généraux variables qui sont proportionnels au rythme de fabrication, sont constitués par:

- Les salaires de la main d'oeuvre indirecte (celle qui ne participe pas directement à l'exécution),
- Les charges sociales
- Le coût de l'eau, de l'énergie
- Les frais de transport
- Les fournitures indirectes (lubrifiants, chiffons, ect...)
- Les frais d'administration

- les salaires de la main d'oeuvre qui entrent directement dans la fabrication (C_s)

$$C_d = C_r + C_s$$

$$C_r = \sum_i S_i \cdot T_i \cdot \frac{b_i}{100}$$

R_d = 50% , pourcentage des frais généraux

Dans notre cas, nous nous limitons aux amortissements des machines outils, car pour les autres installations (outillages, montages d'usinage, transport, stockage, ect....), les amortissements sont les mêmes pour les deux variantes.

Les dépenses indirectes s'écrivent sous la forme:

$$C_i = C_{indi} + C_{emi}$$

Les dépenses affectées à l'exécution d'une série de n pièces sont déterminées par la relation:

$$C_t = n \left(\underbrace{C_d}_{du} + \underbrace{C_{mi}}_{4da} \right) + C_i$$

A) Première variante:

- Calcul des dépenses directes:

Frais généraux variables:

$$C_{rl} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{S_i T_i R_i}{60}}{60}$$

$$C_{rl} = \left(\frac{5,90}{60} (3,34 + 3,76 + 3,17 + 6,40) + \frac{4,85}{60} \cdot 5,90 \right) \frac{50}{100}$$

$$C_{rl} = 1,06 \text{ DA}$$

* Coût de la main d'oeuvre:

$$C_{sl} = 2,65 \text{ DA (voir Chap V)}$$

d'où

$$C_{dl} = 3,71 \text{ DA}$$

- Calcul des dépenses indirectes:

Frais généraux fixes:

Ils ont été calculés précédemment par pièce; pour une série de 120000 pièces, nous aurons:

$$C_{indl} = 6,63 \cdot 120000 = 795600 \text{ DA}$$

* Amortissement et dépenses pour réparation pour toute la série:

$$C_{aml} = 4,09 \cdot 120000 = 491500 \text{ DA}$$

d'où

$$C_i = 1287100 \text{ DA}$$

Nous aurons:

$C_{t1} = 12,71 \cdot n + 1287100$

soit un prix de revient unitaire de:

$$C_{p1} = 12,71 + \frac{1287100}{n}$$

B) Deuxième variante:

- Calcul des dépenses directes:

* Frais généraux variables:

$$C_{r2} = \sum \frac{S \cdot T \cdot R}{i \cdot M \cdot d} \cdot \frac{1}{60}$$

$$C_{r2} = \left(\frac{5,35}{60} \cdot 8,82 + \frac{5,90}{60} \cdot (3,17 + 6,40) \right) + \frac{4,85}{60} \cdot (5,90) \cdot \frac{50}{100}$$

$$C_{r2} = 1,10 \text{ DA}$$

* Coût de la main d'oeuvre:

$$C_{s2} = 2,78 \text{ DA (voir Chap. V)}$$

d'où

$C_{d2} = 3,88 \text{ DA}$

- Calcul des dépenses indirectes:

* Frais généraux fixes:

Pour une série de 120000 pièces, nous aurons:

$$C_{ind2} = 6,95 \cdot 120000 = 834000 \text{ DA}$$

* Amortissement et réparation pour toute la série:

$$C_{an2} = 3,69 \cdot 120000 = 443000 \text{ DA}$$

et nous avons par la suite

$C_1 = 1277000 \text{ DA}$

pour l'exécution de toute la série, les dépenses s'écrivent:

$$C_{t2} = 12,88.n + 1277000$$

soit un prix de revient unitaire de:

$$C_{p2} = 12,88 + \frac{1277000}{n}$$

C) Comparaison des dépenses:

Les dépenses totales dépendent de la grandeur de la série. Pour trouver le point critique, nous devons résoudre le système d'équations suivant:

$$C_{t1} = 12,71.n + 1287100$$

$$C_{t2} = 12,88.n + 1277000$$

Le point critique c'est l'intersection des droites d'équation $C_{t1} \begin{pmatrix} n \\ n \end{pmatrix}$ et $C_{t2} \begin{pmatrix} n \\ n \end{pmatrix}$.

$$D'où C_{t1} \begin{pmatrix} n \\ c \end{pmatrix} = C_{t2} \begin{pmatrix} n \\ c \end{pmatrix}$$

$$12,71.n + 1287100 = 12,88.n + 1277000$$

$$\text{soit } n = \frac{10100}{0,17} = 59412 \text{ pièces}$$

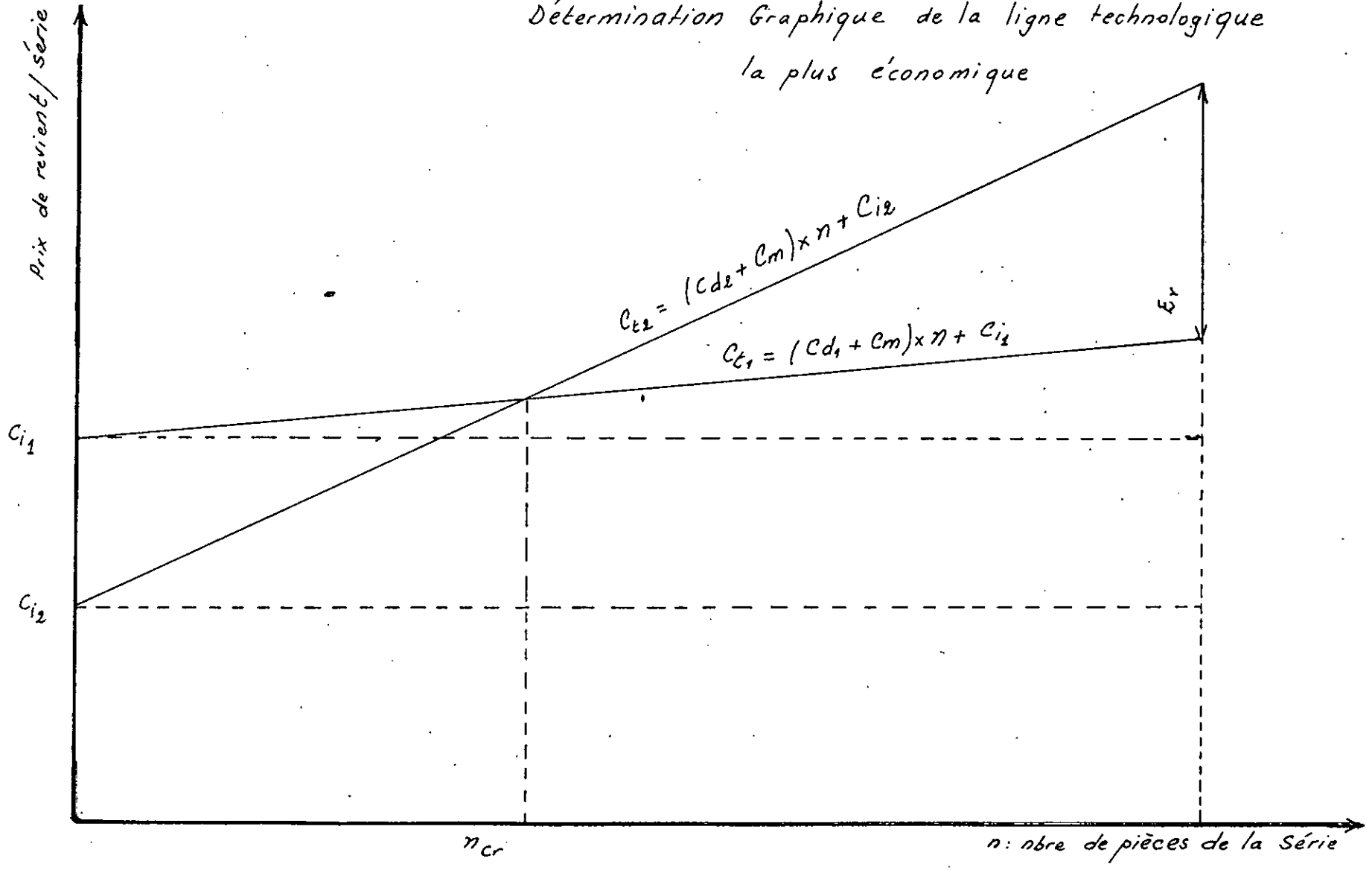
$$n = 59412 \text{ pièces}$$

L'examen de ce graphique fait apparaître ici l'une ou l'autre caractéristique intéressante.

• Pour une production inférieure à n :

La première variante, avec ses dépenses indirectes plus élevées, demande un chiffre d'affaires plus important que l'autre.

Détermination Graphique de la ligne technologique
la plus économique



pour absorber ses dépenses.

- Pour une production supérieure à n
Au delà du point critique la première variante est avantageuse
vu qu'elle travaille avec un prix de revient moins élevé que
la deuxième. De ce fait, elle se trouve mieux adapter pour
notre production; car l'économie que nous pouvons réaliser est
de:

$$E = C_{t2} - C_{t1}$$

Pour une production de 120000 pièces:

$$C_{t2} = 12,88 \cdot 120000 + 1277000 = 2822600 \text{ DA}$$

$$C_{t1} = 12,71 \cdot 120000 + 1287100 = 2812300 \text{ DA}$$

$$E = 10300 \text{ DA}$$

Cette faible économie provient du fait que nous n'avons pas
changé complètement la ligne technologique, mais seulement
une partie.

2) Calcul des capacités:

Nous calculons les capacités de régime et technique pour
chacune des deux variantes et par groupe de machines.

La capacité de régime se détermine par la relation;

$$C_{pri} = \frac{F \cdot d}{T_{ai} \cdot i} \cdot m$$

F : Fonds disponible

d : Temps d'exécution alloué par poste de travail

ai : Nombre réel de machines par phase

i : La capacité technique est donnée par la formule:

$$C_{pti} = \frac{F \cdot t}{T_{ti} \cdot i} \cdot m$$

T : Temps accordé au meilleur ouvrier, nous prenons $T_{ai} = 90\% T_{ti}$
 T_{ti} T_{ai}
 F : Fonds technique
 t

$$F_t = F_o \left(1 - \frac{\alpha}{100} \right) \text{ avec } F_o = Z \cdot K \cdot h$$

F : Fonds selon le calendrier

Z = 365 jours

K = 2 équipes

h = 8 heures/équipe

α = 5% coefficient pour réparation

Pour chacune des deux variantes, nous dressons des tableaux donnant les capacités de régime et technique en fonction des temps T_{ai} et T_{ti} , et nous représentons graphiquement ces capacités par groupe de machines ou par phase.

A) Première variante:

a) Capacité de régime:

Le goulot d'étranglement situé au niveau de la phase VI correspond à un groupe de machines ayant la plus faible capacité.

La section principale est déterminée par le groupe dont la capacité est immédiatement supérieure à celle qui correspond au goulot d'étranglement.

La capacité de régime relative à la section principale sera:

$C_{prl} = 133000 \text{ pièces/an}$

b) Capacité technique:

Le goulot d'étranglement est situé au niveau du même groupe

de machines; mais la capacité relative à la section principale est plus élevée en raison de la diminution du temps alloué aux ouvriers.

La capacité technique correspondant à la section principale est de:

$$C_{pt1} = 180500 \text{ pièces/an}$$

B) Deuxième variante:

a) Capacité de régime:

Pour cette variante, le goulot d'étranglement se trouve au niveau du tournage (phase II); la capacité relative à la section principale sera:

$$C_{pr2} = 134000 \text{ pièces/an}$$

b) Capacité technique:

Le goulot d'étranglement se trouve toujours au niveau du tournage; la capacité technique déterminée par la section principale est de:

$$C_{pt2} = 177000 \text{ pièces}$$

c) Comparaison des capacités:

Nous constatons que la première variante permet une réalisation de 2000 pièces supplémentaires en régime normal, et 1500 pièces en régime technique.

Dans le cas d'une éventuelle augmentation de la production, la première variante se trouve la mieux placée pour répondre à nos besoins.

Pour éviter les goulots d'étranglement, il suffit d'ajouter une équipe ou bien une machine.

Capacités de régime et technique:

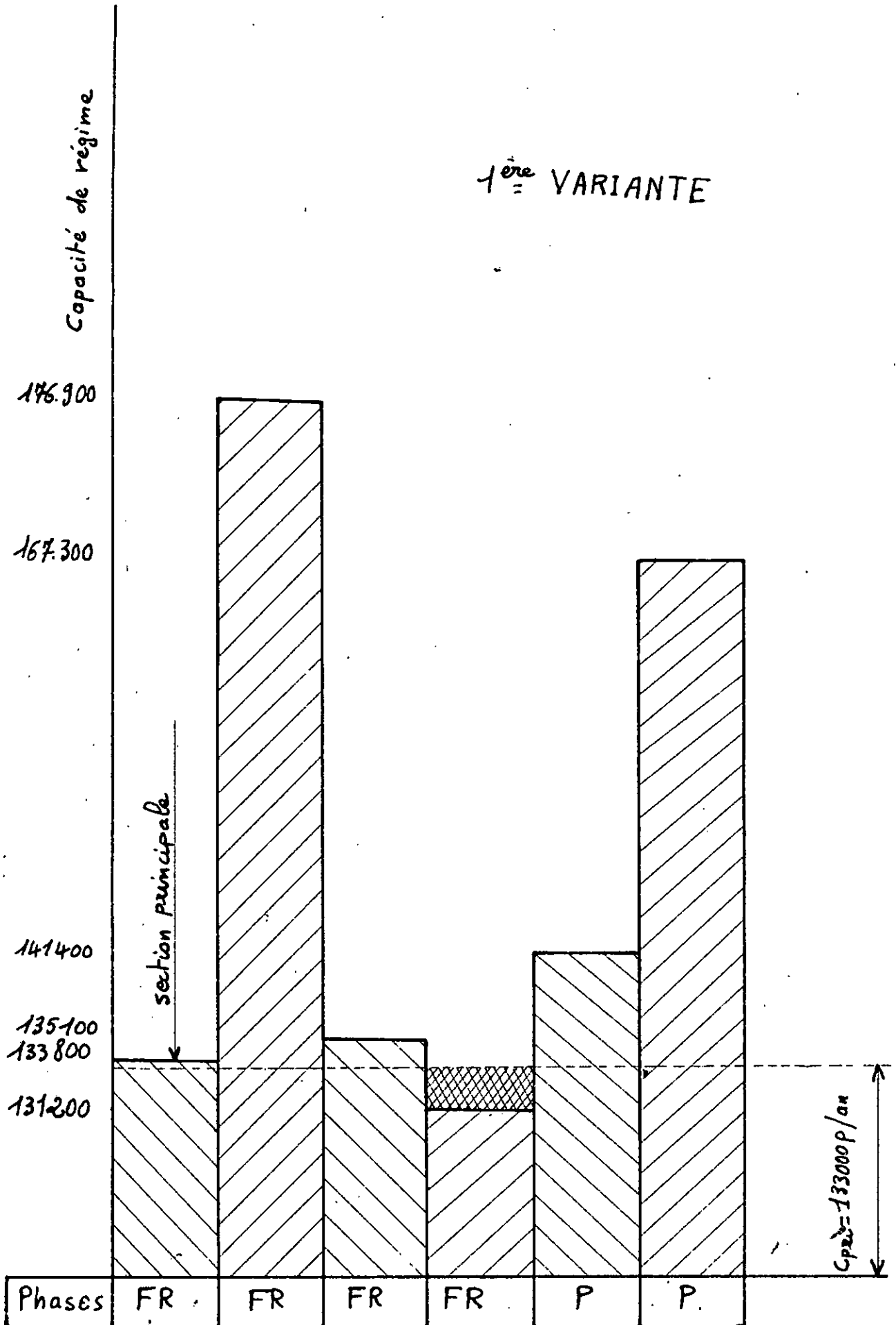
(Première variante)

N° Phases	Dénomination Phases	T ai	T ti	m i	C pti	C pri
II	Fraisage	4,09	3,68	2	180900	133800
III	Fraisage	4,64	4,18	3	238900	176900
V	Fraisage	4,05	3,65	2	182400	135100
VI	Fraisage	8,34	7,51	4	177300	131200
VII	Perçage	3,87	3,48	2	191300	141400
VIII	Perçage	3,27	2,94	2	226400	167300

(Deuxième variante)

N° Phases	Dénomination Phases	T ai	T ti	m i	C pti	C pri
II	Tournage	11,08	9,97	5	166900	123400
V	Fraisage	4,05	3,65	2	182400	135100
VI	Fraisage	8,34	7,51	4	177300	131200
VII	Perçage	3,87	3,48	2	191300	141400
VIII	Perçage	3,27	2,94	2	226400	167300

1^{ère} VARIANTE



Capacité de régime

2^e VARIANTE

167.300

141.400

135.100

131.200

123.400

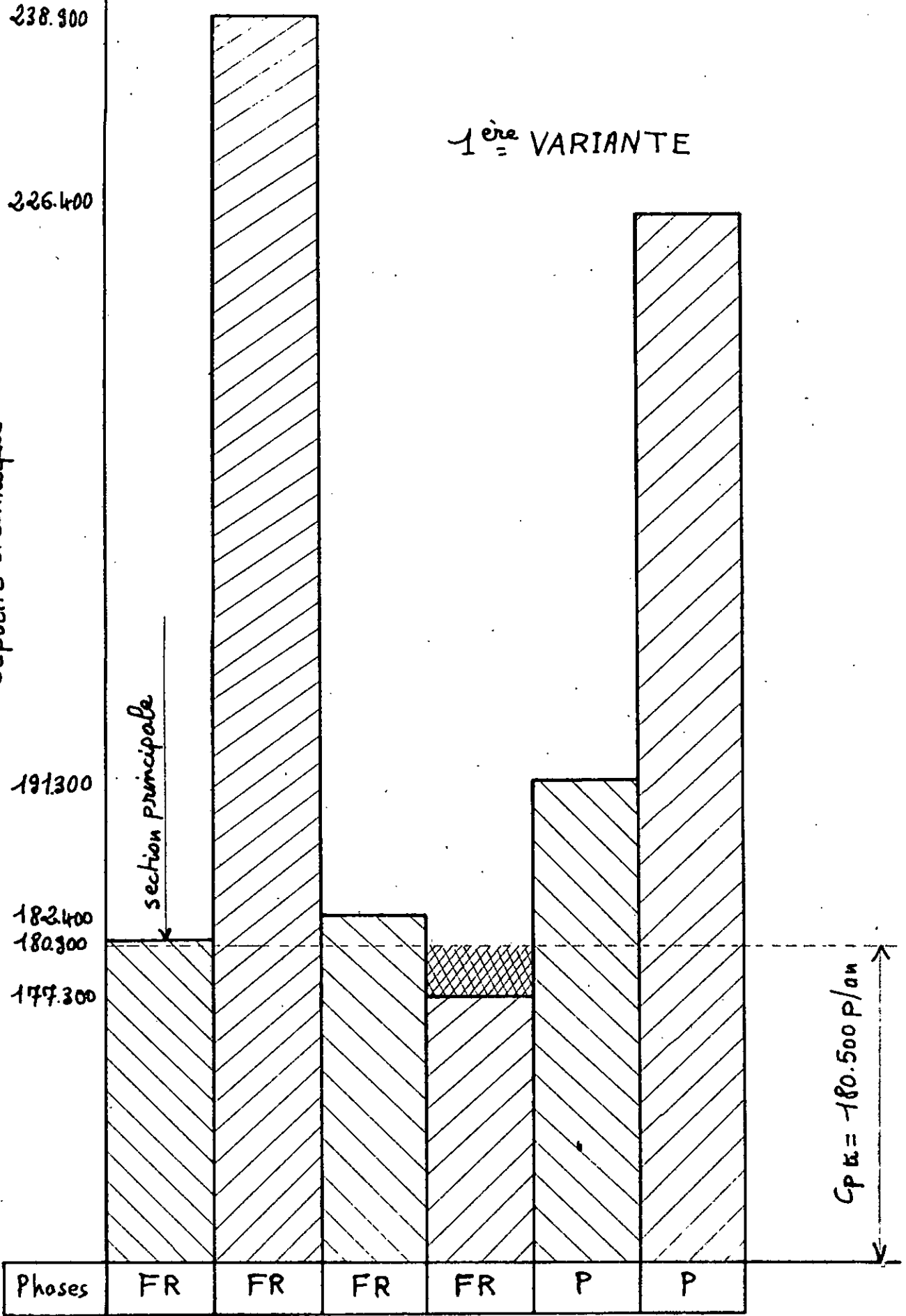
Section principale

$C_{PM} = 131.000 P / \text{an}$

Phases	TOUR	FR	FR	P	P
Capacité	123.400	135.100	131.200	141.400	167.300

1^{ère} VARIANTE

Capacité technique



$C_{P/a} = 180.500 P/a$

226.400

2^e VARIANTE

Capacité technique

191.300

182.400

177.300

166.900

section principale

$C_{PE} = 177.000 P / am$

Phases	TOUR	FR	FR	P	P
Capacité technique	166.900	182.400	177.300	191.300	226.400

CONCLUSION

Nous avons constaté, au cours de notre étude, que la première ligne technologique est la mieux adaptée pour une production d'une série de 120000 pièces. Malgré ses dépenses indirectes (frais généraux fixes et amortissements) légèrement supérieurs à la deuxième, elle permet la réalisation d'une économie annuelle de 10300 D.A qui est assez faible car nous n'avons pas changé toute la ligne, mais seulement une partie.

De plus, de part sa capacité et pour une éventuelle augmentation de la production; elle répond bien à nos besoins.

Cependant elle présente un inconvénient dans la mesure où elle occupe une plus grande surface qui varie suivant le mode de transport envisagé.

Pour une production d'une série de pièces qui est inférieure à la série critique, la deuxième ligne présente l'avantage par ses dépenses indirectes moins élevées et par sa surface plus petite.

B I B L I O G R A P H I E

X Organisation d'atelier, calcul des prix en mécanique. *

W. GAUTHEY

^ Théorie et pratique des outils de coupe. *

EDOUARD BLANPAIN

Organisation des ateliers. 1

CHEVALIER

Tournage des métaux.

CHEVALIER *

^ Perçage, alésage, filetage. *

CHEVALIER

/ Programme à long terme et croissance de l'entreprise.

BRUCE PAYNE

^ Organisation et informatique.

CLAUDE SAINT-ANTONIN

1 Masini unelte si prelucrari prin eschiere. *

N.N. ANTONESCU

/ Indrumar de laborator. *

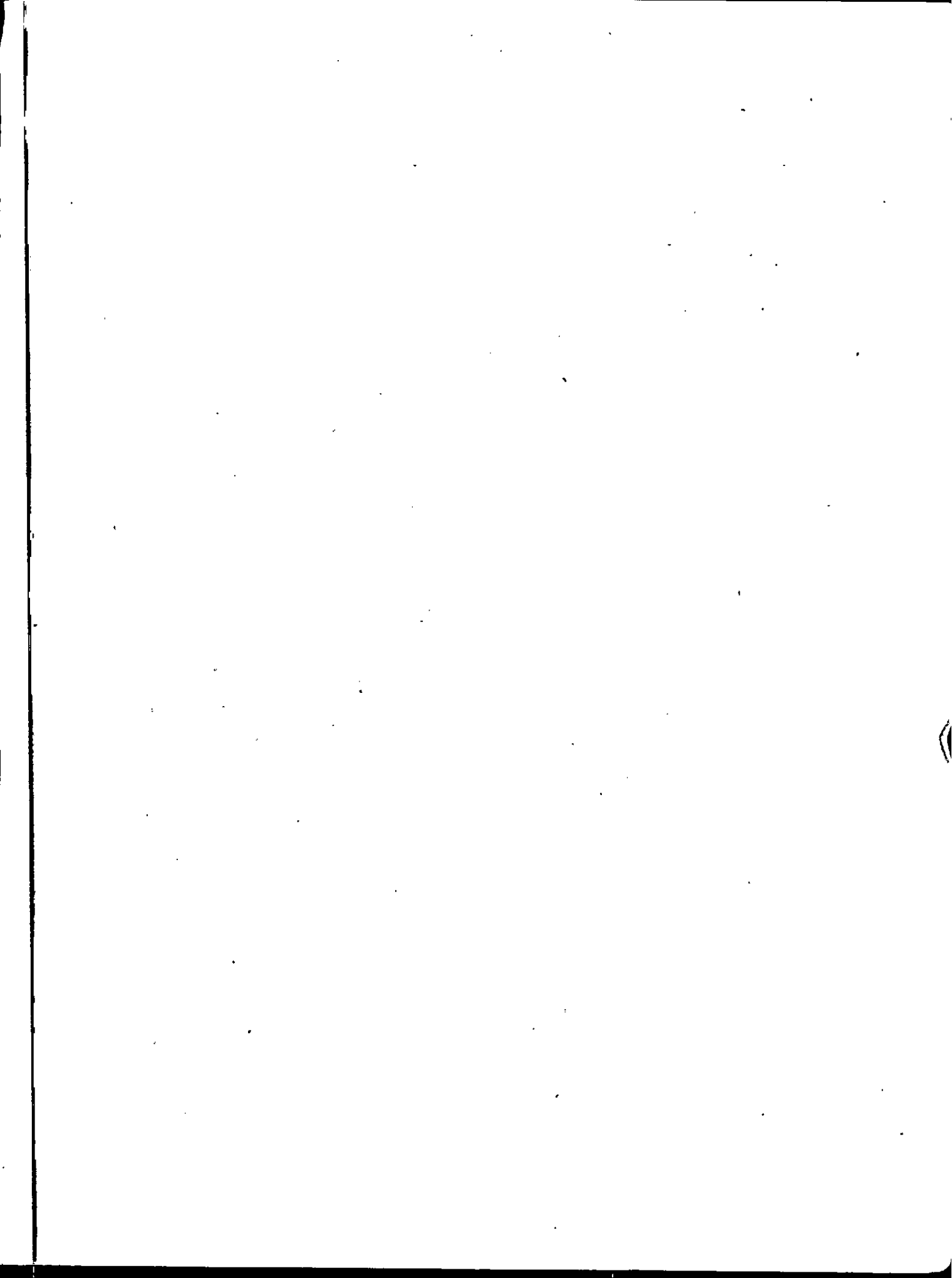
T. HOMOS

Tehnologia constructiei de masini. *

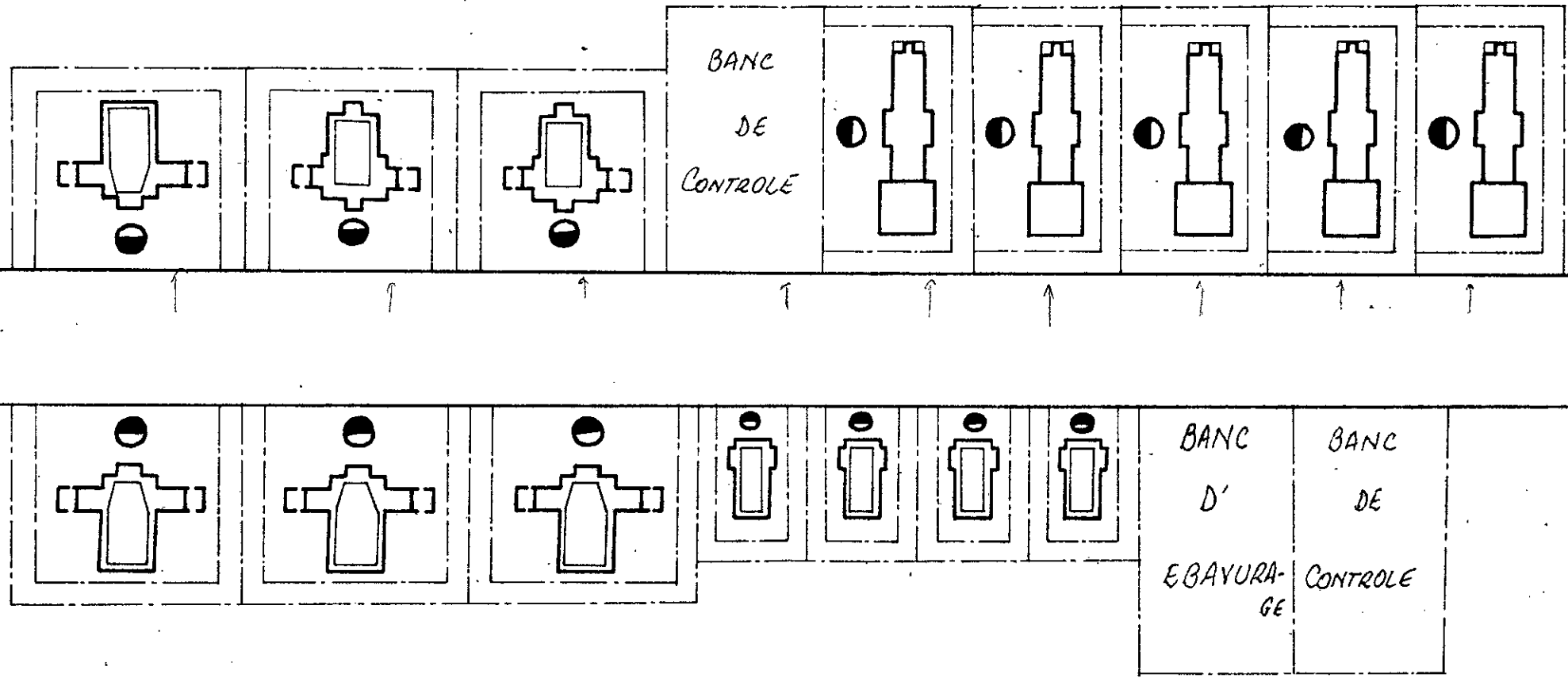
CONSTANTIN POPOVICI

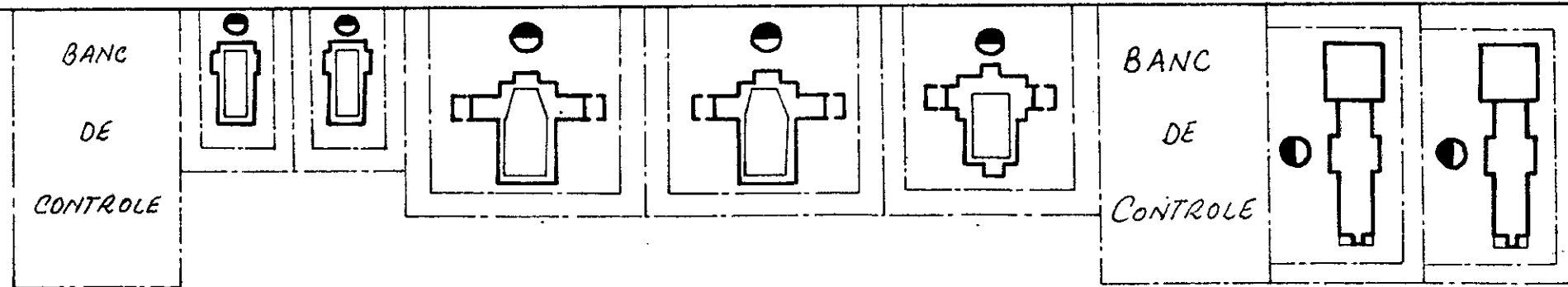
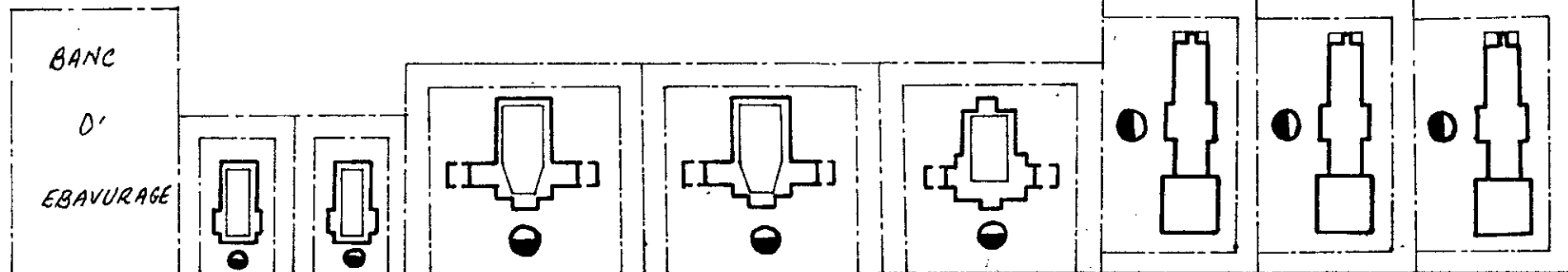
Gestion des stocks.

PIERRE LEBAS *



2^e VARIANTE : Emplacement I



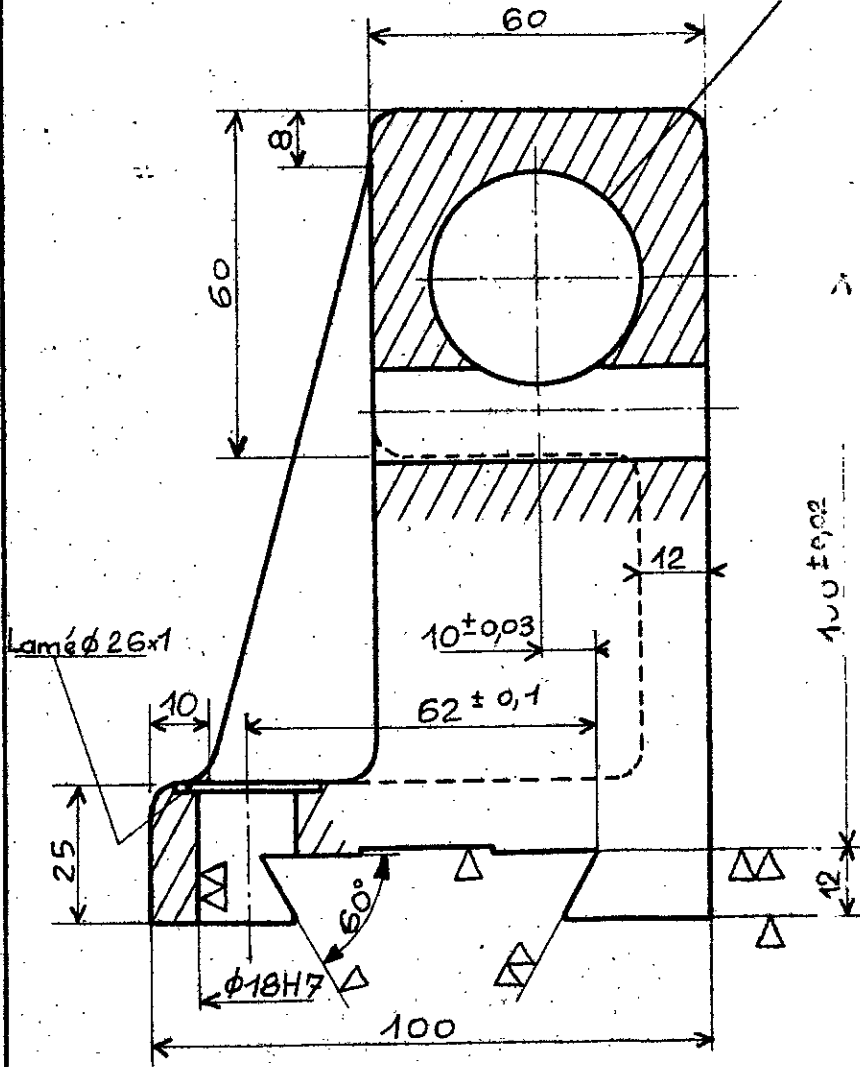


2^e VARIANTE: EMBLACEMENT II

~ (▽, ▽)

Coupe AA

⊙ 1 $\square 60$

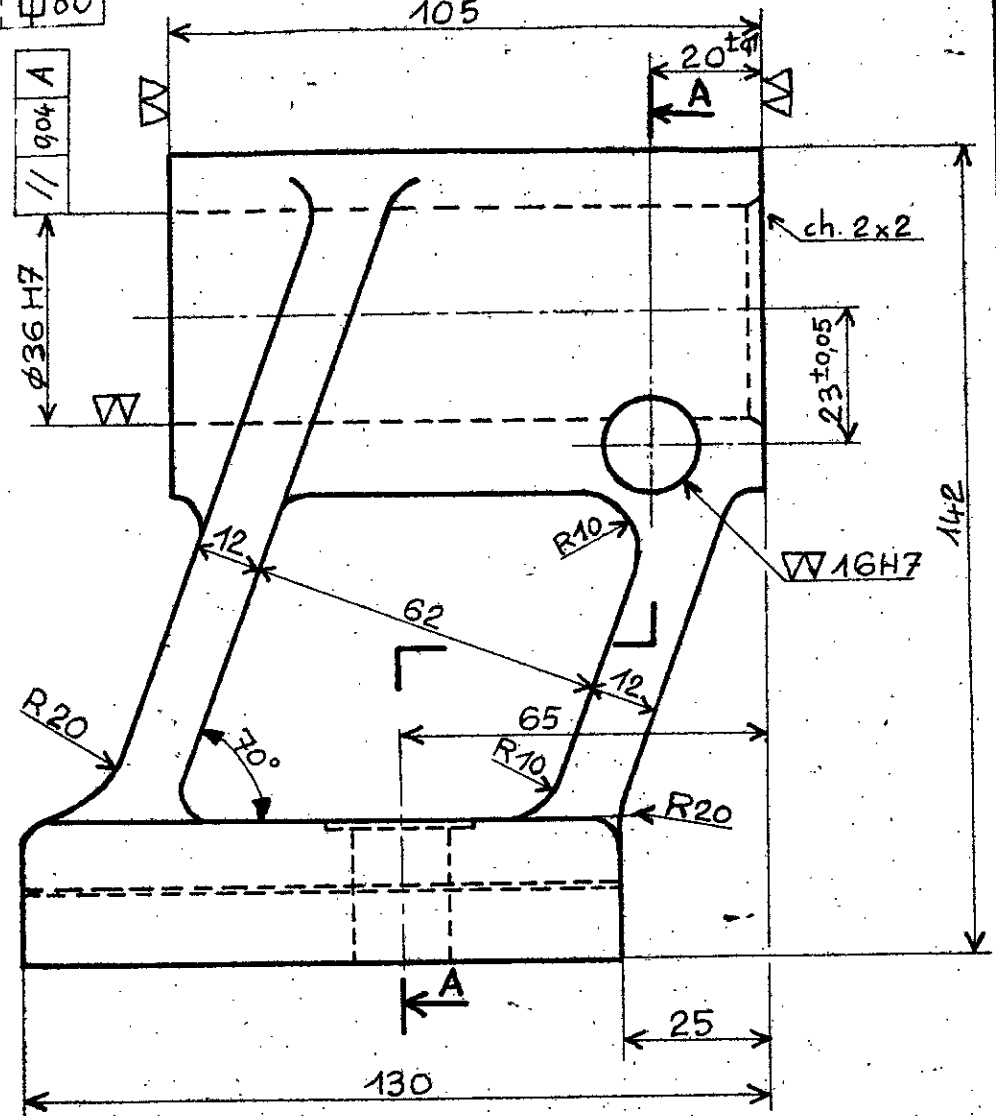


Lamé $\phi 26 \times 1$

1/904 A

$\phi 36 H7$

142 ± 0.02

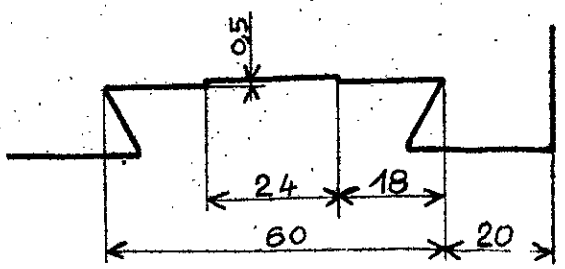


▽ 16H7

ch. 2x2

23 ± 0.05

142

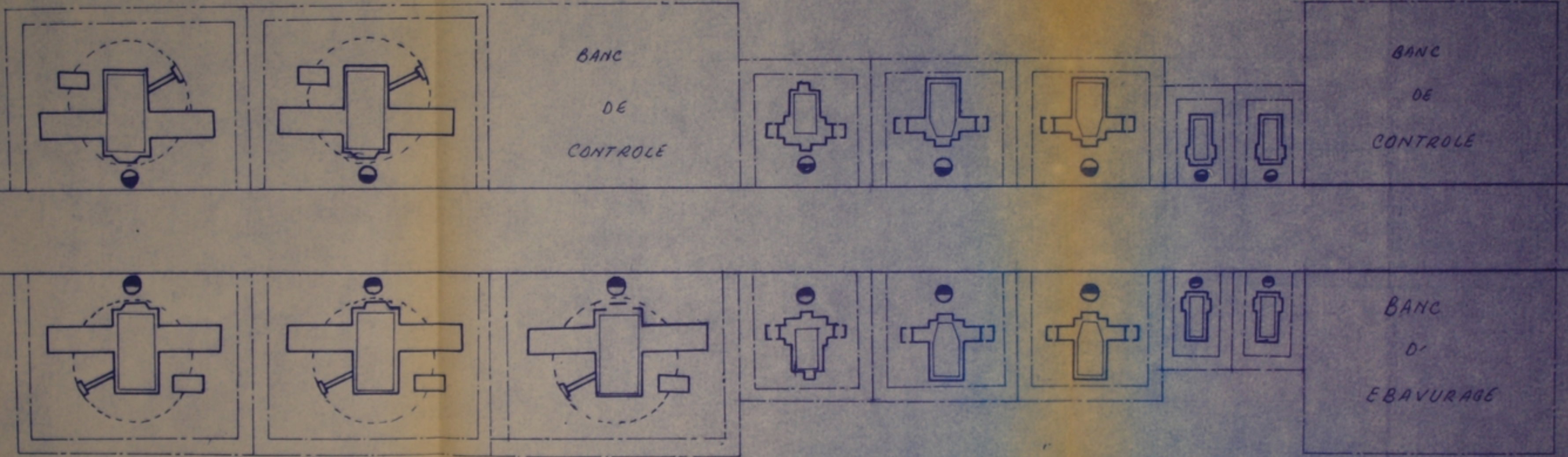


Rayons non cotés : 5
Tol. générale d'usinage : J12

Ech. 0.7

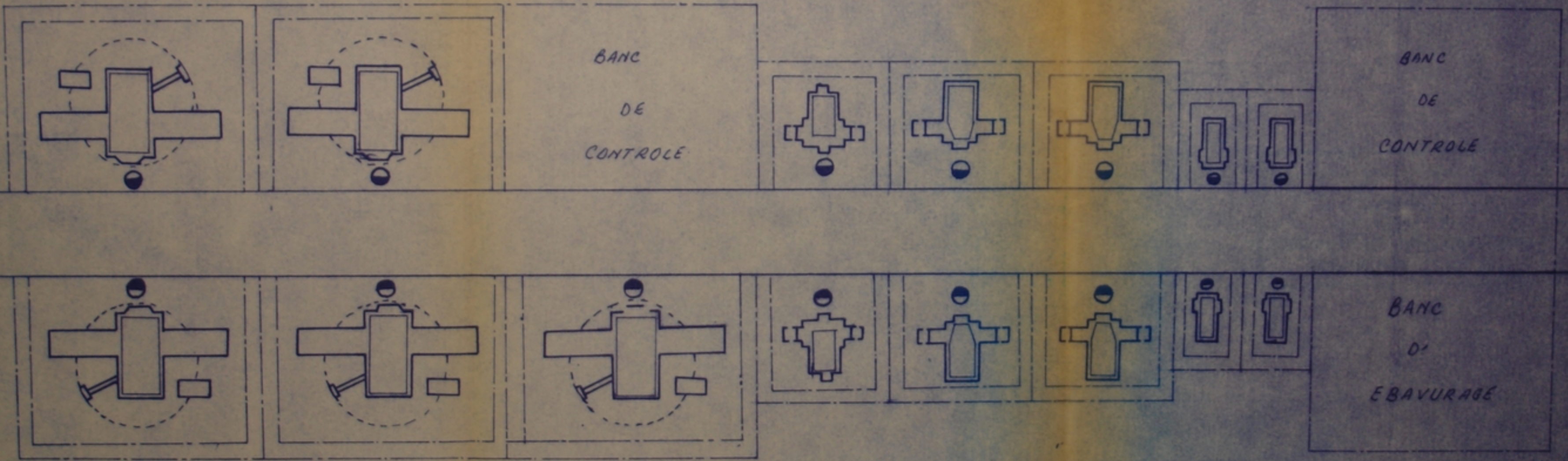
Ft 20 PALIER d'appareil à fraiser -- Dessin de définition

1^{ère} VARIANTE: Emplacement II



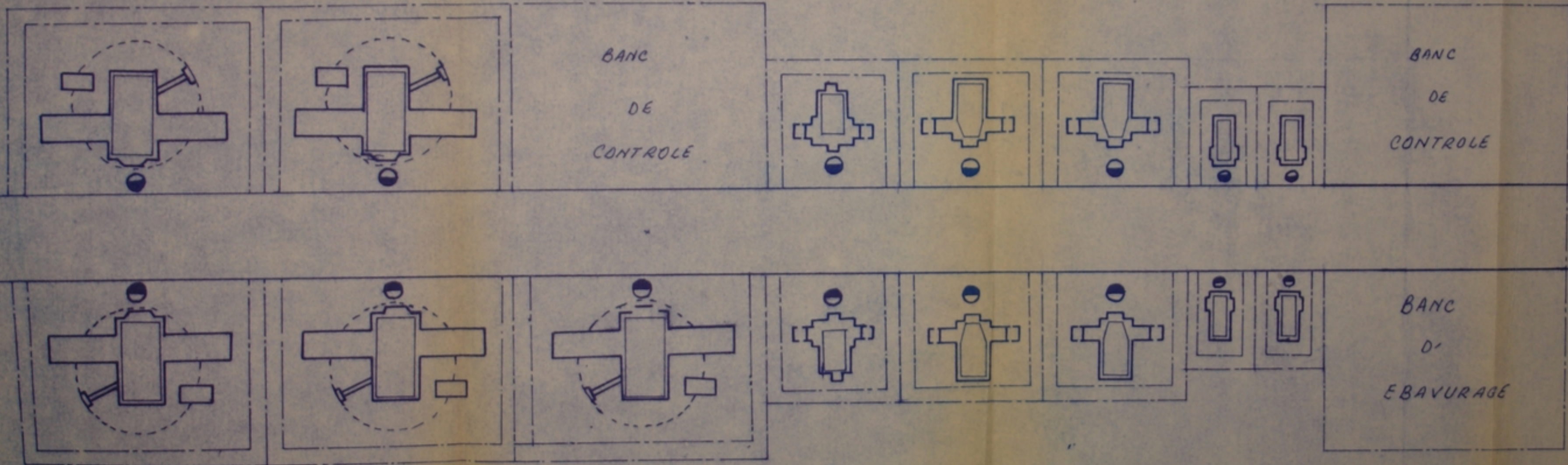
PM 020127

1^{ère} VARIANTE: Emplacement II



PM 06/77

1^{ère} VARIANTE: Emplacement II



Pr 7010137

